

# ANALISIS KONSUMSI ENERGI UNTUK EFISIENSI KELISTRIKAN PADA PENGGUNAAN SISTEM TATA CAHAYA APRON FLOOD LIGHT BANDAR UDARA

I Wayan Sugara Yasa <sup>1</sup> I Wayan Suriana <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Pendidikan Nasional, 80224, Indonesia

<p><b>INFORMASI ARTIKEL</b></p>	<p><b>ABSTRAK</b></p>
<p>Received: February 21, 2022 Revised: March 17, 2022 Available online: April 20, 2022</p>	<p>Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai - Bali adalah salah satu Bandara yang dikelola oleh perusahaan BUMN pengelola jasa kebandar udara PT. Angkasa Pura I (Persero). Salah satu fasilitas dalam mendukung keselamatan penerbangan adalah fasilitas <i>Airfield Lighting System (ALS)</i>. Fasilitas AFL yang dimiliki Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai - Bali diantaranya adalah <i>Apron Flood Light</i> baik <i>Apron Flood Light</i> Utara dan <i>Apron Flood Light</i> Selatan yang digunakan sebagai penerangan alat bantu pilot saat parkir pesawat pada saat malam hari dan cuaca buruk, selain itu juga sebagai penerangan aktifitas <i>ground handling</i> di area apron.. Dalam aturan pencahayaan Apron Flood Light harus memenuhi 20 lux pada sisi terjauh pesawat (ekor pesawat). Kondisi saat ini, <i>Apron Flood Light</i> Selatan menggunakan lampu jenis Metal Halida yang mana lampu jenis tersebut merupakan lampu boros energi dan pencahayaan tidak sesuai standar. Dengan mengganti dengan jenis lampu LED, diharapkan konsumsi energi listrik lebih hemat dan pencahayaan yang dihasilkan sesuai standar. Dari pembahasan tugas akhir ini, pemakaian energi listrik <i>Apron Flood Light</i> dengan menggunakan lampu terpasang (Metal Halida) sebesar 14.400 KWh/ Bulan sedangkan pemakaian energi listrik dengan menggunakan lampu jenis LED (peluang penghematan energi listrik) sebesar 5.994 KWh/ Bulan, maka adanya peluang penghematan pemakaian energi listrik sebesar 8.406 KWh/ Bulan atau sebesar 58,375 %.</p> <p><b>Kata kunci</b> : <i>Apron Flood Light</i> Selatan, metal halida, LED, energi listrik, pencahayaan.</p>
<p><b>CORRESPONDENCE</b></p>	<p><b>ABSTRACT</b></p>
<p>E-mail:  <sup>1</sup>sugarayasa@undiknas.ac.id</p>	<p>I Gusti Ngurah Rai International Airport - Bali is one of the airports managed by a state-owned company that manages airport services PT. Angkasa Pura I (Persero). One of the facilities in supporting aviation safety is the <i>Airfield Lighting System (ALS)</i> facility. AFL facilities owned by I Gusti Ngurah Rai International Airport - Bali include the <i>Apron Flood Light</i>, both the North <i>Apron Flood Light</i> and the Southern <i>Apron Flood Light</i> which are used as lighting aids for pilots when parking the aircraft at night and in bad weather, as well as lighting ground handling activities in the apron area. In this regulation, the <i>Apron Flood Light</i> lighting must 20 lux on the farthest side of the plane (the tail of the plane). The current condition, the Southern <i>Apron Flood Light</i> uses Metal Halide lamps, which are energy intensive lamps and the lighting is not standart. By replacing with a type of LED lamp, it is expected that the consumption of electrical energy will be more efficient and the resulting lighting is in accordance with standart. From the discussion of this final project, the use of <i>Apron Flood Light</i> electrical energy using installed lamps (Metal Halide) is 14,400 KWh / Month while the use of electrical energy using LED lamps (electricity saving opportunity) is 5,994 KWh / month, so there is a chance of saving the use of electrical energy is 8,406 KWh / month or 58,375%.</p> <p><b>Keywords</b> : Southern <i>Apron Flood Light</i>, metal halide, LED, electrical energy, lighting.</p>

## I. PENDAHULUAN

Sistem transportasi udara sangat membantu dalam perkembangan perekonomian dan merupakan salah satu sarana untuk menghubungkan seluruh wilayah nusantara terutama dalam kaitannya dengan arus informasi, barang, penumpang, dan lain sebagainya. Untuk menunjang

keamanan serta keselamatan operasi penerbangan suatu bandara dilengkapi fasilitas berupa peralatan listrik penerbangan. Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali adalah salah satu Bandar udara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura I (Persero). Bandara ini terletak di sebelah selatan Bali, tepatnya di daerah Kelurahan Tuban, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung. Bandara ini

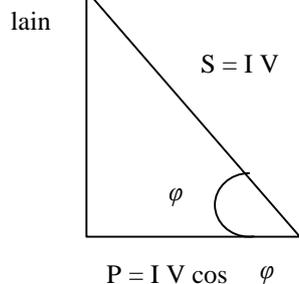
mempunyai fasilitas pelayanan penerbangan seperti landas pacu (runway) dengan panjang 3.000 meter dan lebar 45 meter dengan perkerasan beton dan aspal, catu daya listrik dari PLN sebesar 22,31 MVA, cadangan catu daya dari genset sebesar 21 MVA serta fasilitas-fasilitas pendukung lainnya. Fasilitas kelistrikan dalam sebuah bandara dibagi menjadi beberapa bagian yakni, *Visual Aid* merupakan fasilitas kelistrikan yang digunakan sebagai pembimbing pilot saat melaksanakan penerbangan baik landing, take off maupun pada saat di ground. Dan *Apron Flood Light* digunakan sebagai penerangan untuk pesawat yang sedang parkir di bandara. Di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki 2 Apron yaitu Apron Utara dan Apron Selatan. Apron Utara terdapat 43 tiang Flood Light dan Apron Selatan memiliki 10 tiang Flood Light yang mana masing-masing tiang terdapat 2- 3 lampu Flood Light, khusus untuk Flood Light Apron Selatan menggunakan 4- 6 Lampu. Flood Light Apron Selatan menggunakan lampu type metal halide dengan energi listrik tiap lampunya 1000 Watt dengan Luminasi 90.000 lumen. Kondisi saat ini, pencahayaan di apron selatan masih kurang dengan ketentuan dari standart 20 Lux di ekor pesawat. Dengan kondisi diatas, penelitian ini bertujuan untuk melakukan *saving energi* listrik pada *Apron Flood Light* Selatan yang mana pemakaian energi listrik selama ini cukup besar serta untuk mencapai pencahayaan sesuai dengan aturan/ standart yang telah ditentukan yaitu 20 lux mencapai ekor pesawat. Object yang akan dipakai adalah dengan menggunakan lampu jenis LED, yang mana keunggulan/ keuntungan dari jenis lampu ini adalah dengan membutuhkan energi listrik yang lebih rendah mampu menghasilkan pencahayaan/ luminasi yang lebih tinggi di bandingkan dengan lampu jenis metal halide serta lampu jenis ini memiliki *life time* yang lebih lama dari pada jenis metal halide.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Sasaran Mutu PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai – Bali.

Sasaran Mutu adalah target mutu yang ingin dicapai oleh PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali yang sesuai dengan harapan stake holder yang sesuai dengan ketentuan ISO 9001:2015.

Adapun yang terkait fasilitas pendukung keselamatan penerbangan antara



- :
1. Ketersediaan *Airfield Lighting System*
  2. Tercapainya *serviceability* kendaraan PKP-PK dan AAB
  3. Tercapainya *response time*

### B. *Airfield Lighting System (ALS)*

*Airfield Lighting System (ALS)* adalah alat bantu pendaratan visual yang berfungsi membantu dan melayani pesawat terbang (pilot) selama tinggal landas, mendarat dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman.

Fasilitas *Airfield Lighting System (ALS)* memiliki fungsi dan konfigurasi yang berbeda-beda sesuai dengan ketetapan standart yang telah diatur, baik peraturan Internasional maupun Nasional. *Airfield Lighting System (ALS)* meliputi peralatan-peralatan sebagai berikut:

- a. *Runway edge light,*
- b. *Threshold light,*
- c. *Runway end light,*
- d. *Taxiway light,*
- e. *Apron Flood Light,*
- f. *Approach light,*
- g. *PAPI (Precision Approach Path Indicator)* dan *VASIS (Visual Approach Slope Indicator System),*
- h. *Rotating Beacon,*
- i. *Turning area light,*
- j. *Apron Light,*
- k. *Sequence Flashing Light (SQFL),*
- l. *Traffic Light,*
- m. *Obstruction Light,*
- n. *Wind Cone,*

### C. Macam Lampu Penerangan Bandar Udara

#### 1. Apron Flood Light

*Apron Flood Light* adalah rambu penerangan untuk menerangi tempat parkir pesawat terbang di waktu siang hari pada cuaca buruk atau malam hari pada saat ada pesawat terbang yang menginap atau parkir.

#### 2. Metal Halida

Lampu Metal Halide adalah lampu listrik yang menghasilkan cahaya dengan busur ( kawat seperti busur ) listrik melalui campuran gas dari uap merkuri dan logam halida ( senyawa logam

#### 3. Lampu LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor.

#### 4. Energi Listrik

Energi didefinisikan sebagai suatu kemampuan untuk melakukan kerja..

W : Energi Listrik (Watt hour)

P : Daya Listrik (Watt)

t : Satuan Waktu (hour)

### D. Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan usaha/kerja. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam Watt. Secara matematis, besarnya daya listrik dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S = V.I$$

$$P = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \varphi$$

$$Q = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \sin \varphi$$

### E. Sistem Tata Cahaya

Sistem penerangan atau biasa disebut sistem pencahayaan, yaitu suatu sistem yang berkaitan dengan tata cahaya.

a. Perhitungan Sistem Tata Cahaya. Untuk mendapatkan hasil penerangan/ pencahayaan yang baik dan merata, kita harus mempertimbangkan beberapa faktor yaitu :

1. Iluminasi (kuat penerangan)
2. Sudut penyinaran lampu
3. Jenis lampu
4. Warna dinding
5. Jarak penempatan lampu yang diperlukan sesuai dengan fungsi ruang tersebut

b. Flux Cahaya ( $\phi$ )

Flux cahaya adalah energi yang diradiasikan keluar dari suatu sumber cahaya setiap detiknya dalam bentuk gelombang cahaya. Intensitas Cahaya (I)

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

Dengan :

I : Intensitas cahaya (cd)

$\phi$  : Flux cahaya (lumen)

$\omega$  : sudut ruang (steradian) =  $4\pi$

c. Intensitas Penerangan (E)

Intensitas penerangan atau iluminasi atau kuat penerangan adalah flux cahaya yang jatuh pada suatu bidang atau permukaan. Satuan Intensitas penerangan adalah lumen /m<sup>2</sup> atau Lux (Lx).

$$E \text{ rata - rata} = \frac{\phi}{A} \text{ lux}$$

$$Ep = \frac{I}{r^2} \text{ lux}$$

$$\text{Lumen} = \frac{E \cdot A}{\text{MF} \cdot \text{CU}}$$

$$N = \frac{E \cdot L \cdot w}{\phi \cdot \text{LLF} \cdot \text{CU} \cdot n}$$

$$\phi = W \frac{L}{w}$$

Dengan :

W : Daya lampu (Watt)

L/w : Lumen per watt (dilihat pada box lampu).

N: Jumlah titik lampu

E : Kuat Penerangan (Lux)

L : Panjang Ruang (Meter)

w : Lebar Ruang (Meter)

$\phi$  : Total Lumen Lampu/ Lamp Luminous Flux

LLF : Light loss factor / Faktor Cahaya Rugi (0,7-0,8)

CU : Coeffisien of utilization /Faktor Pemanfaatan (50-65 %)

n : Jumlah Lampu dalam 1 titik Lampu.

### III. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Konsumsi Energi (Pengukuran dan Perhitungan).

Data yang didapat berupa pengukuran konsumsi energi listrik *Apron Flood Light* Selatan dengan pencatatan beban terpasang dengan dibandingkan hasil perhitungan konsumsi energi listrik *Apron Flood Light* Selatan. Perhitungan tersebut didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$W = P \times t$$

Selain itu, data yang dikumpulkan adalah spesifikasi lampu yang terpasang di *Apron Flood Light* Selatan, tinggi tiang Flood Light dan juga spesifikasi pesawat terbesar yang parkir di *Apron Flood Light*.

B. Pengumpulan data Pencahayaan (Pengukuran dan Perhitungan)

Pengukuran tata cahaya dilaksanakan dengan menggunakan lux meter, pengukuran dilakukan di setiap *Apron Flood Light* selatan. Obyek pengukuran adalah pencahayaan pada ekor pesawat terbesar yang sedang parkir di *Apron Flood Light* Selatan yaitu boeing 737-400.

Sementara perhitungan tata cahaya dilakukan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan. Untuk menentukan flux pencahayaan bisa didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

Untuk menentukan jarak miring :

$$a^2 = b^2 + c^2$$

Untuk menentukan sudut :

$$\cos \theta = \frac{a \text{ (jarak sisi samping)}}{b \text{ (jarak sisi miring)}}$$

Adapun untuk menghitung pencahayaan

$$Ep = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$

C. Data perhitungan pencahayaan

adalah data **yang ada** dilapangan dengan tinggi tiang flood light 20 meter dan pesawat terbang yang parkir adalah pesawat terbesar yang bisa landing di bandara yaitu boeing 737-400.

1. Identifikasi Alternatif Peluang Penghematan Energi  
Dengan pengukuran dan perhitungan tata cahaya diatas, maka akan bisa dilaksanakan identifikasi alternatif peluang penghematan energi dengan membandingkan obyek lampu eksisting/ terpasang metal halide 1000 Watt dan lampu jenis LED 500 Watt.

Adapun pemakaian energi listrik/bulan dapat dihitung dengan rumus :

$$KWh/bulan = \frac{P \times \text{jam operasi} / \text{bulan}}{1000}$$

1. Peluang Penghematan Energi

Dengan mendapatkan hasil dan data dari identifikasi alternatif peluang penghematan energi diatas, maka dapat diketahui efisiensi energi listrik yang dapat diperoleh.

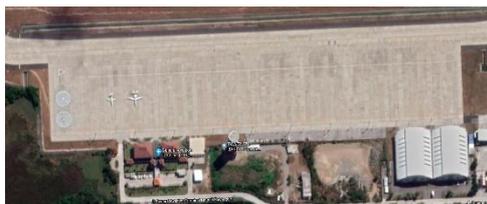
Persentase efisiensi pemakaian energi listrik/bulan dapat diketahui dengan formula :

$$\% \text{ Efisiensi} / \text{bulan} = \frac{KWh \text{ terpasang} - KWh \text{ pghematan}}{KWh \text{ terpasang}} \times 100\%$$

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Apron Flood Light Selatan

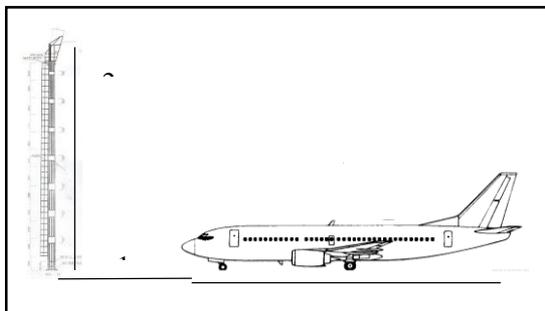
Apron Selatan memiliki 10 tiang *Apron Flood Light* yang digunakan untuk pencahayaan pada saat pesawat parkir. *Apron Flood Light* tersebut digunakan saat malam hari dan pada saat cuaca bu *Apron Flood Light* Selatan menggunakan lampu dengan jenis Metal Halida (MHN LA 1000). Setiap tiang Flood Light Selatan memiliki 4 buah lampu metal halida dengan daya per lampunya 1000 Watt.



Gambar 1. Areal Parkir

Setiap *Apron Flood Light* Selatan memiliki tinggi tiang 20 meter. Pancaran lampu mengarah ke hidung pesawat yang parkir dan tidak boleh mengganggu pandangan pilot baik saat parkir maupun taxi. Pesawat terbesar yang parkir adalah pesawat Boeing 737-400 yang mana pesawat tersebut memiliki bentang sayap 28.9 meter dan panjang pesawat 36.5 meter.

Pemasangan *Apron Flood Light* Selatan ditempatkan pada jarak 15 meter dari hidung pesawat dimana terdapat 10 meter akses road dan 5 meter *safety area* untuk kendaraan/ kegiatan operasional ground handling.



Gambar. 2. Posisi Parkir Kapal

Salah satu kekurangan lampu jenis metal halida adalah saat terjadi masalah pada power suplai/ kedip, maka lampu membutuhkan waktu lama pada proses penyalanya ketika suplai kembali normal sehingga kegiatan operasional di daerah apron akan terganggu pula.

Adapun data beban/ lampu Apron Selatan sebagai berikut.

MASTER MHN-LA	
MASTER MHN-LA 1000W/956 230V XWH	
Compact quartz metal halide lamps with double-prong	
<b>Warnings and Safety</b>	
- Use only in totally enclosed luminaires, even during testing (IEC8187, IEC 60025, IEC60598)	
- The luminaire must be able to contain hot lamp parts if the lamp ruptures	
- A lamp breaking is extremely unlikely to have any impact on your health. If a lamp breaks, ventilate the room for 30 minutes and remove the parts, preferably with gloves. Put them in a sealed plastic bag and take it to your local waste facilities for recycling. Do not use a vacuum cleaner.	
<b>Product data</b>	
<b>General Information</b>	<b>Color Rendering Index (Ra)</b>
Cap-Base	95 (100)
Quantities Position	FS Parallel - 2D or Horizontal/2D/0K
Life to 50 Failure (Mean)	6000 h
Life to 10% Failure (Mean)	8000 h
Life to 20% Failure (Mean)	10000 h
Life to 50% Failure (Mean)	10000 h
<b>Light Technical</b>	<b>Color Rendering Index (Ra)</b>
Color Code	95 (100) CCT of 3000K
Luminaire flux (lm)	82000 lm
Luminaire flux (lm)	82000 lm
Color Temperature	3000K
Lumen Maintenance 1000 h (Mean)	90 %
Lumen Maintenance 2000 h (Mean)	80 %
Dimmability (Controlled by Mean)	200
Dimmability (Controlled by Mean)	200
Controlled Color Temperature (Mean)	3000 K
Luminaire Efficacy (lm/W)	86.0 lm/W
<b>Operating and Electrical</b>	<b>Color Rendering Index (Ra)</b>
Lamp supply voltage	230 V (-1/2%)
Power (Watt)	1040.0 W
Lamp Current Run-Up (Max)	16 A
Lamp Current (Max)	16.3 A
Ignition Supply Voltage (Max)	165 V
Voltage (Max)	160 V
Voltage (Min)	170 V
Voltage (Nom)	220 V
<b>Controls and Dimming</b>	<b>Color Rendering Index (Ra)</b>
Dimmable	No
<b>Mechanical and Housing</b>	<b>Color Rendering Index (Ra)</b>
Bulb Finish	Clear
Cap-Base Information	Capless

Tabel I. Daya dan Jenis Lampu

NO	AFL	TYPE LAMPU	DAYA (Watt)	Jumlah Lampu
1	AFL 1	Metal Halida	1000	4
2	AFL 2	Metal Halida	1000	4
3	AFL 3	Metal Halida	1000	4
4	AFL 4	Metal Halida	1000	4
5	AFL 5	Metal Halida	1000	4
6	AFL 6	Metal Halida	1000	4
7	AFL 7	Metal Halida	1000	4
8	AFL 8	Metal Halida	1000	4
9	AFL 9	Metal Halida	1000	4
10	AFL 10	Metal Halida	1000	4

Sumber : Hasil diolah Penulis

Penggunaan lampu jenis metal halida membutuhkan konsumsi energi listrik yang cukup besar, sehingga lampu ini bisa dikategorikan lampu yang boros energi.

**B. Perhitungan Konsumsi Energi listrik Apron Flood Light Selatan**

Berdasarkan persamaan 2.1, maka estimasi pemakaian/ konsumsi energi dari lampu metal halida adalah :

$$W = P \times t$$

Konsumsi Energi Listrik pada AFL 1

Menggunakan lampu metal halida 1000 W, 4 buah menyala selama 12 jam/ hari

$$W = 1000 \times 4 \text{ buah} \times 12 \text{ jam} = 48.000 \text{ Wh} = 48 \text{ KWh/ hari}$$

$$W = 48 \times 30 \text{ hari} = 1.440 \text{ KWh/ bulan (1 bulan = 30 hari)}$$

Dari perhitungan diatas, konsumsi energi dari lampu *Apron Flood Light* Selatan dapat dilihat pada tabel II :

Tabel II konsumsi Energi Apron Flood Light Selatan

NO	AFL	Waktu Pemakaian /hari (Jam)	KWh/hari	KWh/bulan
1	AFL 1	12	48	1.440
2	AFL 2	12	48	1.440
3	AFL 3	12	48	1.440
4	AFL 4	12	48	1.440
5	AFL 5	12	48	1.440
6	AFL 6	12	48	1.440
7	AFL 7	12	48	1.440
8	AFL 8	12	48	1.440
9	AFL 9	12	48	1.440
10	AFL 10	12	48	1.440
<b>Total</b>				<b>14.400</b>

Sumber : Hasil diolah Penulis

Data diatas menunjukkan bahwa konsumsi pemakaian listrik untuk *Apron Flood Light* Selatan sebesar 14.400 KWh/ Bulan.

**C. Pencahayaan Apron Flood Light Selatan (Metal Halida)**  
 Pencahayaan *Apron Flood Light* diatur dalam peraturan penerbangan baik peraturan nasional (KP. 262 tahun 2017) maupun peraturan internasional (Annex 14). Dalam peraturan tersebut menyebutkan bahwa pencahayaan *Apron*

Flood Light harus memenuhi 20 lux pada ekor pesawat (jarak terjauh pada pesawat).

1. Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Flux Meter

Untuk mengetahui intensitas cahaya pada *Apron Flood Light* Selatan dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur :



Gambar 5. Hasil Pengukuran di Nose Pesawat



Gambar 6. Hasil Pengukuran di ekor pesawat

Berdasar hasil pengukuran intensitas pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan dapat dilihat pada tabel IV:

Tabel III. Data Pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan

NO	AFL	Asumsi Pesawat Parkir	Pencahayaan (Lux)		Keterangan	
			15 meter	51.5 meter		
1	AFL 1	Boeing 737-400	20	0	Tidak Standart	
2	AFL 2		20	0	Tidak Standart	
3	AFL 3		JET	20	0	Tidak Standart
4	AFL 4			20	0	Tidak Standart
5	AFL 5	BOMBAR DIR	20	0	Tidak Standart	
6	AFL 6		20	0	Tidak Standart	
7	AFL 7		20	0	Tidak Standart	
8	AFL 8		20	0	Tidak Standart	
9	AFL 9		20	0	Tidak Standart	
10	AFL 10		20	0	Tidak Standart	

Sumber : Hasil diolah Penulis

2. Hasil Perhitungan Pencahayaan (Metal Halida) Sesuai dengan spesifikasi dan *catalog* lampu terpasang, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel IV. Data Pencahayaan AFL (Metal Halida)

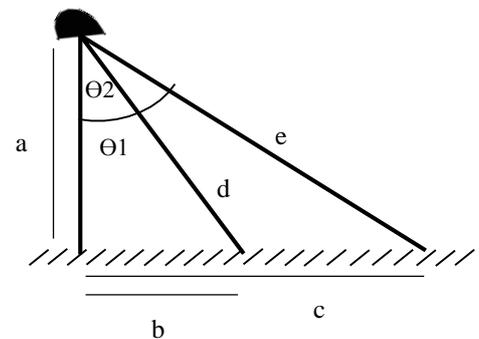
NO	AFL	Daya (Watt)	Lumen/W	Total Lumen/Lampu	Jumlah Lampu
1	AFL 1	1.000	86	87.000	4
2	AFL 2	1.000	86	87.000	4
3	AFL 3	1.000	86	87.000	4
4	AFL 4	1.000	86	87.000	4
5	AFL 5	1.000	86	87.000	4
6	AFL 6	1.000	86	87.000	4
7	AFL 7	1.000	86	87.000	4
8	AFL 8	1.000	86	87.000	4
9	AFL 9	1.000	86	87.000	4
10	AFL 10	1.000	86	87.000	4

Sumber : Hasil diolah Penulis

Adapun simulasi gambar penempatan lampu terhadap



pesawat dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 7 Simulasi gambar penempatan lampu

Berikut data perhitungan salah satu lampu yang telah dipasang:

1. Tinggi lampu terhadap ketinggian titik perhitungan (a) = 20 meter.
2. Jarak titik lampu dengan titik fokus lampu secara horizontal = 0 meter.
2. Jarak titik fokus lampu dengan titik perhitungan (b) = 15 meter.
3. Jarak titik lampu dengan titik perhitungan secara horizontal (c) = 51.5 meter.
4. Jarak titik lampu dengan hidung (nose) pesawat (d)

$$d^2 = a^2 + b^2$$

$$d^2 = 20^2 + 15^2$$

$d = 25 \text{ meter}$

5. Jarak titik lampu dengan ekor pesawat (e)

$$e^2 = a^2 + c^2$$

$$e^2 = 20^2 + 51,5^2$$

$$e = 55,24 \text{ meter}$$

6. Sudut yang dibentuk dari lampu (ke titik vertikal) dengan hidung (nose) pesawat ( $\theta 1$ )

$$\cos \theta 1 = \frac{a}{d}$$

$$\cos \theta 1 = \frac{20}{25}$$

$$\cos \theta 1 = 0,8$$

7. Sudut yang dibentuk dari lampu (ke titik vertikal) dengan ekor pesawat ( $\theta 2$ )

$$\cos \theta 2 = \frac{a}{e}$$

$$\cos \theta 2 = \frac{20}{55,24}$$

$$\cos \theta 2 = 0,362$$

Berdasarkan data diatas dan persamaan berikut, maka besar pencahayaan/ tiang dari lampu metal halida sebagai berikut :

$\phi = 87.000 \text{ lumen}$

maka Intensitas cahaya terhadap titik vertikal lampu :

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

$$I = \frac{87.000}{12,56}$$

$I = 6.926,75 \text{ candela}$

Maka untuk mengetahui pencahayaan di nose (hidung pesawat) :

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta 1}{d^2}$$

$$E = \frac{6926,75 \cdot 0,8}{25^2}$$

$$E = 8,86 \text{ Lux}$$

Dari hasil diatas diketahui/ titik lampu menghasilkan 8,86 Lux, maka untuk mengetahui pencahayaan/ tiang yang terpasang 4 lampu di dapatkan :

$$4E = 4 \cdot 8,86$$

$$4E = 35,44 \text{ Lux}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pencahayaan/ tiang di hidung (nose) pesawat sebesar 35,44 Lux.

Dengan cara yang sama, untuk mengetahui pencahayaan di ekor pesawat :

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta 2}{e^2}$$

$$E = \frac{6926,75 \cdot 0,362}{55,24^2}$$

$$E = 0,82 \text{ Lux}$$

Dari hasil diatas diketahui/ titik lampu menghasilkan 0,82 Lux, maka untuk mengetahui pencahayaan/ tiang yang terpasang 4 lampu di dapatkan :

$$4E = 4 \cdot 0,82$$

$$4E = 3,286 \text{ Lux}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pencahayaan/ tiang di ekor pesawat sebesar 3,286 Lux.

Maka intensitas pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan dengan menggunakan lampu Metal Halida dapat dilihat pada tabel V:

Tabel V. Hasil Perhitungan Pencahayaan (Metal Halida)

NO	AFL	Pencahayaan (Lux)		Keterangan
		Nose Pesawat	Ekor Pesawat	
1	AFL 1	35,44	3,286	Tidak Standart
2	AFL 2	35,44	3,286	Tidak Standart
3	AFL 3	35,44	3,286	Tidak Standart
4	AFL 4	35,44	3,286	Tidak Standart
5	AFL 5	35,44	3,286	Tidak Standart
6	AFL 6	35,44	3,286	Tidak Standart
7	AFL 7	35,44	3,286	Tidak Standart
8	AFL 8	35,44	3,286	Tidak Standart
9	AFL 9	35,44	3,286	Tidak Standart
10	AFL 10	35,44	3,286	Tidak Standart

Sumber : Hasil diolah Penulis

### 3. Perhitungan Peluang Hemat Energi Pada *Apron Flood Light* Selatan (LED)

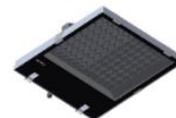
Dalam kasus ini, peluang penghematan energi pada *Apron Flood Light* dengan mengganti lampu eksisting (Matal Halida) dengan menggunakan lampu jenis LED.

Lampu LED yang dipakai menggunakan lampu Flood Light ADB EWO 555 Watt. Lampu jenis ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Daya : 555 Watt
- Lumen : 60.232 Lumen
- Standart/lisensi : FAA dan ICAO
- Life Time : 50.000 jam

#### 2.0 F-System LED Floodlight Assembly

ADB SafeLite and meta F-System of LED floodlighting range ensures large areas of the airport such as aprons, parking stands and deicing stations are well-lit for optimal visibility and airfield safety. LED technology ensures exceptional performance and safer inside operations in a greener more cost-efficient way. Used in high mast systems with mounting heights of up to 30 meters or more, meta F-30 range is light-weight, compact and delivers full-scale, precise illumination that is ICAO and FAA compliant. This feature-packed floodlight offers unparalleled benefits: hot restart for improved safety, multi-layer configuration for uniform lighting, shimming for visual guidance, and a modular setup for easy maintenance. Furthermore, airports can enjoy overall savings ranging from 30 to 80% resulting from lower energy consumption, reduced maintenance and associated costs.



#### 2.1 About this manual

##### 2.1.1 Introduction

The manual shows the information necessary for:

- Install and maintain the F-System LED Floodlight.

##### 2.1.2 How to work with the manual

1. Become familiar with the structure and content.
2. Carry out the actions completely and in the given sequence.

#### 2.2 Modular Lighting System for Aprons, Parking Stands and Deicing Stations

##### Compliance with Standards

EMA: Designed according to AC 150/5300-13 (Current Edition)  
 ICAO: Annex 14, Volume 1, 1.1.2.3

Tabel VI. Power Consumption



Power Consumption (Standard)

Current Feed	Light Temperature (cool white)		Total Power Consumption
	Total Lumen Output *	Luminous Efficacy	
300 mA	39,397 lm	118.5 lm/W	332 W
350 mA	45,077 lm	116.1 lm/W	388 W
400 mA	50,419 lm	113.6 lm/W	444 W
450 mA	55,495 lm	111.1 lm/W	500 W
500 mA	60,232 lm	108.5 lm/W	555 W

Notes  
\* tolerance on Lumen Output: ±7%

Dari data diatas kita bisa mengetahui spesifikasi lampu LED yang dijadikan subyek dari peluang penghematan energi listrik.

Pada setiap tiang *Apron Flood Light* Selatan akan dipasang 3 unit lampu LED dengan posisi sejajar.

Berdasarkan persamaan 2.1, maka estimasi pemakaian/ konsumsi energi dari lampu LED sebagai berikut :

$$W = P \times t$$

Konsumsi Energi Listrik pada AFL 1

Menggunakan lampu LED 555 W, 3 buah menyala selama 12 jam/ hari

$$W = 555 \times 3 \text{ buah} \times 12 \text{ jam} = 19.980 \text{ Wh} = 19,98 \text{ KWh/ hari}$$

$$W = 19,98 \times 30 \text{ hari} = 599,4 \text{ KWh/ bulan (1 bulan = 30 hari)}$$

Dari perhitungan diatas, konsumsi energi dari lampu *Apron Flood Light* Selatan dapat dilihat pada tabel VII.

Tabel VII. konsumsi energi lampu *Apron Flood Light* Selatan (LED)

NO	AFL	Waktu		
		Pemakaian /hari (Jam)	KWh/hari	KWh/bulan
1	AFL 1	12	19,98	599,4
2	AFL 2	12	19,98	599,4
3	AFL 3	12	19,98	599,4
4	AFL 4	12	19,98	599,4
5	AFL 5	12	19,98	599,4
6	AFL 6	12	19,98	599,4
7	AFL 7	12	19,98	599,4
8	AFL 8	12	19,98	599,4
9	AFL 9	12	19,98	599,4
10	AFL 10	12	19,98	599,4
<b>Total</b>				<b>59.940</b>

Sumber : Hasil diolah Penulis

Data diatas menunjukkan bahwa konsumsi pemakaian listrik untuk *Apron Flood Light* Selatan sebesar 59.940 KWh/ Bulan.

4. Pencahayaan Pada *Apron Flood Light* Selatan (LED)

Sesuai dengan spesifikasi dan catalog lampu terpasang, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 8. Data lampu *Apron Flood Light* Selatan (LED)

NO	AFL	Daya (Watt)	Lumen/W	Total Lumen	Jumlah Lampu
1	AFL 1	555	108,5	60.232	3
2	AFL 2	555	108,5	60.232	3
3	AFL 3	555	108,5	60.232	3
4	AFL 4	555	108,5	60.232	3
5	AFL 5	555	108,5	60.232	3
6	AFL 6	555	108,5	60.232	3
7	AFL 7	555	108,5	60.232	3

8	AFL 8	555	108,5	60.232	3
9	AFL 9	555	108,5	60.232	3
10	AFL 10	555	108,5	60.232	3

Sumber : Hasil diolah Penulis

Berdasarkan data diatas dan persamaan berikut, maka besar pencahayaan/ tiang dari lampu LED sebagai berikut :

maka Intensitas cahaya terhadap titik vertikal lampu :

$$I = 60.232 \text{ candela}$$

Maka untuk mengetahui pencahayaan di nose (hidung pesawat) :

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta_1}{d^2}$$

$$E = \frac{60.232 \cdot 0,8}{25^2}$$

$$E = 77 \text{ Lux}$$

Dari hasil diatas diketahui/ titik lampu menghasilkan 77 Lux, maka untuk mengetahui pencahayaan/ tiang yang terpasang 3 lampu di dapatkan :

$$3E = 3 \cdot 24,55$$

$$3E = 231 \text{ Lux}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pencahayaan/ tiang di hidung (nose) pesawat sebesar 231 Lux.

Dengan cara yang sama, untuk mengetahui pencahayaan di ekor pesawat:

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta_2}{e^2}$$

$$E = \frac{60.232 \cdot 0,362}{55,24^2}$$

$$E = 7,14 \text{ Lux}$$

Dari hasil diatas diketahui/ titik lampu menghasilkan 7,14 Lux, maka untuk mengetahui pencahayaan/ tiang yang terpasang 3 lampu didapatkan :

$$3E = 3 \cdot 2,38$$

$$3E = 21,4 \text{ Lux}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pencahayaan/ tiang di ekor pesawat sebesar 21,4 Lux.

Maka intensitas pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan dengan menggunakan lampu LED dapat dilihat pada tabel XI:

Tabel XI. Pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan (LED)

NO	AFL	Pencahayaan (Lux)		Keterangan
		Nose Pesawat	Ekor Pesawat	
1	AFL 1	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
2	AFL 2	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
3	AFL 3	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
4	AFL 4	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
5	AFL 5	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
6	AFL 6	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
7	AFL 7	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
8	AFL 8	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
9	AFL 9	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart
10	AFL 10	231 Lux	21,4 Lux	Sesuai Standart

Sumber : Hasil diolah Penulis

### 5. Persentase Penghematan Energi

Berdasarkan persamaan berikut, maka persentase penghematan energi listrik *Apron Flood Light* Selatan sebagai berikut :

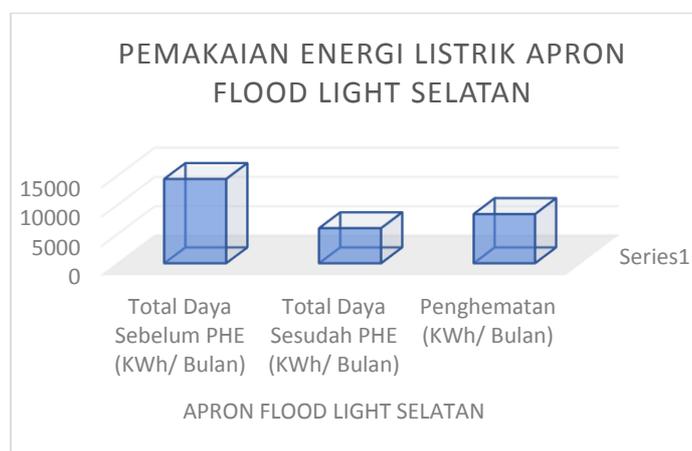
$$\text{Persentase penghematan} = \frac{\text{total daya sebelum PHE} - \text{total daya setelah PHE}}{\text{total KWH sebelum PHE}} = \frac{14.400 - 5.994}{14.400} = 58,375 \%$$

Dari data perhitungan dan pembahasan diatas, maka dapat diketahui konsumsi energi *Apron Flood Light* Selatan sebagai berikut :

**Tabel X.** Konsumsi Energi Listrik/ bulan  
**APRON FLOOD LIGHT SELATAN**

Total Daya Sebelum PHE (KWh/ Bulan)	Total Daya Sesudah PHE (KWh/ Bulan)	Penghematan (KWh/ Bulan)
14400	5994	8406

Sumber : Hasil diolah Penulis



Gambar 9 Grafik pemakaian energi listrik  
Sumber : Hasil diolah Penulis

Dari gambar grafik diatas di dapatkan penghematan konsumsi daya dengan cara penggantian lampu jenis Metal Halida ke lampu LED didapatkan penghematan sebesar 58,375%.

### D. KESIMPULAN

Penghematan pemakaian energi listrik dari pembahasan diatas apabila jenis lampu *Apron Flood Light* Selatan diganti dari lampu jenis Metal Halida (terpasang) dengan menggunakan lampu dengan jenis LED sebesar 8.406 KWh/ Bulan atau sebesar 58,375 %. Pengukuran dan perhitungan, pencahayaan *Apron Flood Light* Selatan dengan menggunakan lampu dengan jenis Metal Halida (terpasang) tidak standart/ tidak memenuhi aturan, sementara dengan menggunakan lampu jenis LED pencahayaan standart/ memenuhi aturan. Dari data spesifikasi diatas lampu jenis LED memiliki life time lebih lama (65.000 hours) dibandingkan dengan lampu jenis metal halida (15.000 hours) sehingga peluang penghematan juga lebih besar. Lampu jenis LED yang

dipaparkan dalam penulisan ini merupakan lampu *Apron Flood Light* jenis LED yang memiliki lisensi dari standart peraturan penerbangan Internasional (FAA, ICAO)

### DAFTAR PUSTAKA

Dalam penelitian ini digunakan beberapa daftar acuan baik berupa buku, jurnal ataupun artikel ilmiah :

- [1]. Cekdin ,Cekmas. (2013). *Rangkaian Listrik*. Jakarta : Andi
- [2]. Dasatrio, Yogi. (2013). *Dasar Teknik Kelistrikan: Arus Kuat dan Arus Lemah*. Jogjakarta : Javalitera
- [3]. Karlen ,Mark & Benya, James. (2008). *Dasar- Dasar Pencahayaan*. Jakarta : Erlangga
- [4]. Latifah, ST. MT, Nur Laela. (2015). *Fisika Bangunan*. Jakarta : Griya Kreasi
- [5]. Manurung. (2009). *Jurnal tentang pemahaman mengenai sumber cahaya dalam desain pencahayaan arsitektural*
- [6]. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Nomor : KP 262 Tahun 2017. (2017). *Standar Teknis Dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual Of Standard CASR Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome)*.
- [7]. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Nomor : KP 608 Tahun 2015. (2015). *Pedoman Teknis Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-27, Prosedur Pemeliharaan Alat Bantu Pendaratan Visual (Advisory Circular)*.
- [8]. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Nomor : SKEP 114/VI/2002 Tahun 2002. (2002). *Standar Gambar Instalasi Sistem Penerangan Bandar Udara (Airfield Lighting System)*.
- [9]. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2004). *Manual Operation Standart CASR 139 Volume IV*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara
- [10]. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009. (2009). *Konservasi Energi*.
- [11]. Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-6197-2000. (2000). *Konservasi energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung* .
- [12]. UU No.1 . (2009). *Penerbangan*. Undang- Undang Republik Indonesia