

STUDI OPTIMASI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA SISTEM TATA CAHAYA BUATAN DI GEDUNG POLITEKNIK NEGERI PONTIANAK

Medi Yuwono Tharam, Fartha Haryadi dan Ramli

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak 78124
E-mail: mytharam@yahoo.com

Abstrak: Studi optimasi penggunaan energi listrik pada sistem tata cahaya buatan di gedung Politeknik Negeri Pontianak dilandasi oleh SNI 03-6575-2001 yang menentukan tingkat pencahayaan minimum untuk ruang kelas sebesar 250 lux dan ruang kerja/administrasi 350 lux. Tata cahaya buatan pada suatu ruangan, kuat intensitas cahayanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti dimensi ruangan, warna langit-langit, dinding, lantai serta nilai-nilai reflektasinya. Penelitian ini dilaksanakan pada ruangan yang digunakan melaksanakan kegiatan PBM teori dan administrasi di gedung Politeknik Negeri Pontianak. Tujuan dari penelitian ini adalah upaya mengefisienkan penggunaan energi listrik pada sistem tata cahaya buatan yang dilakukan melalui pengoptimalan penggunaan jumlah lampu jenis CFL (*Compact Fluorensent Lamp*). Jumlah lampu yang digunakan diperoleh dari hasil olah program LINDO. Dalam penelitian ini kuat intensitas cahaya di lokasi penelitian belum sesuai dengan SNI 03-6575-2001. Hasil pengukuran rata-rata kuat intensitas cahaya dari penggunaan lampu neon 40 Watt di ruang kelas sebesar 206,2 lux, ruang administrasi 144,46 lux dan gedung utama 186,35 lux. Hasil olah program LINDO, optimalisasi terpenuhi pada penggunaan lima buah lampu CFL 45 Watt untuk ruang kelas, dihasilkan rata rata kuat intensitas penerangan sebesar 337,5 lux dan daya listrik yang digunakan sebesar 225 Watt.. Sedangkan untuk ruang kerja/administrasi terpenuhi pada penggunaan sepuluh buah CFL 45 Watt dihasilkan kuat intensitas cahaya sebesar 600 lux dan daya listrik yang digunakan sebesar 450 Watt.

Kata Kunci: *Tata Cahaya Buatan, Optimalisasi, Kuat Intensitas Cahaya, Efisiensi Energi Listrik*

Abstract: The research on optimizing the use of electric energy in artificial lighting system at Pontianak State Polytechnic's building is in accordance with SNI 03-6575-2001 that determines the minimum lighting level to a classroom of 250 lux and an office/an administration room of 350 lux. The intensity of artificial lighting in a room is interfered with several factors such as the room's dimension, the ceiling's colors, the wall, and the floor with their reflection. The research aims for a room used for the Teaching-Learning Process especially for theory learning activities, and a room used for administration at Pontianak State Polytechnic. The purpose of the research is the efforts to render efficient of the electric energy usage that is the use of artificial lighting system, through optimizing the use of the compact fluorescent lamps. The numbers of the lamps is known from LINDO program tabulation. The research found that the lighting intensity at the research spot is not accordance with SNI 03-6575-2001. The

measuring result shows that the average lighting intensity of using 40 Watt fluorescent or neon light in the classroom is 206.2 lux, in the administration room is 144.46 lux, and in the main building is 186.35 lux. Based on the result of LINDO program tabulation, the optimizing is fulfilled by using five CFL lamps of 45 Watt in the classroom which results the lighting intensity of 337.5 lux by using the electric power of 225 Watt. Whereas in the office/administration room, it is fulfilled by using ten CFL lamps of 45 Watt which results the lighting intensity of 600 lux by using the electric power of 450 Watt.

Keywords: *artificial lighting arrangement, optimizing, the lighting intensity, electric energy efficiency*

Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari. Kebijakan nasional akan hemat energi dan air dituangkan dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 13 tahun 2011, yang mana diinstruksikan untuk melakukan langkah-langkah dan inovasi penghematan energi dan air di lingkungan instansi masing-masing dan/ atau di lingkungan Badan Usaha Milik Negara, dan Badan Usaha Milik Daerah sesuai kewenangan masing-masing dengan berpedoman pada Kebijakan Penghematan Energi dan Air.

Penghematan energi dapat dilakukan dengan menggunakan energi secara efisien atau mengurangi konsumsi dan kegiatan penggunaan energi. Penghematan energi merupakan cara yang paling ekonomis dalam menghadapi kekurangan energi dibanding dengan meningkatkan penyediaan energi.

Pemanfaatan energi pada bangunan secara umum di Indonesia menurut hasil survei DJLEB 1992 menyatakan, penggunaan untuk AC sebesar 66%, Penerangan 17,4%, Lift/Elevator 3,2%, Pompa 4,9% dan lain-lain 8,5%. Oleh karena itu sistem tata cahaya/pencahayaan buatan pada suatu

bangunan harus direncanakan dengan baik dengan memperhitungkan upaya penghematan energi yang dapat dilakukan.

Pencahayaan bagi manusia sangatlah penting bagi aktivitas manusia. Pencahayaan yang berlebihan tidak akan menjadi lebih baik, penglihatan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah pencahayaan namun juga kualitas pencahayaan itu sendiri. Selain kualitas dan kuantitas pencahayaan, perlu juga memperhatikan efisiensi dan penghematan penggunaan/konsumsi energi pada sistem pencahayaan.

Pencahayaan pada suatu ruangan dipengaruhi oleh pencahayaan alami dan aspek fisik lain yang terdapat pada ruangan tersebut. Tingkat pencahayaan yang digunakan memiliki nilai standar yang harus dipenuhi dan telah ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

Politeknik Negeri Pontianak merupakan salah satu lembaga/instansi pemerintah di bidang pendidikan yang berada di kota Pontianak Kalimantan Barat. Lembaga pendidikan ini memiliki kurang lebih 25 bangunan, dimana beberapa diantaranya merupakan bangunan dengan konstruksi bertingkat. Keseluruhan gedung tersebut tentunya menggunakan lampu sebagai sumber penerangan utama. Maka diperlukan upaya penghematan energi

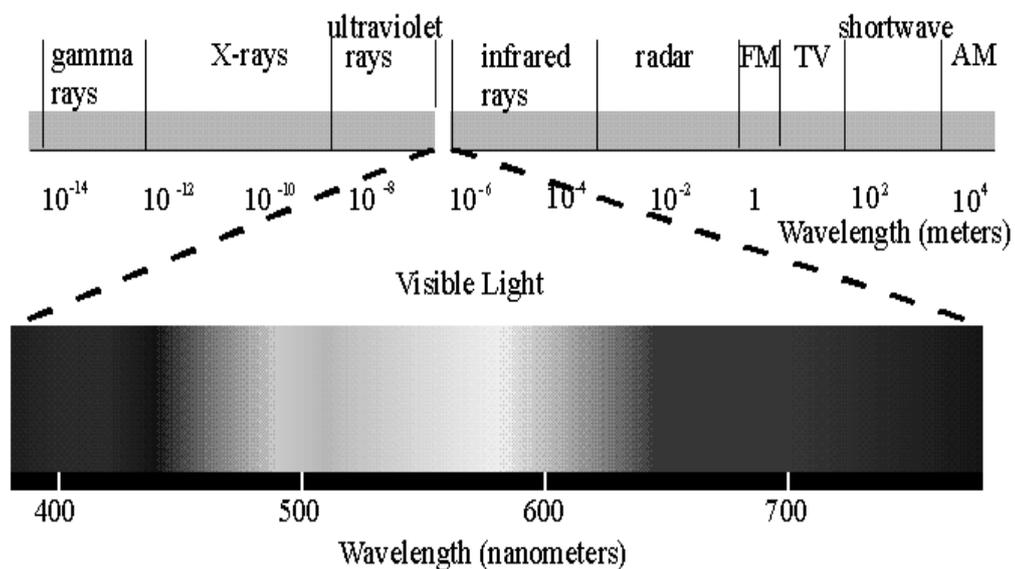
listrik, salah satunya melalui pengoptimalan tingkat kuat pencahayaan pada sistem tata cahaya buatan yang sesuai SNI dengan menentukan jumlah lampu yang optimal sesuai dimensi ruangan dan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Alat bantu yang digunakan pada proses pengoptimalan tingkat kuat pencahayaan ini menggunakan program optimasi LINDO. Dengan menuliskan model matematika yang menggambarkan situasi serta batasan-batasan dalam ruangan yang dijadikan sebagai lokasi penelitian, eksekusi program Lindo memberikan hasil yang optimal bagi ruangan tersebut sesuai dengan kondisi yang ada. Dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menganalisa penggunaan energi listrik pada sistem tata cahaya buatan yang terpasang di gedung

administrasi dan perkuliahan teori Politeknik Negeri Pontianak; 2) Menganalisa seberapa jauh potensi penghematan energi listrik yang dapat dilakukan pada sistem tata cahaya buatan pada setiap ruangan khususnya dan gedung pada umumnya dan mendapatkan jumlah lampu yang dapat dipergunakan serta memenuhi SNI akan kuat pencahayaan buatan pada suatu ruangan.

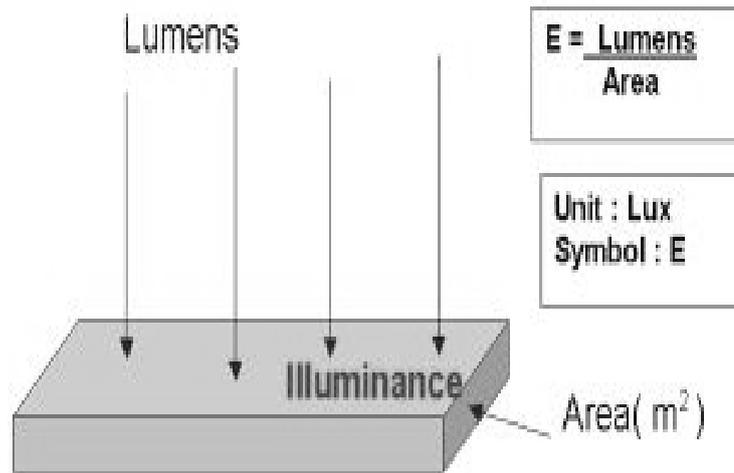
Pencahayaan

Cahaya merupakan suatu bentuk energi yang diradiasikan atau dipancarkan dari sebuah sumber dalam bentuk gelombang dan merupakan bagian dari keseluruhan kelompok gelombang-gelombang elektromagnet, yang diubah menjadi cahaya tampak (Janis dan Tao, 2005). Gambar 1. menunjukkan variasi cahaya dalam warna dan panjang gelombang.



Gambar 1. Panjang gelombang cahaya tampak

Sumber: www.energyefficiencyasia.org



Gambar 2. Intensitas penerangan di permukaan bidang kerja

Sumber: <http://www.lighting.philips.co.id>

Panjang gelombang cahaya tampak mempunyai rentang antara 400 nm hingga 750 nm. Menurut Grondzik, dkk. (2010) sumbernya pencahayaan dibagi menjadi pencahayaan alami dan pencahayaan buatan.

Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, diantaranya menghemat energi listrik. Sumber pencahayaan alami kadang dirasa kurang efektif dibanding dengan penggunaan pencahayaan buatan, selain karena intensitas cahaya yang tidak tetap, sumber alami menghasilkan panas terutama saat siang hari.

Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat pencahayaan alami tidak mencukupi.

PARAMETER PENCAHAYAAN

Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui kuat intensitas pencahayaan

dalam suatu ruangan/gedung (Janis dan Tao, 2005).

Fluks cahaya (Luminous flux)

Fluks cahaya merupakan konsep dari jumlah cahaya yang dipancarkan per detik dari sebuah sumber cahaya. Hal ini ditunjukkan dengan simbol F. Sedangkan satuannya adalah lumen (lm). Luminous flux juga dapat didefinisikan sebagai tenaga yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya per detik berbanding dengan pandangan sensitif mata manusia.

Iluminansi (Intensitas penerangan)

Iluminansi adalah jumlah cahaya yang jatuh pada suatu area ditunjukkan dengan simbol E. Satuannya adalah Lux (lx). Gambar 2. Menunjukkan satu lux sama dengan satu lumen per meter persegi (lm/m²). Iluminansi dapat didefinisikan sebagai rasio antara jatuhnya cahaya dalam suatu permukaan berbanding dengan luas permukaan, atau sinar yang dihasilkan bebas ke segala arah di tempat dimana jatuhnya cahaya dalam permukaan.

Efikasi cahaya

Rasio antara jumlah cahaya dan daya listrik yang digunakan adalah yang dinamakan efikasi cahaya dan ditunjukkan

melalui satuan lumen per watt (lm/w). Setiap jenis lampu memiliki efikasi cahaya sendiri.

Tingkat Intensitas Pencahayaan Rata-Rata

Tingkat intensitas pencahayaan pada suatu ruangan umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Pada SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Pencahayaan di Tempat Kerja (Grondzik, dkk., 2010) dinyatakan penentuan titik ukur pada meja kerja dapat dilakukan pada meja yang ada, dengan demikian bidang kerja ialah bidang horizontal imajiner yang terletak 0,75 meter hingga 1 meter di atas lantai pada seluruh ruangan.

LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*)

Menurut Siswanto (2007) sebuah program dirancang untuk menyelesaikan kasus-kasus pemrograman linier. Suatu kasus harus diubah dahulu ke dalam sebuah model matematis pemrograman linear dengan format tertentu agar bisa diolah oleh program LINDO. Model matematis tersebut menyatakan tujuan optimalisasi yang diinginkan serta kendala yang mempengaruhinya. Berikut contoh format penulisan model matematis pada LINDO.

```
Max 2 x1 + 3 x2
ST
5 x1 + 6 x2 <= 60
x1 + x2 <= 16
x1 <= 10
x2 <= 6
End
```

Hasil olahan program LINDO pada dasarnya dapat dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu: (1) Penyelesaian optimal, memuat lima informasi yaitu: (a) Nilai fungsi tujuan di bawah label *Objective Function Value*; (b) Nilai optimal variabel

keputusan di bawah label *Value*; (c) Sensitivitas C_j bila $X_j = 0$ di bawah kolom *Reduced Cost*; (d) Surplus variabel di bawah label *Slack or Surplus*; (e) Informasi yang bisa diambil langsung dari sebuah tabel optimal simpleks di bawah label *Dual Price* (RHS = *Right Hand Side*); (2) Analisis sensitivitas, memuat informasi mengenai dua macam analisis sensitivitas yaitu: (a) Analisis sensitivitas koefisien fungsi tujuan (C_j), menjelaskan perubahan nilai C_j tidak akan mengubah nilai optimal variabel keputusan; (b) Analisis sensitivitas Nilai Ruas Kanan (RHS). *Dual price* mencerminkan perubahan nilai fungsi tujuan yang diakibatkan oleh perubahan setiap unit nilai ruas kanan aktif.

METODE

Penelitian akan Studi Optimasi Penggunaan Energi Listrik Pada Sistem Tata Cahaya Buatan di Politeknik Negeri Pontianak. Pengambilan data-data penelitian dilakukan di ruangan yang digunakan untuk pelaksanaan kegiatan administrasi dan proses belajar mengajar teori.

Pengukuran intensitas kuat pencahayaan yang merupakan banyaknya intensitas cahaya tiap meter persegi pada ruangan tempat penelitian dilaksanakan dilakukan dengan metode grid yang ukurannya berdasarkan SNI 16-7062-2004 (BSN-SNI).

Penelitian akan studi optimasi penggunaan energi listrik pada sistem tata cahaya buatan ini berjalan sebagai berikut.

Studi literatur digunakannya dari berbagai referensi/*handbook* yang berhubungan dengan pencahayaan, untuk mendapatkan teori-teori mengenai sistem tata cahaya buatan/pencahayaan.

Observasi lapangan: (1) Melakukan pengukuran dimensi setiap ruang serta variabel yang digunakan dalam perhitungan

dengan metode *zonal cavity* dan (2) Melakukan pengukuran akan kuat intensitas penerangan di ruangan serta jumlah daya listrik terpakai pada lampu yang ada pada kondisi terpasang.

Pada proses ini dilakukan: (1) Melakukan pengukuran intensitas kuat penerangan. Pengukuran intensitas penerangan di setiap titik ukur, dimulai dari satu lampu yang menyala hingga seluruh lampu dinyalakan; (2) Melakukan proses optimasi dengan menggunakan pemrogram linier dengan LINDO untuk mendapatkan jumlah lampu yang digunakan berhubungan dengan daya listrik yang dibutuhkan, serta intensitas kuat penerangan sesuai SNI 03-6567-2001 yaitu 500 Lux (<http://ww.energyefficiencyasia.org>, 2010).

Pengukuran intensitas kuat penerangan dilakukan dengan titik ukur sesuai SNI 16-7062-2004 (BSN-SNI).

Simpulan akan tingkat optimalisasi penggunaan energi listrik pada sistem tata cahaya buatan diambil berdasarkan hasil pengukuran pada observasi dan hasil pengukuran di tahap analisa, serta daya

listrik yang terpakai pada penggunaan lampu sebagai hasil optimasi.

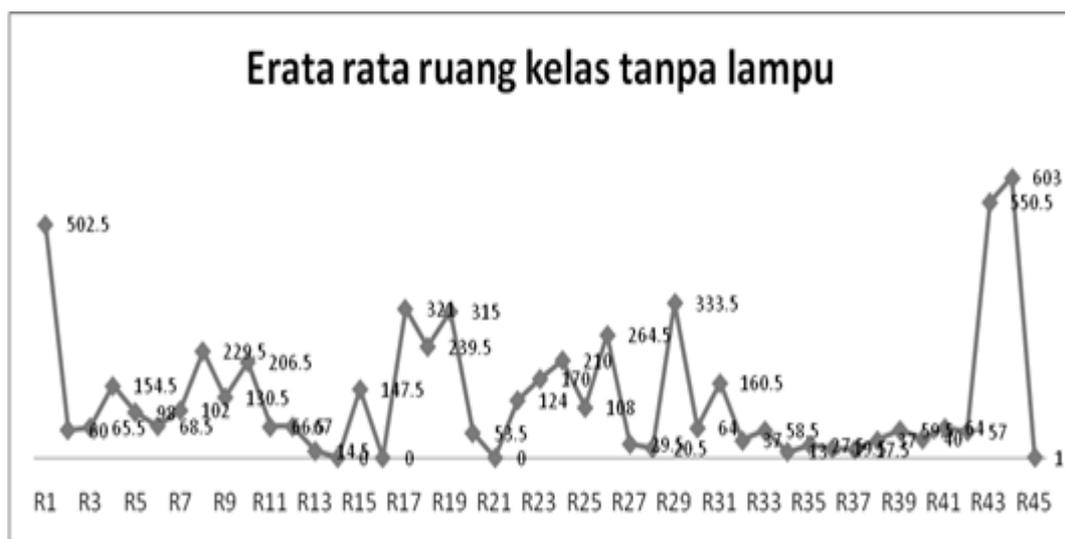
HASIL

Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 4. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya dari masing-masing lampu menyala sesuai penomoran atau nama ruangan.

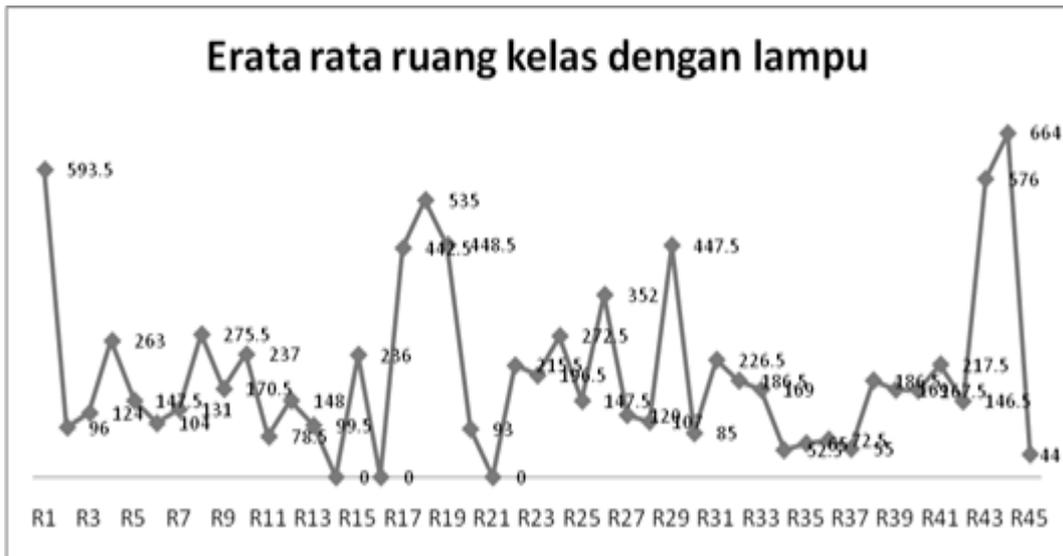
Kuat intensitas cahaya yang dihasilkan mengalami peningkatan jika lampu dinyalakan, hal tersebut ditampilkan pada Gambar 5. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya dengan lampu menyala.

Hasil pengukuran rata rata kuat intensitas cahaya buatan pada ruangan yang digunakan untuk kegiatan perkantoran/administrasi ditampilkan pada Gambar 6. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya ruang administrasi/perkantoran.

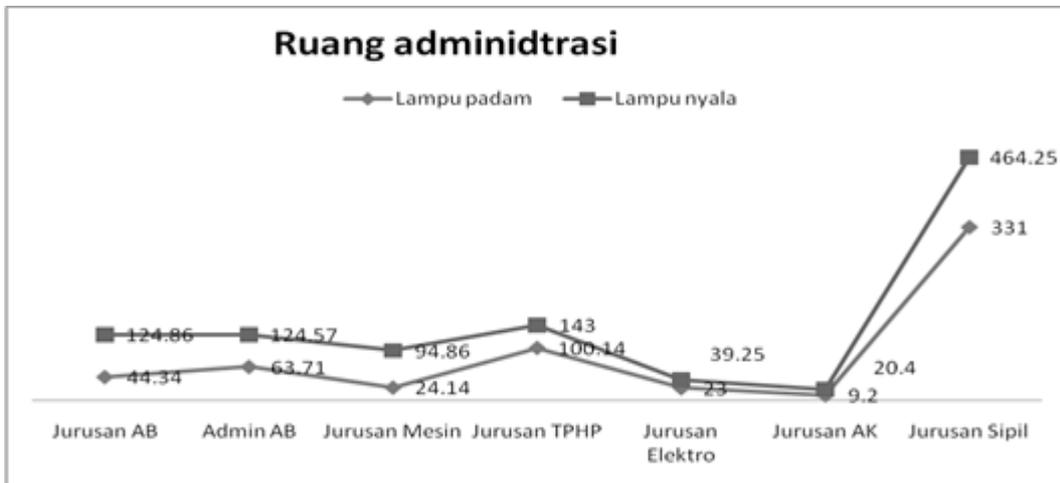
Hasil pengukuran rata rata kuat intensitas cahaya buatan di gedung utama/gedung baru yang digunakan untuk kegiatan perkantoran/administrasi ditampilkan pada Gambar 7. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya ruang gedung utama.



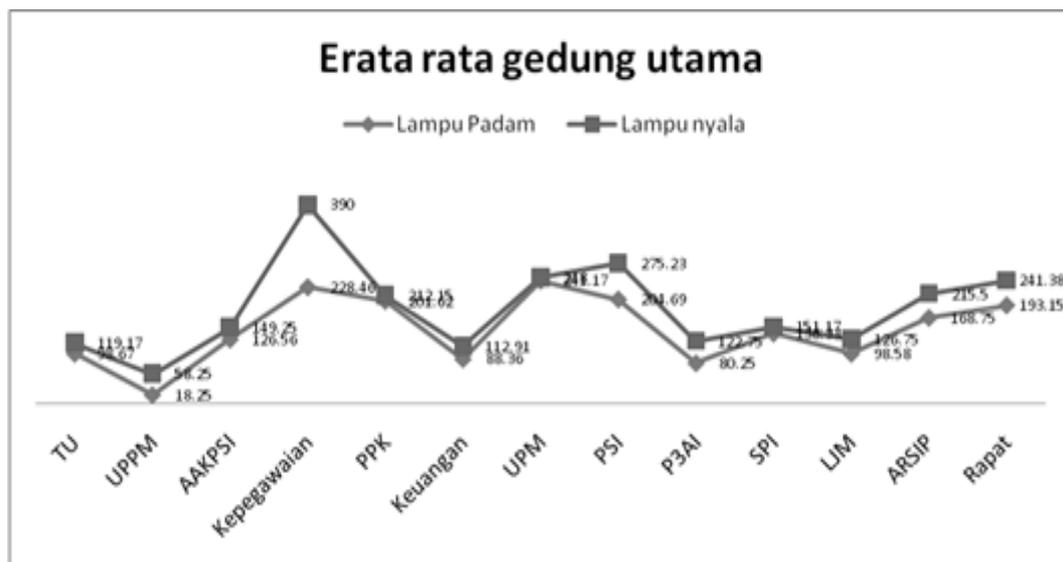
Gambar 4. Grafik kuat rata rata intensitas cahaya di ruang kelas tanpa lampu



Gambar 5. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya di ruang kelas



Gambar 6. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya ruang administrasi



Gambar 7. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya gedung utama

PEMBAHASAN

Pengukuran kuat intensitas cahaya buatan kondisi terpasang

Ruangan pada gedung Politeknik Negeri Pontianak yang digunakan sebagai lokasi penelitian memiliki beberapa ruangan yang dimensi dan tata ruangnya identik satu sama lain, seperti ruangan yang kelas. Kuat intensitas cahaya buatan pada ruangan di kondisi terpasang dapat diperoleh dengan dua metode yaitu, perhitungan dan pengukuran. Menurut SNI 03-6575-2001 tingkat pencahayaan minimum untuk ruang kerja di perkantoran adalah sebesar 350 lux dan ruangan kelas adalah sebesar 250 lux.

Kuat intensitas cahaya buatan merupakan sejumlah cahaya yang jatuh pada suatu area per meter persegi. Berdasarkan SNI 16-7062-2004, titik ukur kuat intensitas cahaya buatan pada ruangan di lokasi penelitian dilakukan dengan grid dengan ukuran 3 x 3 m. Ruangan sebagai lokasi penelitian dikelompokkan menjadi dua yaitu ruangan kelas teori yang digunakan untuk kegiatan pembelajaran teori dan ruangan kantor yang digunakan untuk kegiatan administrasi. Hasil pengukuran di tampilkan pada Gambar 4. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya dari masing-masing lampu menyala sesuai penomoran atau nama ruangan.

Kuat intensitas cahaya yang dihasilkan mengalami peningkatan jika lampu dinyalakan, hal tersebut ditampilkan pada Gambar 5. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya dengan lampu menyala dengan lampu yang menyala.

Hasil pengukuran rata rata kuat intensitas cahaya buatan pada ruangan yang digunakan untuk kegiatan perkantoran/administrasi ditampilkan pada Gambar 6. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya

ruang administrasi/perkantoran. Hasil pengukuran rata rata kuat intensitas cahaya buatan di gedung utama/gedung baru yang digunakan untuk kegiatan perkantoran/administrasi ditampilkan pada Gambar 7. Grafik rata-rata kuat intensitas cahaya ruang gedung utama.

Optimalisasi penggunaan lampu

Optimalisasi menggunakan CFL sesuai SNI. Konversi energi pada suatu gedung dilakukan dalam upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan. Mengoptimalkan penggunaan lampu sebagai sumber penerangan dalam suatu bangunan merupakan salah satu upaya konversi energi tersebut.

Setiap lampu mempunyai kuat intensitas cahaya dan daya listrik yang berbeda beda, hubungan antara kuat intensitas cahaya yang dikeluarkan dengan daya dari lampu dinyatakan dengan efikasi dengan satuan lumen/watt. Penggunaan lampu dengan efikasi tinggi merupakan salah satu upaya konversi energi tersebut.

Pada lokasi penelitian konversi energi dilaksanakan dengan menggunakan lampu yang memiliki efikasi tinggi dari jenis CLF (*Compact Fluorescent Lamp*) yaitu 60 lm/watt, 56,6 lm/watt dan 50 lm/watt. Penggunaan salah satu dari tiga pilihan lampu tersebut harus memenuhi jumlah lumen pada suatu ruangan berdasarkan peruntukannya dan jumlah daya maksimum pencahayaan untuk jenis ruangan kantor sesuai SNI.

Dengan model pemrograman linier, optimalisasi penggunaan lampu dilakukan menggunakan program LINDO dengan tujuan daya minimum yang dihasilkan dari penggunaan sejumlah lampu hingga memenuhi tingkat kuat intensitas pencahayaan cahaya buatan sesuai SNI.

Optimalisasi ruang kelas

Model matematisnya untuk ruang kelas dapat ditulis sebagai berikut:

Min

$$Y = 30L_1 + 45L_2 + 65L_3$$

ST

$$(1) 1700L_1 + 2700L_2 + 3250L_3 \geq 10000$$

$$(2) 30L_1 + 45L_2 + 65L_3 \geq 240$$

$$(3) 30L_1 + 45L_2 + 65L_3 \leq 600$$

End

Hasil olahan dari persamaan pemrograman linier di atas menggunakan program LINDO (lihat gambar 8).

Fungsi tujuan berupa nilai daya minimum dari lampu yang akan digunakan agar kuat intensitas pencahayaan dapat dipenuhi, berada di bawah *objective function value* yaitu sebesar 240.0000 satuan unitnya adalah Watt.

Nilai optimal fungsi tujuan tersebut dipenuhi oleh penggunaan variabel keputusan lampu 2 (L_2) dengan daya 45 watt dengan jumlah sebanyak 5.333333, informasi tersebut berada di bawah *Value*.

$$Y = 30L_1 + 45L_2 + 65L_3$$

$$239.9999985 = 30(0) + 45(5.333333) + 65(0)$$

Optimalisasi ruang administrasi

Pada ruangan administrasi rata rata memiliki luas 44 m² dengan sumber penerangan menggunakan dua jenis lampu yaitu neon dan CFL. Rata-rata kuat intensitas cahaya pada ruangan tersebut sebesar 186,35 lux dan 144,46 lux seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Tabel 1. Daftar efikasi lampu CFL merk Shinyoku

No	Daya lampu (watt)	Luminous fluk lampu (lumen)	Efikasi (lumen/watt)
1	15	750	50
2	20	1010	50,5
3	23	1275	55
4	26	1300	50
5	30	1700	56,6
6	40	2400	60
7	45	2700	60
8	65	3250	50

Tabel 2. Optimalisasi energi menggunakan lampu CFL

Jenis lampu	Jumlah lampu	Daya listrik (Watt)	Kuat Intensitas pencahayaan (lux)
CFL 45 Watt	5,333333	225	337,5
CFL 45 Watt	10.666667	450	600

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1			
OBJECTIVE FUNCTION VALUE			
1) 480.0000			
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
L1	0.000000	0.000000	
L2	10.666667	0.000000	
L3	0.000000	0.000000	
ROW	SLACK OR SURPLUS		DUAL PRICES
(1)	13050.000000		0.000000
(2)	0.000000		-1.000000
(3)	195.000000		0.000000
NO. ITERATIONS= 1			
RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
L1	30.000000	INFINITY	0.000000
L2	45.000000	0.000000	45.000000
L3	65.000000	INFINITY	0.000000
RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
(1)	15750.000000	13050.000000	INFINITY
(2)	480.000000	195.000000	217.500000
(3)	675.000000	INFINITY	195.000000

Gambar 8. Hasil olahan persamaan pemrograman linier di atas menggunakan program LINDO

Optimalisasi penggunaan lampu jenis CFL dengan kuat intensitas cahaya sebesar 15750 lux dapat diketahui dengan menggunakan *LINDO*.

Model matematisnya ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \\ & Y = 30L_1 + 45L_2 + 65L_3 \\ & \text{ST} \\ & (1) 1700L_1 + 2700L_2 + 3250L_3 \geq 15750 \\ & (2) 30L_1 + 45L_2 + 65L_3 \geq 480 \\ & (3) 30L_1 + 45L_2 + 65L_3 \leq 675 \\ & \text{End} \end{aligned}$$

Hasil olahan program LINDO, nilai fungsi tujuan berupa nilai daya minimum dari tiga pilihan lampu yang akan digunakan dengan intensitas pencahayaan dapat dipenuhi, berada di bawah *objective function value* yaitu sebesar 480.0000.

Nilai optimal fungsi tujuan dipenuhi oleh penggunaan variabel keputusan lampu 2 (L_2) dengan daya 45 watt sebanyak 10.666667 variabel keputusan $L_1 = 0$ dan variabel keputusan $L_3 = 0$, informasi tersebut berada di bawah *Value*.

$$Y = 30L_1 + 45L_2 + 65L_3$$

$$480.0000 \text{ 15} = 30(0) + 45(10.666667) + 65(0)$$

Penggunaan energi listrik dari pemakaian lampu CFL hasil optimalisasi ditampilkan pada tabel berikut ini.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa simpulan. Pertama. Kuat intensitas cahaya buatan di lokasi penelitian baik itu ruang kelas maupun ruang administrasi di gedung Politeknik Negeri Pontianak belum memenuhi SNI 03-6575-2001 dimana tingkat pencahayaan minimum untuk ruang kelas sebesar 250 lux dan ruang kerja/administrasi/ perkantoran sebesar 350 lux.

Kedua. Kondisi lampu yang terpasang di lokasi penelitian rata rata kuat intensitas cahaya buatan diukur menggunakan luxmeter Luxtron LX-100 rata rata kuat intensitas ruang kelas sebesar 206,2 lux dengan daya listrik yang digunakan sebesar 240 Watt.

Ketiga. Dengan program LINDO setiap ruangan kelas di Politeknik Negeri Pontianak jumlah optimal lampu yang digunakan sebanyak lima buah lampu dengan model CFL 45 Watt, kuat intensitas cahaya yang dihasilkan meningkat hingga 337,5 lux serta daya listrik yang digunakan 225 Watt. Sedangkan ruang administrasi jumlah lampu yang digunakan sebanyak 10 buah dengan kuat intensitas cahaya yang dihasilkan 600 lux dan daya listrik sebesar 450 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. Peralatan Energi Listrik: Pencahayaan.
<http://www.energyefficiencyasia.org>,
 (diakses 12 April 2010)
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6197-2000. Konversi Energi Pada Sistem

Pencahayaan.

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6567-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 16-7062-2004. Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja
- IESNA Lighting Handbook. 2000. USA.
- Richard R. Janis and William K.Y. Tao. 2005. Mechanical And Electrical Systems in Buildings, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Siswanto. 2007. Operation Research Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Walter T. Grondzik, Alison G. Kwok, Benjamin Stein, John S. Reynolds. 2010. Mechanical And Electrical Equipment For Buildings. John Wiley & Sons Inc. New Jersey.