

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Energi

Energi adalah suatu kemampuan yang dapat melakukan kerja atau usaha yang dapat diukur berdasarkan variabel waktu dan besar usaha yang telah dilakukan. Energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan tetapi dengan sifat fleksibel yang dimiliki oleh energi itu sendiri, maka dapat dikatakan energi dapat berpindah dan berubah bentuk. Oleh karena itu, banyak bentuk yang dimiliki oleh energi seperti energi bunyi, energi listrik, energi panas, energi kimia, energi mekanik, energi potensial, dan sebagainya. Satuan energi berdasarkan Satuan Internasional (SI) adalah joule, dilambangkan dengan J dan satuan energi lainnya adalah kWh, kalori, dan sebagainya (Riani, 2008).

Energi sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu bentuk energi yang sangat dibutuhkan yaitu energi listrik. Energi listrik adalah kemampuan yang dapat melakukan kerja yang akan menghasilkan listrik. Sebagai contoh dalam kehidupan sehari-hari yaitu kulkas, kipas angin, lampu, dan sebagainya. Upaya untuk pelaksanaan penghematan energi dapat dilakukan dengan (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No. 14, 2012) :

1. Sistem tata cahaya
2. Sistem tata udara
3. Proses produksi
4. Peralatan pendukung
5. Peralatan pemanfaat energi utama

### 2.2 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi atau yang disingkat dengan IKE merupakan salah satu parameter suatu bangunan atau gedung dapat dikatakan hemat tidaknya dalam pemakaian energi. Intensitas Konsumsi Energi juga merupakan perbandingan konsumsi energi dengan satuan luas suatu bangunan selama periode tertentu. Satuan

yang digunakan untuk Intensitas Konsumsi Energi adalah kWh/m<sup>2</sup> per bulan atau kWh/m<sup>2</sup> per tahun). Intensitas Konsumsi Energi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Septian, 2013) :

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas ruangan (m}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

Penelitian ASEAN USAID yang telah dilakukan pada tahun 1992 digunakan sebagai acuan untuk standar nilai IKE listrik namun laporan penelitian USEAN USAID dikeluarkan pada tahun 1992 yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada Jenis Gedung

No.	Klasifikasi Gedung	IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)
1	Perusahaan (Komersial)	240
2	Hotel/Apartemen	300
3	Pusat Perbelanjaan	330
4	Rumah Sakit	380

\*) Marzuki dan Rusman, 2012

Selain itu, penjelasan mengenai kriteria IKE untuk jenis gedung tertentu dijelaskan pada sumber lain yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

No.	Tipe Gedung	IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)
1	Gudang	195
2	Sekolah	195
3	Toko	195
4	Kantor	195
5	Pabrik	222
6	Hotel	361

\*) Vale, 1991

Beberapa istilah yang dapat digunakan dalam perhitungan Intensitas Konsumsi Energi listrik suatu bangunan, yaitu :

- a. Intensitas Konsumsi Energi per satuan luas ruang dari gedung yang disewakan (*net product*)
- b. Intensitas Konsumsi Energi listrik per satuan luas total gedung yang dikondisikan (*netto*)
- c. Intensitas Konsumsi Energi listrik per satuan luas kotor gedung. Luas kotor sama dengan luas total gedung yang memakai AC ditambah luas total gedung yang non AC.

Sedangkan nilai standar Intensitas Konsumsi Energi telah ditetapkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004 untuk bangunan di Indonesia yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Standar Intensitas Konsumsi Energi

No.	Kriteria	Ruang AC (kWh/m <sup>2</sup> per bulan)	Ruang Non AC (kWh/m <sup>2</sup> per bulan)
1	Sangat Efisien	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67
2	Efisien	7,92 – 12,08	1,67 – 2,5
3	Cukup Efisien	12,08 – 14,58	-
4	Agak Boros	14,58 – 19,17	-
5	Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
6	Sangat Boros	23,75 – 37,75	3,34 – 4,17

\*) Septian, 2013

### 2.3 Konservasi Energi Sistem Pencahayaan

Standardisasi pencahayaan untuk sebuah gedung bertujuan untuk mendapatkan pencahayaan optimal agar energi yang digunakan bisa lebih efisien tanpa fungsi gedung, produktivitas penghuni, dan kenyamanan diubah atau dikurangi. Sehingga, pencahayaan diatur sesuai kadar kebutuhan visual dibutuhkan. Sistem pencahayaan dirancang dan dibuat dengan cahaya matahari dimanfaatkan secara maksimal agar penggunaan energi listrik dapat diminimalisir untuk pencahayaan itu sendiri. Aspek-aspek pada sistem pencahayaan yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Pemakaian sumber
2. Pembatasan cahaya dalam tempat tertentu
3. Pemakaian sumber
4. Pemusatan atau pengarahannya pada tempat dimana cahaya diperlukan

Konsumsi listrik untuk sistem pencahayaan dinyatakan pada persamaan berikut (Marzuki, 2012) :

$$\text{Konsumsi listrik} = \text{daya lampu (W)} \times \text{durasi pemakaian (hours)} \quad (2.2)$$

Sistem pencahayaan pada gedung atau bangunan bergantung pada kualitas warna cahaya, termasuk kualitas warna lampu dan renderasi warna. Warna cahaya lampu dibagi menjadi sebagai berikut :

1. Kelompok 1 (< 3.300 K) yaitu warna putih kekuning-kuningan (*warm-white*)
2. Kelompok 2 (3.300 K – 5.300 K) yaitu warna putih netral (*cool-white*)
3. Kelompok 3 (5.300 K) yaitu warna putih (*daylight*)

Sehingga, pemilihan warna lampu bergantung pada tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. Semakin tinggi tingkat pencahayaan yg dibutuhkan, maka jenis lampu yang digunakan adalah *daylight*. Sedangkan semakin rendah tingkat pencahayaan yang dibutuhkan, maka jenis lampu yang digunakan adalah *warm white* (SNI, 2000).

Efek yang berbeda-beda kepada objek diberikan oleh lampu. Lampu dapat dikelompokkan berdasarkan renderasi warna. Renderasi warna dapat dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut (SNI, 2000) :

1. Renderasi warna (Ra indeks) 80 – 100% merupakan efek warna kelompok 1
2. Renderasi warna (Ra indeks) 60 – 80% merupakan efek warna kelompok 2
3. Renderasi warna (Ra indeks) 40-60% merupakan efek warna kelompok 3
4. Renderasi warna (Ra indeks) <40% merupakan efek warna kelompok 4

Tabel 2.4 Tingkat Pencahayaan dengan SNI

Ruang	Lux	Kelompok Renderasi Warna	Warna Cahaya Lampu		
			<i>Warm white</i>	<i>Cool white</i>	<i>Daylight</i>
<b>Ruang Perkantoran</b>					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		✓	✓
Ruang Kerja	350	1 atau 2		✓	✓
Ruang Komputer	350	1 atau 2		✓	✓
Ruang Rapat	300	1	✓	✓	
Ruang Gambar	750	1 atau 2		✓	✓
Gedung Arsip	150	1 atau 2		✓	✓
Ruang Arsip Aktif	300	1 atau 2		✓	✓
<b>Lembaga Pendidikan</b>					
Ruang Kelas	250	1 atau 2		✓	✓
Perpustakaan	300	1 atau 2		✓	✓
Laboratorium	500	1		✓	✓
Ruang Gambar	750	1		✓	✓



Ruang	Kelompok Lux Renderasi Warna	Warna Cahaya Lampu		
		Warm white	Cool white	Daylight
Kantin	200 1	✓	✓	

\*) SNI, 2000

Intensitas pencahayaan dapat diperoleh secara teoretis dengan persamaan berikut (Parera dkk, 2018) :

$$E = \frac{(F \times UF \times LLF) \times N}{A} \quad (2.3)$$

Dimana, F adalah *flux* total lampu dalam satu titik (lumen)

UF adalah *utility factor* (0,66)

LLF adalah faktor kehilangan cahaya (0,8)

N adalah jumlah lampu

A adalah luas ruangan (m<sup>2</sup>)

Pemilihan lampu juga perlu diperhatikan untuk pencahayaan. Berikut penjelasan mengenai beberapa jenis lampu

1. Lampu Pijar

Biasa disebut dengan lampu *incandecent*, lampu pertama yang diciptakan oleh Thomas Alva Edison. Lampu ini mengandalkan panas, sehingga lebih cepat terbakar dan tidak dapat digunakan lagi. Warna cahaya lampu pijar yaitu kuning.

2. Lampu *Fluorescent*

Biasa disebut dengan lampu neon. Pancaran cahaya yang dihasilkan lampu ini akan menyilaukan indera penglihatan, sehingga kurang sesuai untuk penerangan rumah.

3. Lampu HID

Pancaran yang sangat terang dihasilkan lampu HID dengan daya tahannya mampu mencapai hingga 20 ribu jam. Radiasi UV yang dipancarkan lampu jenis ini cukup besar sehingga dibutuhkan filter sebagai penyaring radiasi. Umumnya digunakan untuk area yang sangat luas.

4. Lampu LED

Lampu LED menyala jika dialiri listrik. Panas yang dihasilkan dari cahaya yang dipancarkan tidak berlebih seperti lampu pijar, sehingga lampu LED terasa

lebih dingin. Lampu jenis ini termasuk paling hemat energi dari jenis lampu lainnya.

## 2.4 Konservasi Energi Sistem Tata Udara

Sistem tata udara merupakan sistem dimana secara keseluruhan kerja yang dilakukan dengan pengendalian besaran termal (temperatur, kelembaban relatif) dan penyebaran serta kualitas udara agar kondisi termal dapat dikendalikan sehingga kondisi yang nyaman, segar, dan bersih dapat dimiliki oleh suatu ruangan. Tujuan yang dimiliki sistem tata udara juga untuk mengetahui efisiensi konsumsi energi pada peralatan penyejuk udara serta kelembaban dan suhu pada ruang dapat diketahui. Salah satu penyejuk udara yang sering ditemui yaitu *Air Conditioner* (AC) (SNI, 2001).

AC menjadi salah satu hal yang penting untuk kebutuhan pada ruang kerja. Sebelum itu, perlu diketahui faktor-faktor yang dapat dijadikan bahan pertimbangan agar kebutuhan PK AC pada suatu ruangan dapat ditentukan, diantaranya daya listrik yang digunakan (W), kapasitas pendingin (BTU/hr), dan PK kompresor AC. PK (*Paard Kracht*) merupakan satuan daya pada kompresor AC. Kebutuhan AC pada suatu ruangan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Kebutuhan AC} = \text{Luas Ruangan} \times \text{Koefisien per m}^2 \quad (2.4)$$

dimana, nilai koefisien per m<sup>2</sup> adalah 500 BTU/hr (Azmi, 2014). Mengenai kriteria kenyamanan, kenyamanan termal seseorang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

### 1. Temperatur

Untuk daerah tropis, daerah kenyamanan termal dapat dibagi menjadi

- a. Temperatur efektif yang berkisar antara 20,5°C – 22,8°C dapat dikatakan sejuk nyaman,
- b. Temperatur efektif yang berkisar antara 22,8°C – 25,8°C dapat dikatakan nyaman optimal,
- c. Temperatur efektif yang berkisar antara 25,8°C - 27,1°C dapat dikatakan hangat nyaman

2. Kelembaban

Untuk daerah tropis, kelembaban udara yang dianjurkan berkisar antara 40% - 50%, namun kelembaban udara yang berkisar antara 55% - 60% dapat dianjurkan untuk ruangan yang padat dengan orang.

3. Pergerakan Udara (Kecepatan Udara)

Pergerakan udara tidak diperbolehkan lebih besar dari 0,25 m/s untuk jatuh diatas kepala dan sebaiknya untuk mempertahankan kondisi nyaman dianjurkan lebih kecil dari 0,15 m/s (SNI, 2001).

Dalam sistem tata udara terdapat beban pendinginan luar dan beban pendinginan dalam, dimana beban pendinginan luar terdiri dari kaca, lantai, dinding, dan atap. Dalam perhitungan beban pendinginan terdapat koefisien perpindahan kalor ( $U$ ) yang dapat diketahui melalui nilai konduktivitas termal bahan. Perhitungan beban pendinginan luar dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Ridhuan dan Rifai, 2013) :

a. Kaca

$$Q_{kaca} = U_{kaca} \times A_{kaca} \times \Delta T \quad (2.5)$$

Dimana,  $U_{kaca}$  adalah koefisien perpindahan kalor ( $\frac{W}{m^2} \cdot K$ )

$A_{kaca}$  adalah luas permukaan kaca ( $m^2$ )

$\Delta T$  adalah perbedaan temperatur (K)

b. Lantai

$$Q_{lantai} = U_{lantai} \times A_{lantai} \times \Delta T \quad (2.6)$$

Dimana,  $U_{lantai}$  adalah koefisien perpindahan kalor ( $\frac{W}{m^2} \cdot K$ )

$A_{lantai}$  adalah luas permukaan lantai ( $m^2$ )

$\Delta T$  adalah perbedaan temperatur (K).

c. Dinding

$$Q_{dinding} = U_{dinding} \times A_{dinding} \times \Delta T \quad (2.7)$$

Dimana,  $U_{dinding}$  adalah koefisien perpindahan kalor ( $\frac{W}{m^2} \cdot K$ )

$A_{dinding}$  adalah luas permukaan dinding ( $m^2$ )

$\Delta T$  adalah perbedaan temperatur (K).

www.itk.ac.id

d. Atap

$$Q_{atap} = U_{atap} \times A_{atap} \times \Delta T \quad (2.8)$$

Dimana,  $U_{atap}$  adalah koefisien perpindahan kalor ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )

$A_{atap}$  adalah luas permukaan atap ( $m^2$ )

$\Delta T$  adalah perbedaan temperatur (K).

Dari persamaan diatas, maka didapatkan total besar beban pendinginan luar dengan persamaan berikut :

$$Q_{total\ pendinginan\ luar} = Q_{dinding} + Q_{kaca} + Q_{atap} + Q_{lantai} \quad (2.9)$$

Selanjutnya, untuk beban pendinginan dalam terdiri dari beban kalor lampu, kalor orang, dan kalor peralatan dalam ruangan tersebut. Berikut adalah persamaan untuk beban pendinginan dalam.

a. Orang

$$Q_{orang} = Z \times N_0 \times CLFP \quad (2.10)$$

Dimana,  $Z$  adalah kalor *sensible*

$N_0$  adalah kapasitas

$CLFP$  adalah faktor kelompok.

b. Lampu

$$Q_{lampu} = Daya\ lampu \times Jumlah\ lampu \quad (2.11)$$

c. Peralatan

$$Q_{peralatan} = Daya\ peralatan\ 1 + \dots + Daya\ peralatan\ n \quad (2.12)$$

Dari persamaan diatas, maka didapatkan total besar beban pendinginan dalam dengan persamaan berikut

$$Q_{total\ pendinginan\ dalam} = Q_{lampu} + Q_{orang} + Q_{peralatan} \quad (2.13)$$

Untuk mendapatkan beban pendinginan total, maka digunakan persamaan berikut

$$Q_{total} = Q_{total\ pendinginan\ luar} + Q_{total\ pendinginan\ dalam} \quad (2.14)$$



Adapun ketetapan kapasitas AC yang dapat ditentukan dengan beban pendingin disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Ketetapan Kapasitas AC

Kapasitas AC (PK)	Setara dengan (BTU/hr)
½	5000-6000
¾	7000-8000
1	9000-11000
1,5	12000-17000
2	18000-23000
2,5	24000-26000
3	27000-44000
5	45000

\*) Azmi, 2014

## 2.5 Peluang Hemat Energi

Intensitas Konsumsi Energi standar akan dibandingkan dengan Intensitas Konsumsi Energi dari hasil perhitungan. Jika Intensitas Konsumsi Energi dari hasil perhitungan ternyata kurang dari Intensitas Konsumsi Energi standar, maka kegiatan evaluasi kebutuhan energi dapat dihentikan dan jika dilanjutkan maka Intensitas Konsumsi Energi yang diperoleh akan lebih rendah. Sebaliknya, jika Intensitas Konsumsi Energi dari hasil perhitungan lebih dari Intensitas Konsumsi Energi standar, maka ada peluang evaluasi kebutuhan energi dapat dilanjutkan agar penghematan energi bisa didapatkan. Sehingga, analisa peluang hemat energi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Septian, 2013) :

1. Energi yang digunakan dapat diminimalisir dengan daya yang digunakan dan jam operasi dikurangi.
2. Sumber energi yang murah dipakai.
3. Kinerja peralatan diperbaiki.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan rangkuman hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Variabel	Hasil
1	Toto dkk, -	Intensitas Konsumsi Energi Gedung Laboratorium dan Bengkel di FT UNY : Sebuah Kajian Awal Menuju Standarisasi.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jumlah laboratorium dan bengkel.</li> <li>2. Jadwal penggunaan ruangan laboratorium dan bengkel.</li> <li>3. Spesifikasi peralatan yang tersedia di laboratorium dan bengkel.</li> <li>4. Jenis peralatan yang digunakan di setiap laboratorium dan bengkel.</li> <li>5. Perhitungan nilai IKE untuk setiap gedung laboratorium dan bengkel.</li> </ol>	<p>Nilai IKE gedung laboratorium dan bengkel di setiap jurusan FT UNY berdasarkan biaya energi listrik yang digunakan oleh setiap mahasiswa dalam satu bulan. Hasil analisis nilai IKE yang paling tinggi yaitu pada gedung laboratorium dan bengkel di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin sebesar 100,27 kWh/orang/bulan dan nilai IKE yang paling rendah yaitu pada gedung laboratorium dan bengkel di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro sebesar 1,78/orang/bulan.</p>
2	Miftahul dan Ary, 2013	Evaluasi Kebutuhan Energi pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan Untuk Ruang Laboratorium Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beban pendinginan untuk seluruh ruangan laboratorium.</li> <li>2. Biaya investasi dan penghematan pergantian R22 dengan MC22.</li> <li>3. Perhitungan intensitas penerangan.</li> <li>4. Jumlah lampu dan armatur.</li> <li>5. Biaya investasi dan penghematan pergantian</li> </ol>	<p>Kapasitas AC yang masih kurang dari beban pendingin adalah ruang laboratorium. Setelah dilakukan penghematan untuk beban pendingin, maka didapatkan peluang penghematan energi yaitu dengan <i>refrigerant</i> R22 diganti dengan <i>musicool</i> MC22. Pada sistem penerangan, setelah dilakukan perhitungan intensitas penerangan diperoleh hasil yang sudah</p>

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Variabel	Hasil
			lampu TL-D dengan LED.	sesuai. Rekomendasi standar penerangan
			6. Perhitungan <i>Net Present Value</i> .	sesuai SNI yaitu dengan jumlah lampu ditambah.
			7. Perhitungan <i>payback period</i> .	Penghematan pada sistem penerangan yaitu lampu TL diganti dengan lampu LED dengan daya yang dihemat mencapai 30,11% dan NPV mencapai Rp 9.764.676,00 serta <i>payback period</i> yaitu 3 tahun 11 bulan.
3	Hanifan dkk, 2015	Studi Evaluasi Sistem Pengkondisian Udara di Jurusan Teknik Elektro Kampus Bukit Jimbaran Dengan Menggunakan <i>Software</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Data besar daya listrik dan waktu operasi untuk sistem pendinginan.</li> <li>2. Perhitungan beban pendinginan.</li> <li>3. Perhitungan masing-masing kapasitas AC pada ruangan.</li> <li>4. Perbandingan kapasitas AC hasil perhitungan dengan yang telah terpasang.</li> <li>5. Perhitungan konsumsi daya listrik sistem pendinginan dengan waktu operasi yang digunakan dan yang direncanakan.</li> <li>6. Evaluasi waktu operasi AC</li> </ol>	<p>Kapasitas AC yang terpasang pada bangunan jurusan teknik elektro tidak sesuai dengan hasil perhitungan kapasitas AC dengan perhitungan beban pendingin tiap ruangan. Hal itu disebabkan karena penambahan kalor dari dalam dan luar ruangan belum diperhitungkan dalam perhitungan kapasitas AC yang terpasang. Evaluasi waktu operasi AC pada gedung DH jurusan teknik elektro yaitu sebelum evaluasi, penggunaan AC selama 8 jam dalam 7 hari dibatasi menjadi 8 jam dalam 5 hari sehingga konsumsi energi listrik dapat</p>



No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Variabel	Hasil
4	Liklikwatil dan Ngadiyono, 2015	Analisis Konsumsi Energi Listrik Pencahayaan pada Ruang Kelas dan Laboratorium Berdasarkan Intensitas Penerangan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengukuran intensitas penerangan.</li> <li>2. Jumlah lampu pada ruangan.</li> <li>3. Analisis konsumsi energi listrik.</li> <li>4. Perbandingan kebutuhan energi pada sistem penerangan.</li> </ol> Perhitungan biaya penggunaan energi listrik penerangan.	dikurangi sebesar 580,34 kWh/minggu. Perencanaan yang tidak tepat pada sistem pencahayaan untuk ruang kelas dan laboratorium karena adanya selisih jumlah lampu kondisi terpasang dengan jumlah lampu hasil perhitungan yang cukup banyak. Konsumsi energi listrik dapat dihemat sebesar 37% atau 929 kWh/minggu dengan instalasi penerangan sesuai standar pada pengoperasian sistem pencahayaan sesuai jadwal perkuliahan. Intensitas penerangan rata-rata untuk ruang kelas dan laboratorium masing-masing yaitu 93% dan 58% dari standar yang disyaratkan yaitu rata-rata untuk ruang kelas dan laboratorium masing-masing yaitu 223 lux dan 290 lux. Tidak adanya jadwal perawatan berkala sehingga ditemukan beberapa lampu dalam kondisi rusak sehingga pencahayaan tidak dapat digunakan secara maksimal.
5	Parera dkk, 2018	Pengaruh Intensitas Penerangan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengukuran intensitas penerangan.</li> </ol>	Intensitas penerangan (E) sebesar 183,82 lux dengan pendinginan



No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Variabel	Hasil
		pada Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Elektro	2. Pengukuran dilakukan pada jam 09.00, 12.00, dan 15.00. 3. <i>Lux meter</i> di-setting pada range 2000. 4. Perhitungan lumen dari kondisi <i>existing</i> dan sesuai SNI.	dengan luas ruangan 118,80 m <sup>2</sup> . Intensitas penerangan yang berkisar antara 20,85 – 85,44 lux tidak sesuai standar yang telah dianjurkan maka perlu dilakukan penambahan jumlah lampu untuk penerangan ruang laboratorium. Intensitas penerangan (E) tidak dipengaruhi oleh luas ruangan, tetapi dapat dipengaruhi oleh cuaca mendung dan cahaya matahari dari luar ruangan.

