

OPTIMASI SISTEM PENCAHAYAAN DENGAN MEMANFAATKAN CAHAYA ALAMI (STUDI KASUS LAB. ELEKTRONIKA DAN MIKROPROSESSOR UNTAD)

Nurhani Amin

Dosen Jurusan Teknik Elektro UNTAD Palu, Indonesia

email: nhanie.lieben@yahoo.co.id

Abstract—A good lighting system has to meet three criteria; quality and quantity of light and efficient power consumption. A good lighting room will help effective activities inside the laboratorium. To achieve an optimum lighting, natural light has to be considered in the installation design. To optimise lighting installation of the building Electronics and Microprocessor Laboratorium, clustering luminer with the switch has to proportionately adjust according to the sun light incidence to the laboratorium.

Keyword: *good lighting, natural light, luminer*

I. PENDAHULUAN

Suatu penerangan diperlukan oleh manusia untuk mengenali suatu objek secara visual. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan industri peduli penghematan energi dalam sistem penerangan. Seringkali, penghematan energi yang cukup berarti investasi yang minim dan masuk akal.

Menerapkan sistem pencahayaan yang efisien sehingga penggunaan listrik bisa lebih hemat dan sangat menguntungkan. Pasalnya, pencahayaan atau penerangan mengkonsumsi kurang lebih 30% dari total energi dalam suatu bangunan. Maka konsumsi listrik sebuah lampu merupakan faktor utama untuk memilih solusi pencahayaan. Dengan desain pencahayaan yang baik, penghematan energi jelas sangat berarti.

Oleh karena itu perlu strategi desain pencahayaan dengan memanfaatkan cahaya alam secara optimal, lihat gambar 2. Desain pencahayaan yang optimal meliputi: optimasi kuantitas cahaya langit, menjaga kenyamanan visual dan menjaga kesejukan, serta menghemat energy (Harten P.Van, Setiawan E, 1985: 36-42).

II. TINJAUAN PUSTAKA

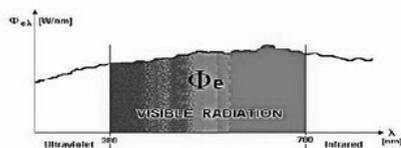
A. Cahaya

Cahaya merupakan satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- Pijar, benda padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu tertentu. Intensitas meningkat dan penampilan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- Muatan Listrik, jika arus listrik dilewatkan melalui gas, maka atom dan molekulnya akan memancarkan radiasi, dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- Electro Luminescence, cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- Photo luminescence, radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang

dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat, maka radiasi tersebut disebut fluorescence atau phosphorescence.

Cahaya nampak, seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan dalam Gambar 1, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya ultraviolet (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.



Gambar 1. Radiasi yang tampak

Pencahayaan sendiri dapat dibagi menjadi :

a. Pencahayaan alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain menghemat energi listrik juga dapat membunuh kuman. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar ataupun dinding kaca sekurang-kurangnya 1/6 daripada luas lantai.

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. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar penggunaan sinar alami mendapat keuntungan, yaitu:

- a. Variasi intensitas cahaya matahari
- b. Distribusi dari terangnya cahaya
- c. Efek dari lokasi, pemantulan cahaya, jarak antar bangunan
- d. Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung

Tabel 1. Kuat penerangan beberapa sumber cahaya

Sumber Cahaya	E (lx)
- Siang hari yang cerah di tempat terbuka	100.000
- Siang hari yang cerah di dalam ruang dekat jendela	2500
- Selama matahari terbit	500
- Terang Bulan pada malam yang cerah	0,25

b. 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. Fungsi pokok pencahayaan buatan baik yang diterapkan secara tersendiri maupun yang dikombinasikan dengan pencahayaan alami adalah sebagai berikut:

1. Menciptakan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat secara detail serta terlaksananya tugas serta kegiatan visual secara mudah dan tepat
2. Memungkinkan penghuni berjalan dan bergerak secara mudah dan aman
3. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja
4. Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan, dan tidak menimbulkan bayang-bayang.
5. Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.
6. Disamping hal-hal tersebut di atas, dalam perencanaan penggunaan pencahayaan untuk suatu lingkungan kerja maka perlu pula diperhatikan hal-hal berikut ini
 - Seberapa jauh pencahayaan buatan akan digunakan, baik untuk menunjang dan melengkapi pencahayaan alami.
 - Tingkat pencahayaan yang diinginkan, baik untuk pencahayaan tempat kerja yang memerlukan tugas visual tertentu atau hanya untuk pencahayaan umum

- Distribusi dan variasi iluminasi yang diperlukan dalam keseluruhan interior, apakah menyebar atau tefokus pada satu arah
- Arah cahaya, apakah ada maksud untuk menonjolkan bentuk dan kepribadian ruangan yang diterangi atau tidak
- Warna yang akan dipergunakan dalam ruangan serta efek warna dari cahaya
- Derajat kesilauan obyek ataupun lingkungan yang ingin diterangi, apakah tinggi atau rendah.

Sistem pencahayaan buatan yang sering dipergunakan secara umum dapat dibedakan atas 3 macam yakni:

a. Sistem Pencahayaan Merata

Pada sistem ini iluminasi cahaya tersebar secara merata di seluruh ruangan. Sistem pencahayaan ini cocok untuk ruangan yang tidak dipergunakan untuk melakukan tugas visual khusus. Pada sistem ini sejumlah armatur ditempatkan secara teratur di seluruh langit-langit.

b. Sistem Pencahayaan Terarah

Pada sistem ini seluruh ruangan memperoleh pencahayaan dari salah satu arah tertentu. Sistem ini cocok untuk pameran atau penonjolan suatu objek karena akan tampak lebih jelas. Lebih dari itu, pencahayaan terarah yang menyoroti satu objek tersebut berperan sebagai sumber cahaya sekunder untuk ruangan sekitar, yakni melalui mekanisme pemantulan cahaya. Sistem ini dapat juga digabungkan dengan sistem pencahayaan merata karena bermanfaat mengurangi efek menjemukan yang mungkin ditimbulkan oleh pencahayaan merata.

c. Sistem Pencahayaan Setempat

Pada sistem ini cahaya dikonsentrasikan pada suatu objek tertentu misalnya tempat kerja yang memerlukan tugas visual. Sistem pencahayaan ini sangat bermanfaat untuk:

- memperlancar tugas yang memerlukan visualisasi teliti
- mengamati bentuk dan susunan benda yang memerlukan cahaya dari arah tertentu.

- Melengkapi pencahayaan umum yang terhalang mencapai ruangan khusus yang ingin diterangi
- Membantu pekerja yang sudah tua atau telah berkurang daya penglihatannya.
- Menunjang tugas visual yang pada mulanya tidak direncanakan untuk ruangan tersebut.

B. Perhitungan Iluminasi Pencahayaan

Perhitungan iluminasi pencahayaan adalah untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat dipakai sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran secara langsung sehingga diperoleh instalasi pencahayaan yang paling optimal.

Intensitas pencahayaan pada suatu bidang adalah flux yang jatuh pada luasan 1 m² dari bidang tersebut. Intensitas pencahayaan ditentukan di tempat mana kegiatan dilakukan. Umumnya bidang kerja diambil 80 cm diatas lantai. Bidang kerja dapat berupa meja atau bangku kerja, atau bidang horisontal khayal.

Intensitas pencahayaan E dinyatakan dalam satuan lux atau lumen/m². Jadi flux cahaya yang diperlukan untuk bidang kerja seluas A m² ialah:

$$\Phi = E \cdot A \text{ (lumen)} \quad (1)$$

dimana:

- Φ : flux cahaya (lumen)
- E : intensitas pencahayaan (lux)
- A : luas bidang kerja (m²)

Flux cahaya yang dipancarkan lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja sebagian dipancarkan ke dinding, lantai dan langit-langit sehingga perlu diperhitungkan faktor efisiensi.

$$\mu = \frac{\Phi_g}{\Phi_o} \quad (2)$$

dimana:

- Φ_o : flux cahaya yang dipancarkan sumber cahaya (lumen).
- Φ_g : flux cahaya berguna (lumen).

Dan

$$\Phi = E \cdot A \text{ (Lumen)} \quad (3)$$

didapatkan rumus flux cahaya:

$$\Phi_0 = \frac{E.A}{\mu} \quad (4)$$

dimana:

A : luas bidang kerja (m^2)
 E : intensitas pencahayaan yang diperlukan bidang kerja (lux).

a. Faktor Refleksi

Tidak semua cahaya dari lampu mencapai bidang kerja, karena ada yang dipantulkan (faktor refleksi = r), dan diserap (faktor absorpsi = a) oleh dinding, plafon dan lantai. Faktor refleksi dinding (rw) dan faktor refleksi plafon (rp) merupakan bagian cahaya yang dipantulkan oleh dinding dan langit-langit / plafon yang kemudian mencapai bidang kerja. Faktor refleksi bidang kerja (rm) ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi dinding antara bidang kerja dan lantai secara umum, nilai $rm = 0,10$ (jika rm tidak diketahui, maka diambil nilai $rm 0,10$). Faktor refleksi dinding / langit-langit untuk warna :

- Warna Putih = 0,80
- Warna sangat muda = 0.70
- Warna muda = 0,50
- Warna sedang = 0.30
- Warna gelap = 0,10

b. Indeks Ruang

Rumus:

$$k = \frac{p.l}{t_b(p+l)}$$

Keterangan :

- p = Panjang ruangan (m)
- l = lebar ruangan (m)
- t_b = tinggi sumber cahaya diatas bidang kerja (m).

Indeks ruang dihitung berdasarkan dimensi ruangan yang akan diberi penerangan cahaya lampu. Nilai k hasil perhitungan digunakan untuk menentukan nilai efisiensi penerangan lampu. Bila nilai k angkanya tidak ada (tidak tepat) pada tabel, maka untuk menghitung efisiensi (kp) dengan interpolasi:

$$K_p = K_{p1} + \frac{K - K_1}{K_2 - K_1} (K_{p1} - K_{p2})$$

Bila nilai k lebih besar s, maka nilai kp yang diambil adalah $K = s$, sebab nilai K diatas s , nilai kp -nya hampir tak berubah lagi.

c. Faktor penyusutan/faktor depresiasi

Faktor penyusutan (Kd) menentukan hasil perhitungan intensitas penerangan. Hal ini disebabkan karena umur lampu; kotoran/debu; dinding yang sudah lama; adanya pengaruh akibat susut tegangan.

$$d = \frac{\text{Edalamkeadaandipakai}}{\text{Edalamkeadaanbaru}}$$

Untuk memperoleh efisiensi penerangan dalam keadaan dipakai, nilai yang didapat dari tabel, masih harus dikalikan dengan d . Faktor depresiasi ini dibagi menjadi tiga golongan utama yaitu :

- Pengotoran ringan (daerah yang hampir tidak berdebu)
- Pengotoran biasa
- Pengotoran berat (daerah banyak debu)

Efisiensi pencahayaan juga dipengaruhi oleh penempatan sumber cahaya pada ruangan dan umur lampu. Jika intensitas pencahayaan lampu menurun hingga 20% dibawahnya maka perlu diganti atau dibersihkan Oleh karena itu perlu strategi desain pencahayaan dengan memanfaatkan cahaya alam secara optimal. Desain pencahayaan yang optimal meliputi: optimasi kuantitas cahaya langit, menjaga kenyamanan visual dan menjaga kesejukan, serta menghemat energi (Harten P.Van, Setiawan E, 1985: 36-42)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif yang bersifat *ex post facto*. Dengan demikian ubahan yang ada tidak dikendalikan oleh peneliti tetapi berdasarkan data yang ada.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Laboratorium Laboratorim Elektronika dan Mikroprocessor Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako Palu

C. Teknik Pengumpulan Data

- Teknik wawancara yaitu melakukan atnya jawab dengan laboran laboratorium tersebut.
- Teknik Observasi yaitu melihat kondisi instalasi penerangan dan mengukur luasan laboratorium tersebut

D. Teknik Analisis Data

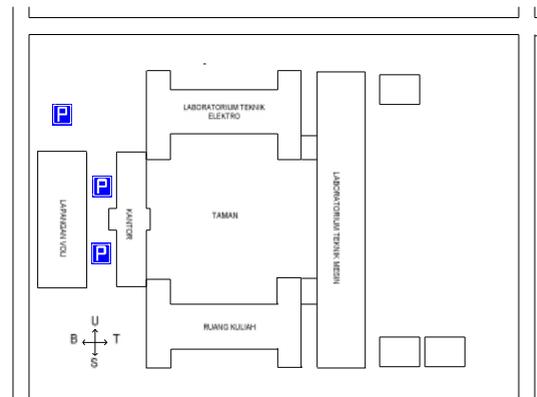
Adapun teknik analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menghitung intensitas cahaya di dalam laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor
- Menhitung biaya konsumsi energi
- Merancang ulang instalasi pencahayaan dengan memanfaatkan cahaya alam
- Menghitung intensitas cahaya setelah di optimasi dan menghitung biaya konsumsi energi
- Membandingkan intensitas cahaya sebelum dan sesudah instalasi pencahayaan di optimasi.

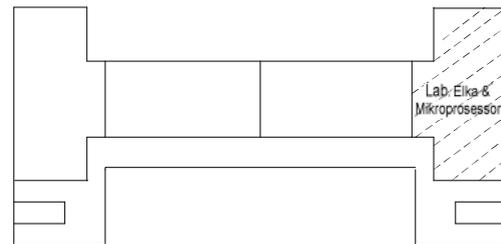
IV. PEMBAHASAN

A. Kondisi Laboratorium Teknik Elektro

Gedung Laboratorium Teknik Elektro terdiri dari 8 laboratorium. Salah satunya adalah Lab. Elektronika dan Mikroprocessor. Penggunaan laboratorium ini dimulai dari jam 08.00 sampai 15.00 wita. Tidak semua laboratorium mempunyai karakteristik yang baik untuk menerima cahaya matahari. Hanya ada 2 laboratorium yang mempunyai jendela menghadap ke timur yaitu Laboratorium Distribusi Tenaga Listrik yang berada di lantai satu dan Laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor dilantai dua. Laboratorium elektronika dan mikroprocessor dipilih karena lebih banyak menerima cahaya matahari. Dapat dilihat dari gambar berikut:



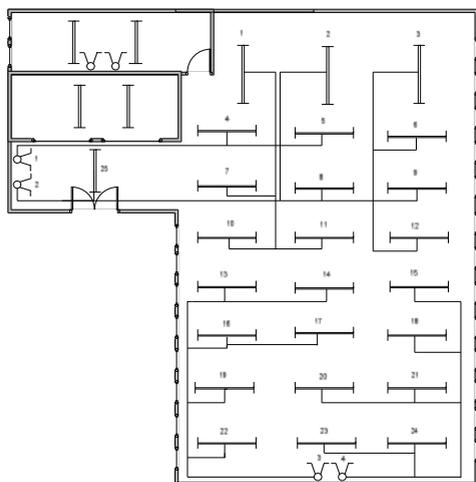
Gambar 2. Denah Jurusan T.Elektro dan Jurusan T. Mesin FATEK UNTAD



Gambar 3. Letak laboratorium elektronika di lantai 2

B. Instalasi Penerangan dan Stuktur Bangunan

Instalasi penerangan pada Laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor terdiri dari 50 buah lampu Fluoresen 40 W yang dibagi dalam 25 luminer, dipasang pada ketinggian 4 m dan diatur dengan 4 saklar seri. Saklar 1 mengatur lampu 1, 4, 5, 7, 10 dan 11, saklar 2 mengatur lampu 2, 3, 6, 8, 9, 12 dan 25, saklar 3 mengatur lampu 13, 14, 16, 17, 19 dan 22, sedangkan saklar 4 mengatur 15, 18, 20, 21, 23 dan 24.



Gambar 4. Instalasi Penerangan pada Lab. Elektronika dan Mikroprocessor

Selain sistem instalasi pencahayaan buatan, struktur ruangan juga berpengaruh terhadap pengoptimalan sistem pencahayaan seperti luas ruangan, besar jendela, bentuk ruangan dan bentuk jendela. Laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor mempunyai struktur ruangan yang baik, ini dapat dilihat dari ukuran jendela yang lebar sehingga memperbesar intensitas cahaya matahari yang masuk. Selain itu pemberian warna putih yang cerah pada dinding, langit-langit dan lantai menunjang refleksi cahaya dalam ruangan.

C. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya pada laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor tersaji pada tabel berikut:

Tabel 2. Intensitas cahaya pada Laboratorium Elektronika dan

Mikroprocessor pada jam 12.00 WITA

Kondisi	Saklar				E(lux)
	1	2	3	4	
1	Off	Off	Off	Off	239
2	Off	Off	Off	On	340
3	Off	Off	On	Off	312
4	Off	Off	On	On	445
5	Off	On	Off	Off	332
6	Off	On	Off	On	349
7	Off	On	On	Off	385
8	Off	On	On	On	440

9	On	Off	Off	Off	360
10	On	Off	Off	On	366
11	On	Off	On	Off	356
12	On	Off	On	On	432
13	On	On	Off	Off	332
14	On	On	Off	On	505
15	On	On	On	Off	569
16	On	On	On	On	680

Catatan: lux > 250, pencahayaan baik; lux <250, pencahayaan buruk; lux < 500, pencahayaan sangat baik dan lux > 500 berlebihan.

Pada tabel 2 terlihat pada saat lampu semuanya padam intensitas cahayanya 239 lux ini menandakan bahwa Palu disiang hari intensitas cahaya matahari cukup baik ditambah posisi jendela yang menghadap ke Timur sehingga tidak membutuhkan banyak pencahayaan buatan. Pada saat saklar 1 dan 2 dinyalakan hanya bagian utara ruangan yang intensitasnya baik demikian juga saat saklar 3 dan 4 dinyalakan hanya bagian selatan yang intensitasnya baik. Pada gambar 4 terlihat saklar 1 dan 2 melayani lampu di bagian utara sedangkan saklar 3 dan 4 melayani lampu bagian selatan.

D. Analisis Perhitungan Kondisi Sekarang

Tujuan dari perhitungan intensitas pencahayaan dilakukan untuk mendapatkan nilai sesungguhnya sesuai kondisi sekarang ini. Selanjutnya, hasil perhitungannya dapat digunakan sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran langsung untuk dicarikan alternatif solusi mendapatkan hasil yang optimal. Pertama dihitung indeks bentuk/ruangan untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan pencahayaan Laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor dengan menggunakan persamaan (5). Dari persamaan indeks ruangan diperoleh k adalah 1,905.

Berikutnya dihitung efisiensi pencahayaan, jika nilai k yang didapat tidak terdapat pada Tabel Efisiensi Penerangan maka efisiensi dapat ditentukan dengan interpolasi. Dari tabel Efisiensi Penerangan, dimana:

$$k = 1,5$$

$$K_p = 0,47$$

dan

$$k = 2$$

$$K_p = 0,52$$

maka untuk

$$k = 1,877$$

efisiensi pencahayaannya adalah:

$$K_p = 0,47 + \frac{1,905 - 1,5}{2 - 1,5} (0,52 - 0,47)$$

$$= 0,4295$$

Dari persamaan (2) dan persamaan (4) dapat ditentukan intensitas cahaya laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor. laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor dengan 25 buah lumener dimana tiap lumener terdiri dari 2 buah lampu fluoresen 40 Watt dimana tiap lampu memiliki intensitas cahaya 3000 lumen maka:

$$n = \frac{ExA}{\rho \times K_p \times d}$$

dimana:

$$n = \text{jumlah lumener ruangan}$$

$$d = 0,85 \text{ (pengotoran ringan)}$$

maka:

$$E = \frac{\rho \times K_p \times d \times n}{A}$$

$$= 273,81 \text{ Lux}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai intensitas pencahayaan 273,81 lux, nilai ini termasuk kategori intensitas pencahayaan baik.

Setelah diperoleh nilai intensitas pencahayaan ruang langkah berikutnya adalah menentukan biaya konsumsi energi listrik satu tahun. Data yang diperlukan dalam perhitungan adalah tarif daya listrik per kWh, pemakaian daya dalam 1 hari 1 jamnya, pemakaian dalam 22 hari kuliah, dan masa perkuliahan pertahunnya.

Jika diasumsikan masa aktif perkuliahan 8 bulan pertahunnya maka penggunaan energi listrik (kWh) adalah jumlah lampu dikali hari dikali jam pemakaian dikali daya lampu sebagai berikut:

$$\text{Energi listrik} = 50 \times (22 \times 8) \times 1 \times 40$$

$$= 352 \text{ kWh}$$

maka:

$$\text{Biaya} = \text{penggunaan energi listrik (kWh)} \times \text{biaya per kWh}$$

$$= 352 \times \text{Rp. 755}$$

$$= \text{Rp 265.760}$$

E. Optimasi Alternatif

Perancangan instalasi pencahayaan optimasi alternatif dilakukan dengan melakukan penambahan dua saklar sakelar yang berfungsi untuk pengelompokan titik-titik lampu sehingga sistem penyalan lampu terhadap sakelar diatur secara perkolom.

Pengelompokan titik-titik lampu yang dilakukan adalah lampu pada kolom 1 dihubungkan pada sakelar 1 dan 2, lampu pada kolom 2 dihubungkan pada sakelar 2 dan 4 dan lampu pada kolom 3 dihubungkan pada sakelar 5 dan 6. Sehingga pengaturan sistem instalasi pencahayaan dapat dilakukan sedemikian, jika saat intensitas pencahayaan pada kolom 1 kurang maka cukup sakelar 1 dan 2 yang diaktifkan, begitu juga jika pada kolom 2 dan 3 intensitas pencahayaannya kurang maka sakelar 3, 4 dan 5, 6 diaktifkan.

$$\text{Biaya konsumsi listrik selama 1 tahun}$$

$$\text{penggunaan energi listrik (kWh)} = \text{jumlah}$$

$$\text{lampu} \times \text{hari} \times \text{jam} \times \text{daya}$$

$$= 32 \times (22 \times 8) \times 1 \times 40$$

$$= 225,28 \text{ kWh}$$

$$\text{Biaya} = \text{penggunaan energi listrik (kWh)} \times$$

$$\text{biaya per kWh}$$

$$= 225,28 \times \text{Rp. 755}$$

$$= \text{Rp 170.086,4}$$

Tabel 3. Penggunaan daya listrik dan biaya konsumsi listrik

Intalasi	Jumlah lampu yang menyala	Konsumsi Energi (KWh)	Biaya (Rp)
Sebelum di optimasi	50	352	265.760
Sesudah di optimasi	32	225,28	170.086,4
Selisih			95.673,6

Dari tabel 3 dapat dilihat penghematan biaya konsumsi listrik mencapai Rp. 95.673,6 per jam atau 36%.

V. KESIMPULAN

Intensitas pencahayaan pada Laboratorium Elektronika dan Mikroprocessor adalah baik, hanya saja pemanfaatan cahaya matahari belum dipertimbangkan saat perancangan instalasi pencahayaan.

Pemanfaatan cahaya matahari untuk pencahayaan ruangan memberikan efisiensi pemakaian energi listrik untuk lampu dan mengurangi biaya konsumsi listrik hingga 36 persennya. Pemilihan lampu dan peletakan luminer sangat berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas cahaya yang diberikan pada bidang kerja. Peletakan luminer dianjurkan agar sejajar jendela sehingga efektifitas sebaran cahaya dari lampu lebih tinggi, dan bidang kerja yang dekat jendela dapat ditunjang oleh cahaya alam agar dapat menghemat biaya konsumsi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Harten P. Van, Setiawan, E, 1985, *Instalasi Listrik Arus Kuat, Jilid 2*, Percetakan Bina Cipta, Bandung
- Irianto, Chairul, 2006, *Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang Kuliah*, Jetri, Jakarta
- Muhaimin, 2001, *Teknologi Pencahayaan*, Refika Aditama, Malang
- Neidle, Michael, 1999, *Teknologi Instalasi Listrik*, Erlangga