

# Evaluasi Pencahayaan dan Pengkondisi Udara pada Ruang Laboratorium Komputer di Politeknik ATMI Surakarta

Hoedi Prasetyo<sup>\*1</sup>, Chatarina Adjeng Aprilliasari<sup>2</sup>, Gregorius Michael Suryajaya<sup>3</sup>,  
Marcelinus Christian Adi Pramudita<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Adisucipto / Jl. Mojo No.1, Karangasem, Laweyan, Surakarta, 57145  
Email: hoedi.prasetyo@atmi.ac.id<sup>1</sup>, adjeng.aprilliasari@atmi.ac.id<sup>2</sup>,  
gregorius.20172025@student.atmi.ac.id<sup>3</sup>, marcelinus.20172040@student.atmi.ac.id<sup>4</sup>

DOI: 10.20961/performa.19.2.46281

---

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi pencahayaan dan pengkondisi udara pada ruang laboratorium komputer di Politeknik ATMI Surakarta dengan latar belakang adanya keluhan dari mahasiswa terkait kenyamanan visual dan termal saat beraktivitas di dalam ruangan. Metode evaluasi pencahayaan berdasar SNI 6197: 2011 sedangkan evaluasi pengkondisi udara dilakukan dengan metode perhitungan beban pendinginan CLTD/CLF/SCL. Tingkat pencahayaan yang diperlukan sesuai standar adalah 500 lux dan beban pendinginan ideal sebesar 45.554 BTU/jam. Hasil evaluasi menyatakan bahwa tingkat pencahayaan ruangan masih belum memenuhi standar yaitu hanya sebesar 120 lux dan kapasitas unit pendingin udara yang terpasang lebih kecil dari beban pendinginan yang diperlukan yaitu hanya sebesar 36.600 BTU/jam. Penelitian ini merekomendasikan untuk mengganti tipe lampu dengan spesifikasi 2500 lumen dan menambah jumlahnya menjadi 34 lampu. Penelitian ini juga merekomendasikan untuk mengganti unit pendingin udara terpasang yang berkapasitas 12.000 BTU/jam dengan unit pendingin udara lain yang berkapasitas 24.600 BTU/jam.

**Kata kunci:** kenyamanan visual, kenyamanan termal, pencahayaan, pengkondisi udara

## Abstract

This study aims to evaluate the quality of lighting and air conditioning in a computer laboratory located at Politeknik ATMI Surakarta. The mentioned laboratory gets complaints from the students regarding the visual and thermal comfort. The lighting evaluation refers to SNI 6197: 2011 while the air conditioning evaluation utilizes the CLTD / CLF / SCL cooling load calculation method. The required lighting level according to the standard is 500 lux and the ideal cooling load is 45,554 BTU / hour. The evaluation results show that the current lighting level is 120 lux. It does not meet the standard. The cooling capacity of the installed air conditioning unit is 36,600 BTU / hour. It is smaller than the standard requirement. This study recommends substituting the installed lamp with a 2500 lumens lamp and increasing the number to 34 lamps. This study also recommends substituting the installed air conditioning unit with the new one having a capacity of 24,600 BTU / hr.

**Keywords:** visual comfort, thermal comfort, lighting, air conditioning

---

## 1. Pendahuluan

Suatu ruangan perlu memperhatikan aspek pencahayaan. Cahaya diperlukan oleh manusia agar dapat melihat obyek yang ada di sekitarnya dengan jelas. Pencahayaan di suatu ruangan perlu dirancang dengan tepat agar tercipta kenyamanan visual bagi penghuni atau pengguna ruangan (Fies dan Mathers, 2009). Pencahayaan tidak hanya berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan pengguna ruangan namun juga dapat berdampak pada keselamatan kerja. Kualitas pencahayaan yang buruk dapat menyebabkan mata lelah, mengantuk, nyeri pada bagian leher (Rahmayanti dan Artha, 2016), dan penurunan kinerja karyawan di area perkantoran (Biantoro, 2017).

Selain aspek pencahayaan, suatu ruangan juga perlu memperhatikan aspek kenyamanan termal. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2001), kenyamanan termal adalah hasil pengolahan udara dengan mengendalikan suhu, kelembaban, kebersihan, dan distribusi untuk

---

<sup>\*</sup>Corresponding author

memberi kenyamanan bagi penghuni ruangan. Kenyamanan termal dapat dicapai dengan penggunaan unit pendingin ruangan (*air conditioner*). Unit pendingin ruangan memerlukan daya listrik yang relatif besar. Penelitian yang dilakukan oleh Budiman (2019) dan Renaldi *et al.* (2019) menyatakan bahwa konsumsi energi listrik di gedung perkantoran sebagian besar digunakan untuk pendingin ruangan. Penggunaan pendingin ruangan perlu dirancang dengan tepat untuk menghindari pemborosan energi listrik. Penelitian yang dilakukan oleh Biantoro dan Permana (2017) menyatakan bahwa selain mengakibatkan pemborosan energi, kesalahan dalam merancang pendingin ruangan juga berpotensi menurunkan kinerja karyawan.

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi terhadap pencahayaan dan pengkondisi udara pada ruang laboratorium komputer di Politeknik ATMI Surakarta. Latar belakang penelitian ini adalah adanya keluhan dari beberapa mahasiswa yang merasa kurang nyaman dengan kondisi pencahayaan dan udara saat menjalankan aktivitas di ruang laboratorium. Kondisi tersebut mengganggu kenyamanan serta konsentrasi mahasiswa saat melakukan kegiatan perkuliahan di dalam ruangan. Penelitian ini diperlukan untuk membantu pihak pengelola ruang laboratorium dalam melakukan perbaikan terhadap pencahayaan dan pengkondisi udara sehingga dapat meningkatkan kenyamanan mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan di ruang tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Evaluasi pencahayaan pada penelitian ini menggunakan metode komparatif dengan acuan SNI 6197: 2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Komponen pencahayaan yang dievaluasi meliputi: (1) tingkat pencahayaan, (2) renderasi warna, (3) temperatur warna, dan (4) beban pencahayaan terpasang. Evaluasi tingkat pencahayaan dilakukan melalui pengukuran tingkat pencahayaan rata-rata ruangan menggunakan alat *light meter*. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan tingkat pencahayaan rata-rata standar. Evaluasi renderasi warna dan temperatur warna dilakukan melalui pengamatan terhadap spesifikasi lampu yang terpasang. Hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan nilai standar. Evaluasi terhadap beban pencahayaan terpasang dilakukan melalui perhitungan total daya listrik lampu yang terpasang dibagi dengan luas area kemudian dibandingkan dengan nilai standar. Hasil evaluasi selanjutnya digunakan untuk menyusun usulan perbaikan melalui perhitungan jumlah lampu. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N_{lampu} = E.A / (F.Kp) \quad (1)$$

Peubah  $E$  adalah tingkat pencahayaan standar,  $F$  adalah nilai lumen lampu yang digunakan,  $A$  adalah luas area pencahayaan, dan  $Kp$  adalah koefisien pemakaian.

Evaluasi pengkondisi udara pada penelitian ini dilakukan melalui perhitungan beban pendinginan dengan metode CLTD/CLF/SCL yang direkomendasikan oleh ASHRAE (Bhatia, 2013). Metode CLTD/CLF/SCL menghitung beban pendinginan dalam satuan BTU/jam berdasar dua komponen utama, yaitu beban pendinginan eksternal ( $Q_{eks}$ ) dan internal ( $Q_{int}$ ) seperti yang ditunjukkan rumus (2).

$$\text{Beban Pendinginan} = Q_{eks} + Q_{int} \quad (2)$$

Beban pendinginan eksternal merupakan hasil penjumlahan nilai dari konduksi panas melalui dinding ( $Q_{dinding}$ ), partisi ( $Q_{partisi}$ ), langit-langit ( $Q_{langit2}$ ), lantai ( $Q_{lantai}$ ), kaca ( $Q_{kaca}$ ), dan radiasi matahari yang langsung melewati kaca ( $Q_{rad}$ ) seperti yang ditunjukkan rumus (3) berikut:

$$Q_{eks} = Q_{dinding} + Q_{partisi} + Q_{langit2} + Q_{lantai} + Q_{kaca} + Q_{rad} \quad (3)$$

Nilai  $Q_{dinding}$  didapatkan dari rumus (4) dengan  $U_{dinding}$  adalah koefisien transfer kalor dinding yang langsung mendapat paparan sinar matahari (BTU/ (jam ft<sup>2</sup> F),  $A_{dinding}$  adalah luas area dinding (ft<sup>2</sup>), dan  $CLTDc$  adalah nilai perbedaan suhu beban pendinginan yang telah dikoreksi

(F). Nilai  $Q_{kaca}$  dapat dihitung dengan rumus (4) namun dengan penyesuaian nilai koefisien untuk konstruksi kaca.

$$Q_{dinding} = U_{dinding} \cdot A_{dinding} \cdot CLTDc \quad (4)$$

Nilai  $Q_{partisi}$  didapatkan dari rumus (5) dengan  $U_{partisi}$  adalah koefisien transfer kalor dinding partisi (BTU/ (jam ft<sup>2</sup> F),  $A_{partisi}$  adalah luas area partisi (ft<sup>2</sup>),  $T_{luar}$  adalah suhu luar ruangan (F), dan  $T_{dalam}$  adalah suhu di dalam ruangan (F). Nilai  $Q_{langit2}$  dan  $Q_{lantai}$  dapat dihitung dengan rumus (5) namun dengan penyesuaian nilai koefisien untuk konstruksi langit-langit dan lantai.

$$Q_{partisi} = U_{partisi} \cdot A_{partisi} \cdot (T_{luar} - T_{dalam}) \quad (5)$$

Nilai  $Q_{rad}$  didapatkan dari rumus (6) dengan  $A_{kaca}$  adalah luas area kaca yang mendapat penyinaran matahari secara langsung,  $SC$  adalah koefisien peneduh, dan  $SCL$  adalah faktor beban pendinginan matahari.

$$Q_{rad} = A_{kaca} \cdot SC \cdot SCL \quad (6)$$

Beban pendinginan internal terdiri dari panas yang dihasilkan oleh manusia penghuni ruangan ( $Q_{manusia}$ ), lampu ( $Q_{lampu}$ ), alat listrik ( $Q_{alat}$ ), dan infiltrasi udara ( $Q_{infiltrasi}$ ) seperti yang ditunjukkan rumus (7) berikut:

$$Q_{int} = Q_{manusia} + Q_{lampu} + Q_{alat} + Q_{infiltrasi} \quad (7)$$

Nilai  $Q_{manusia}$  didapatkan dari rumus (8) dengan  $N$  adalah jumlah rata-rata penghuni ruangan,  $Q_s$  adalah koefisien panas *sensible*,  $Q_l$  adalah koefisien panas laten.

$$Q_{manusia} = N \cdot (Q_s + Q_l) \quad (8)$$

Nilai  $Q_{lampu}$  didapatkan dari rumus (9) dengan  $W_{lampu}$  adalah total daya lampu dan  $Fb$  adalah faktor rangkaian pengendali lampu.

$$Q_{lampu} = 3,41 \cdot W_{lampu} \cdot Fb \quad (9)$$

Nilai  $Q_{alat}$  didapatkan dari rumus (10) dengan  $W_{alat}$  adalah rata-rata total daya alat listrik.

$$Q_{alat} = 3,41 \cdot W_{alat} \quad (10)$$

Nilai  $Q_{infiltrasi}$  didapatkan dari rumus (11) dengan CFM adalah laju infiltrasi udara,  $h_o$  dan  $h_i$  adalah entalpi udara luar dan dalam ruangan.

$$Q_{infiltrasi} = 4,5 \cdot CFM \cdot (h_o - h_i) \quad (11)$$

Hasil perhitungan beban pendinginan kemudian dibandingkan dengan kapasitas unit pendingin udara yang terpasang di ruang laboratorium. Jika nilai kapasitas pendingin udara yang terpasang lebih kecil dari hasil perhitungan beban pendinginan, maka perlu disusun rekomendasi baik untuk menambah atau mengganti unit pendingin udara.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasar hasil observasi, ruang laboratorium komputer di Politeknik ATMI Surakarta digunakan rata-rata selama 4 jam dalam satu hari dengan kapasitas jumlah penghuni sebanyak 26 orang. Ruangannya berada di lantai pertama dan di atasnya terdapat ruangan yang lain. Ruangannya ini memiliki dimensi panjang 40,03 ft, lebar 20,34 ft, dan tinggi 11,15 ft. Ruangannya terdiri dari 4 dinding, yaitu dinding utara, dinding selatan, dinding timur dan dinding barat. Seluruh dinding terbuat dari batu bata dan plester semen dengan ketebalan kurang lebih 4 inci. Hanya dinding selatan yang terkena paparan sinar matahari langsung, sedangkan yang dinding lainnya tidak terkena paparan sinar matahari. Bagian langit-langit terbuat dari cor beton dengan plafon berupa

lembaran plat logam. Lantai terbuat dari cor semen dan keramik. Kondisi interior ruangan dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kondisi interior ruangan

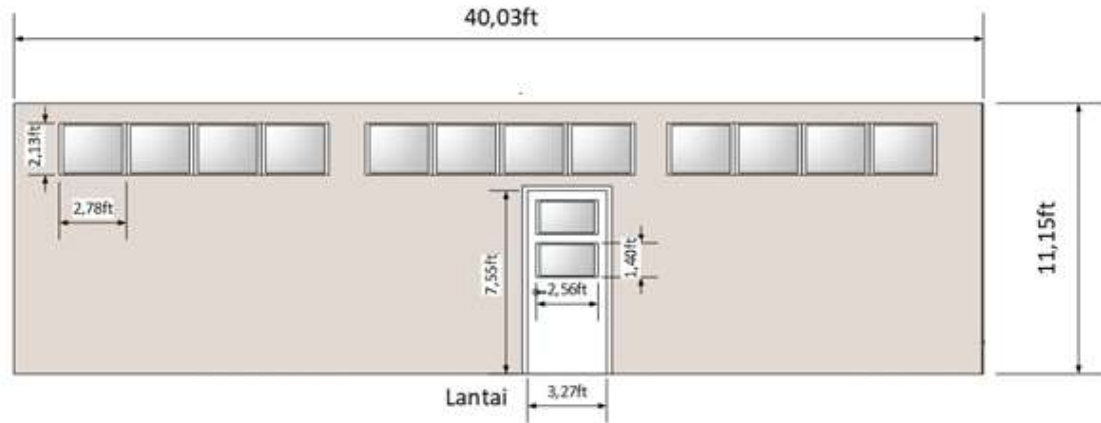
Lampu yang digunakan di ruang laboratorium komputer adalah tipe lampu tabung *gas discharge* dengan daya 36 watt, nilai arus cahaya 2250 lumen, temperatur warna 6500 K, dan renderasi warna 82%. Jumlah lampu yang terpasang sebanyak 11 buah. Berdasar SNI 6197: 2011, standar tingkat pencahayaan untuk ruang praktik komputer di lembaga pendidikan adalah sebesar 500 lux, dengan temperatur warna lebih dari 3300 K, renderasi warna di atas 61%, dan beban pencahayaan maksimal 12 W/m<sup>2</sup>. Menurut Tabel 1, dari empat komponen pencahayaan yang dievaluasi, hanya tingkat pencahayaan yang masih belum memenuhi standar. Pengukuran tingkat pencahayaan dengan menggunakan *light meter* menghasilkan nilai rata-rata hanya sebesar 120 lux. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan di ruang laboratorium komputer berada jauh di bawah standar sehingga berpotensi menyebabkan gangguan kenyamanan visual. Hasil ini juga dibuktikan dengan adanya keluhan dari mahasiswa selama beraktivitas menggunakan ruangan tersebut.

**Tabel 1.** Hasil Evaluasi Pencahayaan

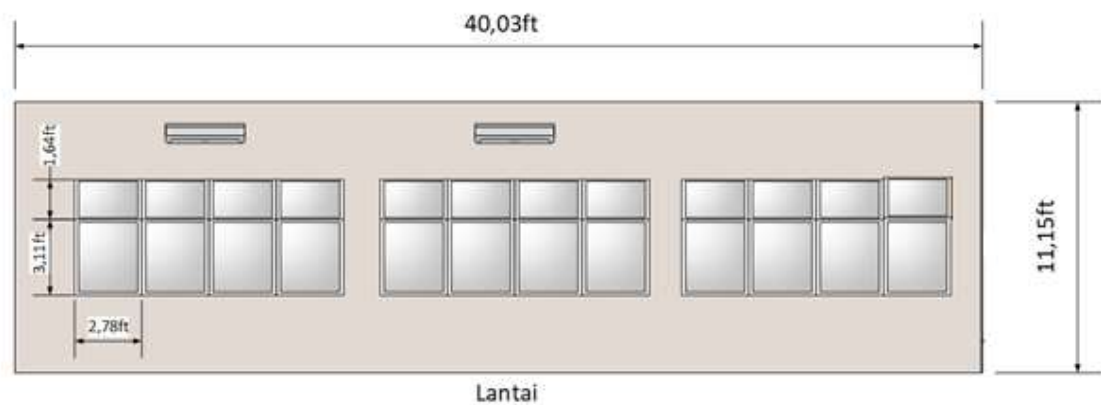
Komponen Evaluasi	SNI 6197: 2011	Kondisi Nyata
Tingkat Pencahayaan	500 lux	120 lux
Renderasi Warna	>61%	82%
Temperatur Warna	>3300K	6500K
Beban Pencahayaan	12 W/m <sup>2</sup>	5,2 W/m <sup>2</sup>

Berdasar hasil evaluasi pencahayaan, perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti dan menambah jumlah lampu. Penelitian ini merekomendasikan untuk mengganti lampu yang terpasang dengan tipe lampu tabung LED *cool daylight* berdaya 15,5 watt dan nilai arus cahaya 2500 lumen. Jumlah lampu dapat dihitung menggunakan rumus (1) dengan nilai  $E=500$  lux,  $A=75,64$  m<sup>2</sup>,  $F=2500$  lumen, dan  $Kp = 0,44$  sehingga didapatkan jumlah lampu sebanyak 34 buah. Rekomendasi tersebut jika diterapkan akan menghasilkan tingkat pencahayaan 500 lux dengan nilai beban pencahayaan 6,8 W/m<sup>2</sup>. Berdasar Tabel 1, hasil tersebut telah sesuai dengan SNI.

Perhitungan beban pendinginan dimulai dengan identifikasi bentuk konstruksi ruangan. Bentuk dinding sebelah utara ditunjukkan pada Gambar 2. Dinding utara memiliki 12 jendela kaca tipe *single clear glass* dan satu pintu kayu dengan ornamen kaca pada separuh bagian atas.



Gambar 2. Dinding utara



Gambar 3. Dinding selatan

Bentuk dinding sebelah selatan ditunjukkan pada Gambar 3. Dinding selatan memiliki 12 jendela kaca tipe *single clear glass* yang dapat dibuka dan ditutup serta terpasang 2 buah unit pendingin udara. Sedangkan dinding sebelah timur dan barat tidak memiliki jendela. Rekapitulasi data konstruksi ruangan dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi data konstruksi ruangan

Komponen Ruangan	Luas (ft <sup>2</sup> )	Bahan	Koefisien transfer kalor (BTU/jam/ft <sup>2</sup> /°F)	Parameter Rumus
Dinding selatan (terpapar sinar matahari)	287,29	batu bata dengan plester semen	0,415	$CLTD_c = 24$
Dinding utara (dianggap partisi karena tidak terpapar sinar matahari)	350,37	batu bata dengan plester semen	0,415	$T_{luar} = 89\text{ }^{\circ}\text{F}$ $T_{dalam} = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$
Dinding timur (partisi dengan ruang lain)	226,9	batu bata dengan plester semen	0,415	$T_{luar} = 82\text{ }^{\circ}\text{F}$ $T_{dalam} = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$
Dinding barat (dianggap partisi karena tidak terpapar sinar matahari)	226,9	batu bata dengan plester semen	0,415	$T_{luar} = 89\text{ }^{\circ}\text{F}$ $T_{dalam} = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$

Komponen Ruang	Luas (ft <sup>2</sup> )	Bahan	Koefisien transfer kalor (BTU/jam/ft <sup>2</sup> /°F)	Parameter Rumus
Lantai	814,18	cor semen dengan keramik	0,59	$T_{luar} = 89\text{ }^{\circ}\text{F}$ $T_{dalam} = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$
Langit-langit (dianggap partisi karena tidak terpapar sinar matahari)	814,18	cor beton dengan langit-langit	0,33	$T_{luar} = 82\text{ }^{\circ}\text{F}$ $T_{dalam} = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$
Kaca jendela sebelah utara (sinar matahari tidak masuk)	78,59	single clear glass dengan kusen kayu	0,98	$CLTD_c = 17$
Kaca jendela sebelah selatan (sinar matahari masuk)	159,20	single clear glass dengan kusen kayu	0,98	$CLTD_c = 17$ $SC = 0,94$ $CLF = 28$

Beban pendinginan dihitung berdasarkan asumsi suhu ruangan sebesar 77 °F (25 °C) pada bulan Januari, pukul 13.00 WIB untuk area pulau Jawa. Suhu di luar ruangan diasumsikan sebesar 89 °F (32 °C) dan suhu ruangan lain yang bersebelahan dengan ruangan yang dihitung diasumsikan sebesar 82 °F (28 °C). Berdasar rumus (4), (5), dan (6), dapat dihitung nilai  $Q_{dinding} = 2.861,4$  BTU/jam,  $Q_{kaca} = 3.961,6$  BTU/jam,  $Q_{partisi} = 10.453,4$  BTU/jam, dan  $Q_{rad} = 4.190,1$  BTU/jam. Nilai  $Q_{eks}$  selanjutnya dapat dihitung menggunakan rumus (3) yaitu sebesar 18.605,1 BTU/jam.

Nilai koefisien panas *sensible* ditentukan sebesar 250 BTU/jam dan nilai koefisien panas laten sebesar 200 BTU/jam (ASHRAE, 2009) sehingga nilai  $Q_{manusia}$  dapat dihitung menggunakan rumus (8) yaitu sebesar 11.700 BTU/jam. Lampu yang terpasang memiliki total daya 396 watt. Berdasar rumus (9) didapat nilai  $Q_{lampu} = 1.350,4$  BTU/jam dengan mengabaikan konsumsi daya rangkaian pengendali karena diasumsikan sangat kecil ( $F_b = 1$ ). Laboratorium komputer memiliki 37 unit perangkat komputer dan monitor dengan daya masing-masing 280 watt dan 17 watt, serta 1 proyektor berdaya 230 watt. Menurut Hosni dan Beck (2008), nilai daya nyata komputer yang digunakan untuk perhitungan beban pendinginan adalah sebesar 15% dari data spesifikasi, sehingga total daya listrik yang diperhitungkan adalah sebesar 2.413 watt. Nilai  $Q_{alat}$  dapat dihitung menggunakan rumus (10) yaitu sebesar 8.228,3 BTU/jam. Nilai  $Q_{infiltrasi}$  dihitung dengan parameter dari Yani (2017), yaitu nilai  $h_o = 10,8$  BTU/lb,  $h_i = 7,8$  BTU/lb, dan  $CFM = 53$  ft<sup>3</sup>/menit sehingga menggunakan rumus (11) didapat nilai  $Q_{infiltrasi} = 720,3$  BTU/jam. Nilai  $Q_{int}$  selanjutnya dapat dihitung menggunakan rumus (7) yaitu sebesar 22.000 BTU/jam.

Nilai beban pendinginan total untuk ruang laboratorium komputer dapat dihitung dengan rumus (2) yaitu sebesar 40.604 BTU/jam. Kondisi ruang laboratorium telah terpasang 2 unit pendingin udara dengan kapasitas pendinginan masing-masing 24.600 BTU/jam dan 12.000 BTU/jam sehingga total sebesar 36.600 BTU/jam. Berdasar hasil perbandingan dapat diketahui bahwa nilai kapasitas pendingin udara di ruang laboratorium komputer Politeknik ATMI Surakarta lebih kecil dibandingkan dengan beban pendinginan yang diperlukan. Terdapat selisih beban pendinginan sebesar 4.004 BTU/jam. Kondisi ini berpotensi mengganggu kenyamanan termal bagi penghuni ruangan dan penggunaan listrik menjadi boros karena unit pendingin bekerja selalu dalam kondisi maksimal untuk mencapai suhu yang diinginkan. Beban pendinginan akan menjadi lebih besar yaitu sebesar 45.554 BTU/jam jika ruang laboratorium dihuni sebanyak 37 orang atau mencapai kapasitas maksimalnya.

Berdasar hasil evaluasi, penelitian ini merekomendasikan dua alternatif solusi. Alternatif pertama adalah menambah satu unit pendingin berkapasitas 5000 BTU/jam sehingga total

kapasitas pendinginan menjadi 41.600 BTU/jam. Alternatif kedua adalah mengganti unit pendingin yang berkapasitas 12.000 BTU/jam dengan unit pendingin berkapasitas 24.600 BTU/jam sehingga total kapasitas unit pendingin udara yang baru menjadi 49.200 BTU/jam. Rekomendasi ini bertujuan untuk meringankan kerja pendingin udara sekaligus untuk mengantisipasi jika kapasitas ruangan digunakan dengan maksimal. Alternatif pertama memerlukan biaya investasi yang lebih kecil dibandingkan alternatif kedua. Jika ditinjau dari pemakaian energi listrik, alternatif kedua diperkirakan lebih hemat biaya listrik jika dibandingkan dengan alternatif pertama. Perkiraan tersebut masih perlu dibuktikan dengan penelitian lebih lanjut.

#### 4. Simpulan

Penelitian ini melakukan evaluasi pencahayaan dan pengkondisi udara pada ruang laboratorium komputer di Politeknik ATMI Surakarta dengan latar belakang adanya keluhan dari mahasiswa terkait kenyamanan visual dan termal saat beraktivitas di dalam ruangan. Hasil evaluasi menyatakan bahwa tingkat pencahayaan ruangan masih belum memenuhi standar dan kapasitas unit pendingin udara yang terpasang lebih kecil dari beban pendinginan yang diperlukan. Berdasar hasil evaluasi, penelitian ini merekomendasikan untuk mengganti tipe lampu dengan spesifikasi 2500 lumen dan menambah jumlahnya dari 11 menjadi 34 lampu. Penelitian ini juga merekomendasikan untuk menambah satu unit pendingin berkapasitas 5000 BTU/jam atau mengganti unit pendingin udara yang berkapasitas 12.000 BTU/jam dengan unit pendingin udara lain yang berkapasitas 24.600 BTU/jam. Penelitian ini masih perlu dilanjutkan untuk mengkaji aspek penggunaan energi dan biaya yang diperlukan untuk memperbaiki tingkat kenyamanan visual dan termal di ruang laboratorium komputer tersebut.

#### Daftar Pustaka

- ASHRAE, Inc. (2009). *2009 ASHRAE handbook: fundamentals*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*. SNI 03-6572-2001.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. SNI 6197: 2011.
- Bhatia, A. (2013). *Cooling Load Calculations and Principles*. M06-004 *Continuing Education and Devekopment, NY*.
- Biantoro, A. W. (2017). Analisis Perbandingan Efisiensi Energi pada Gedung P Kabupaten Tangerang dan Gedung Tower Umb Jakarta. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(3), 164-173.
- Biantoro, A. W., & Permana, D. S. (2017). Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(2), 85-93.
- Budiman, T. W. (2019). *Audit Energi Listrik dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik pada Sistem Pendingin dan Pencahayaan di Gedung D3 Ekonomi UII* (Skripsi). Diunduh dari <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/13147>.
- Fies, T. S., & Mathers, M. (2009). *The Basics of Efficient Lighting—A Reference Manual for Training in Efficient Lighting Principles*. *National Framework for Energy Efficiency (Australia), Australian and New Zealand State and Territory Governments*, 152.
- Hosni, M. H., & Beck, B. T. (2008). *Update to measurements of office equipment heat gain data, ASHRAE Final Report on Research Project RP-1482*.
- Rahmayanti, D., & Artha, A. (2016). Analisis Bahaya Fisik: Hubungan Tingkat Pencahayaan dan Keluhan Mata Pekerja pada Area Perkantoran Health, Safety, and Environmental (HSE) PT. Pertamina RU VI Balongan. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(1), 71-98.

- Renaldi, A., Purnama, D., & Sutrisno, M. (2019). Rekayasa Ulang Sistem Pencahayaan dan Pengkondisian Udara pada Gedung Magister Sains Terapan Politeknik Negeri Bandung. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(1), 1-9.
- Yani, R. D. (2017). Analisis Konsumsi Energi Listrik pada Sistem Pendingin Ruangan (Air Conditioning) di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Pontianak. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 13-18.