

EVALUASI BUKAAN PENCAHAYAAN ALAMI UNTUK MENDAPATKAN KENYAMANAN VISUAL PADA RUANG PERKULIAHAN

Dwi Risky Febrian Dhini¹, M. Satya Adhitama² dan Jusuf Thojib²

¹ Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis : dwiriskyfd@gmail.com

ABSTRAK

Malang merupakan salah satu kota pendidikan yang terletak di provinsi Jawa Timur. Berada di iklim tropis, Kota Malang memiliki cahaya matahari melimpah yang seharusnya merupakan potensi besar bagi pemanfaatan pencahayaan alami sebagai penerangan utama bangunan. Sebagai kota pendidikan perguruan tinggi di Kota Malang memiliki tuntutan akan kenyamanan visual yang tinggi untuk mendukung aktivitas belajar dan mengajar di dalamnya, salah satunya adalah Gedung Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Pada gedung teknik sipil terdapat 5 jenis ruang perkuliahan dengan aktivitas yang berbeda-beda yaitu ruang kelas teori, komputer, gambar, bengkel, dan hitungan. Kenyamanan visual berkaitan dengan tingkat pencahayaan yang tepat sesuai standar yang dapat mendukung aktivitas pengguna. Masing-masing ruang memiliki standar tingkat pencahayaan yang berbeda-beda mulai dari 250-700Lux. Oleh karena itu, dibutuhkan evaluasi desain bukaan pencahayaan alami untuk meningkatkan kenyamanan visual pada 5 jenis ruang perkuliahan tersebut. Metode penelitian yaitu eksperimental kuantitatif dengan menggunakan simulasi Dialux 4.12. Penelitian bertujuan mengevaluasi desain bukaan pencahayaan alami serta memberikan rekomendasi desain untuk meningkatkan kenyamanan visual pada ruang perkuliahan Gedung Teknik Sipil Polinema.

Kata kunci: pencahayaan alami, kenyamanan visual, ruang perkuliahan

ABSTRACT

Malang is one of education city which located in East Java. Being in a tropical climate, Malang has abundant sunlight which should be a great potential for the utilization of natural lighting as the main lighting of the building. As an education city, college in Malang has a demand for high visual comfort to support learning and teaches activities, which one of it is Civil Engineering State Polytechnic of Malang. In the building there are 5 types of civil engineering classroom with different activities such as theory, computer, graphics, workshops, and count. Visual comfort is regard standart intensity of sunlight entering the room. Each room has a standart of lighting levels vary from 250-700 Lux. Therefore, it takes natural lighting design evaluation to enhance the visual comfort in the 5 different types of classroom. The method used experimental quantitative research with the simulation software using Dialux 4.12. The research aims to evaluate the design of natural lighting and provide design recommendations to improve visual comfort in Civil Engineering State Polytechnic of Malang.

Keywords: natural lighting, visual comfort, classroom

1. Pendahuluan

Kota Malang yang merupakan objek penelitian, merupakan kota pendidikan yang berada di provinsi Jawa Timur. Berada pada iklim tropis, Kota Malang memiliki ketersediaan cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun. Hal ini merupakan potensi besar bagi pemanfaatan pencahayaan alami pada bangunan-bangunan di Kota Malang khususnya pada bangunan pendidikan yang memiliki tuntutan akan kenyamanan visual yang tinggi. Salah satunya bangunan pendidikan di Kota Malang yaitu Politeknik Negeri Malang yang terletak di Jalan Soekarno Hatta No 9 Malang dengan titik koordinat 7^o56'49"LS dan 112^o36'58"BT. Pada gedung polinema terdapat jurusan, salah satunya yaitu Teknik Sipil yang merupakan bangunan 7 lantai berfungsi sebagai ruang kuliah, laboratorium, bengkel dan kantor.

Desain pada gedung Teknik Sipil menggunakan jenis bukaan yang tipikal dari lantai 1 sampai dengan lantai 7, hal ini perlu dievaluasi karena pada setiap lantai terdapat ruang perkuliahan yang memiliki aktivitas berbeda-beda dengan kebutuhan tingkat pencahayaan yang juga berbeda-beda. Hal ini memungkinkan melalui desain bukaan tersebut ada ruang yang sudah sesuai tingkat pencahayaannya namun ada juga ruang yang tidak sesuai tingkat pencahayaannya, baik terlalu terang maupun terlalu gelap. Pada beberapa ruang masih ada yang menggunakan pencahayaan buatan dan menutup bukaan jendela dengan korden pada siang hari dengan rentang waktu 09.00-13.00. Pada jam tersebut seharusnya merupakan potensi terbesar penghematan energi bangunan melalui penggunaan pencahayaan alami sebagai penerangan ruang. Hal ini mengindikasikan ruangan tersebut terlalu gelap sehingga perlu dinyalakan lampu atau terlalu terang yang menimbulkan silau sehingga bukaan perlu ditutup dengan kisi-kisi berupa korden.

Kenyamanan visual pada ruang perkuliahan memiliki fungsi yang penting dalam proses belajar mahasiswa sehingga aktivitas didalamnya dapat berjalan dengan baik. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh James R. Benya dalam bukunya yang berjudul *Lighting Design: Lighting for School* menemukan hubungan antara bukaan jendela sebagai pencahayaan alami dengan efek psikologis bagi penggunanya. Siswa yang berkegiatan di ruangan yang mendapatkan cahaya alami, 7%- 18% memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang berkegiatan di ruang kurang cahaya alami. Berdasarkan latar belakang tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk menghasilkan desain bukaan pencahayaan alami pada gedung kuliah yang nyaman secara visual maka diperlukan kajian berupa evaluasi kinerja bukaan pencahayaan alami untuk meningkatkan kenyamanan visual pada ruang perkuliahan di Gedung Teknik Sipil Polinema.

2. Metode

2.1 Bukaan Bangunan

Bukaan pada bangunan adalah cara untuk memasukkan pencahayaan alami ke dalam bangunan. Berdasarkan posisinya bukaan dibagi menjadi 2 yaitu *sidelighting* dan *toplighting* (Egan, 1983). *Toplighting* memiliki kelemahan yaitu tidak bisa digunakan untuk bangunan berlantai banyak dan tidak memenuhi kebutuhan view keluar sedangkan *sidelighting* dapat mendistribusikan cahaya lebih merata dan memberikan view keluar. *Sidelighting* yang dapat digunakan pada bangunan berlantai banyak terbagi menjadi 2 jenis yaitu jendela, dan *shading device*. *Shading device* terbagi menjadi 3 jenis utama yaitu *Horizontal*, *Vertical*, dan *Egg-crate*. *Shading device* horizontal efektif

diterapkan pada bangunan yang memiliki elevasi utara dan selatan. *Shading device* vertikal efektif diterapkan pada bangunan yang memiliki elevasi timur dan barat. *Shading device egg-crate* atau peti telur menggabungkan karakteristik vertikal dan horizontal untuk meningkatkan cakupan shading (Olgyay, 1973). Jendela adalah bagian rumah tinggal atau bangunan yang berfungsi sebagai penghantar cahaya dan udara masuk ke dalam bangunan (Amin, 2010).

2.1.2 Strategi Penerapan Bukaan Pada Bangunan

Iluminasi terbesar pada bangunan terdapat pada jendela sehingga diperlukan strategi untuk mengatasi silau dan intensitas terang pada jendela sebagai berikut (Lechner, 2007).

1. Jendela pada bangunan harus tinggi, tersebar merata, dan berada pada area optimal
2. Peletakkan jendela pada dua sisi dinding menggunakan pencahayaan bilateral
3. Peletakkan jendela yang berdekatan dengan dinding interior sebagai pemantul cahaya
4. Untuk mengurangi kontras antara jendela dan dinding, perbesar ratio area dinding
5. Sinar matahari dapat disaring dan diperlembut melalui pemanfaatan vegetasi
6. *Shading device* dengan warna cat terang untuk menghalangi sinar matahari langsung namun masih memantulkan penyebaran cahaya yang merata ke dalam bangunan

2.2 Kenyamanan Visual

Kenyamanan visual berkaitan dengan ketentuan standar pencahayaan dan standar silau yang diijinkan. Faktor yang mempengaruhi kegiatan visual misalnya pencahayaan berpengaruh dalam kegiatan pencahayaan dalam kegiatan belajar-mengajar dalam ruang kelas (Lechner, 2007). Standar kenyamanan visual pada ruang diatur pada SNI 03-6197-2000 dengan tingkat kenyamanan visual disesuaikan terhadap kebutuhan dan aktivitas bangunannya. Standar tingkat pencahayaan bagi ruang kelas umum adalah 250 Lux, ruang komputer 500 Lux, ruang gambar 700 Lux, dan bengkel kayu 200-1000 Lux.

2.2.1 Faktor-faktor Kenyamanan Visual

Faktor pembentuk kenyamanan visual (Darmasetiawan, 1991) yaitu:

1. Kuantitas cahaya atau tingkat kuat terang cahaya (*lighting level*)
2. Distribusi kepadatan atau luminasi cahaya (*luminance distribution*)
3. Batasan silau cahaya (*limitation of glare*)
4. Arah bentuk bayangan dan penyebaran cahaya (*shadows and light directionality*)
5. Kondisi dan iklim pada ruang
6. Warna cahaya dan refleksi warna (*light colour and colour rendering*)

2.3 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah cahaya yang bersumber dari sinar matahari. Pencahayaan alami dibutuhkan karena perlunya manusia akan kualitas cahaya alami. Fungsi dari pencahayaan alami yaitu meminimalisir atau mengurangi penggunaan energi listrik. Oleh karena itu desain yang memanfaatkan pencahayaan alami sebagai pencahayaan utama harus dikembangkan (Lechner, 2007).

2.4 Ruang Perkuliahan

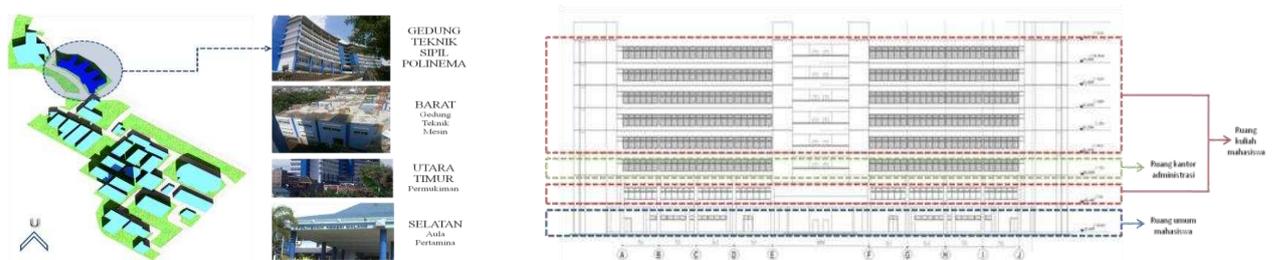
Pengertian ruang perkuliahan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia yaitu ruang yang berfungsi sebagai tempat aktivitas belajar-mengajar di jenjang pendidikan tinggi. Ruang perkuliahan memiliki beragam jenis seperti ruang kelas, laboratorium komputer, studio gambar, dan bengkel kayu. Ruang kelas memiliki aktivitas visual yang tinggi dengan pergerakan yang rendah seperti membaca, menulis, dan melihat ke papan tulis. Berbeda pada laboratorium komputer, studio gambar, dan bengkel kayu yang memiliki aktivitas visual yang tinggi dan juga pergerakan aktivitas yang tinggi. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan kebutuhan tingkat pencahayaan pada setiap ruang berdasarkan aktivitasnya.

2.5 Metode Umum Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian eksperimen dapat didefinisikan sebagai metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Sukardi, 2011). Penelitian eksperimental dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan solusi atau rekomendasi yang tepat dari hasil sintesis beberapa alternatif yang telah diuji. Pada pembahasan analisis data metode yang digunakan yaitu metode berpikir secara deduktif komparatif, yaitu data dianalisis berdasarkan studi teori-teori yang ada kemudian dibandingkan penerapannya pada ruang-ruang yang diuji kenyamanan visualnya. Pada rekomendasi desain metode yang digunakan yaitu eksperimental dengan melakukan uji alternatif yang diterapkan pada masing-masing variabel yang diteliti yaitu jendela, *shading device*, *lightselves*, dan warna serta material pada lantai, dinding, plafon dengan menggunakan instrumen simulasi yaitu Dialux 4.12.

3. Hasil dan Pembahasan

Politeknik Negeri Malang atau Polinema memiliki orientasi tapak menghadap sisi barat laut-tenggara. Gedung Teknik Sipil terdiri dari 7 lantai dengan lantai dimana lantai 1 merupakan ruang kuliah praktek yang berupa bengkel dan laboratorium sipil, sedangkan lantai 2,3, dan 5 merupakan ruang kelas. Lantai 4 pada bangunan difungsikan sebagai ruang kantor dan administrasi jurusan. Bangunan terdiri atas 2 bagian yaitu podium 1 lantai dan tower 6 lantai. Bangunan dibangun diatas tanah dengan kontur rata dan jarak antar bangunan pada setiap sisinya lebih dari 15 meter.

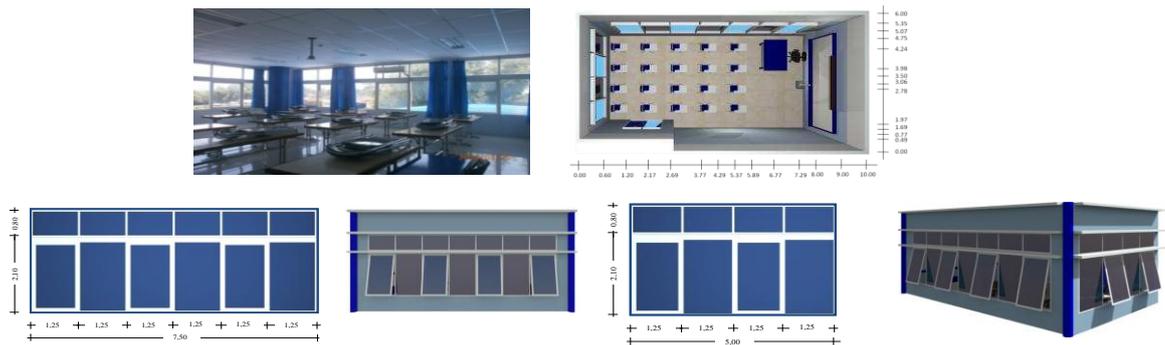


Gambar 1. Gedung Teknik Sipil Polinema
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016)

3.1 Analisis Sampel Ruang Kelas Hitungan

1. Analisa Visual

Ruang kelas hitungan berada pada lantai 3 Gedung Teknik Sipil dengan orientasi ruang menghadap sisi selatan. Ruangan memiliki bentuk persegi panjang dengan panjang 10 meter dan lebar 6 meter dan tinggi ruang 4 meter. Ruang kelas ini memiliki luas bukaan jendela mencapai 63,3% pada sisi utara dan 60,63% pada sisi barat. Kedua jendela ini merupakan jendela jenis *awning*, dapat membuka keluar dengan sudut maksimum 45 derajat. Setiap unit jendela memiliki lebar 1,25 meter dan tinggi 2,1 meter. Jendela ini menggunakan kusen dengan material alumunium dan kaca dengan ketebalan 6mm.



Gambar 2. Interior dan Eksterior Ruang Kelas Hitungan
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016)

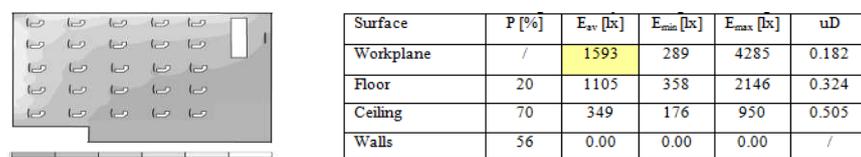
2. Analisa Pengukuran dan Simulasi

Ruang kelas hitungan memiliki luas 60m² dengan kedalaman cahaya 6m. Berdasarkan standar, ruangan dengan luas kurang dari 100m², titik ukur ditentukan setiap 3m². Standar nyaman pada ruang kelas hitungan berdasarkan SNI 03-6575-2001 adalah 250 Lux. Berdasarkan hasil pengukuran terlihat bahwa ruang kelas hitungan berada dalam kategori terlalu silau yaitu tingkat pencahayaan diatas standar yang diijinkan.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Langsung Intensitas Cahaya Ruang Kelas Hitungan
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

Pengukuran tingkat pencahayaan pada ruang kuliah hitungan dengan menggunakan simulasi Dialux 4.12 terlihat bahwa tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja dengan ketinggian 0.75 meter adalah 927 Lux. Tingkat pencahayaan ini tergolong terlalu terang. Hal ini menunjukkan kinerja bukaan pencahayaan alami pada ruang kuliah hitungan masih belum baik. Verifikasi data pada ruang kelas hitungan yaitu 0,96%.



Gambar 4. Hasil Simulasi Intensitas Cahaya Ruang Kelas Hitungan
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

3. Kesimpulan Analisis

Berdasarkan hasil analisa visual, pengukuran dan simulasi terlihat bahwa ruang tergolong dalam kategori terlalu terang dengan tingkat pencahayaan diatas 300 Lux.

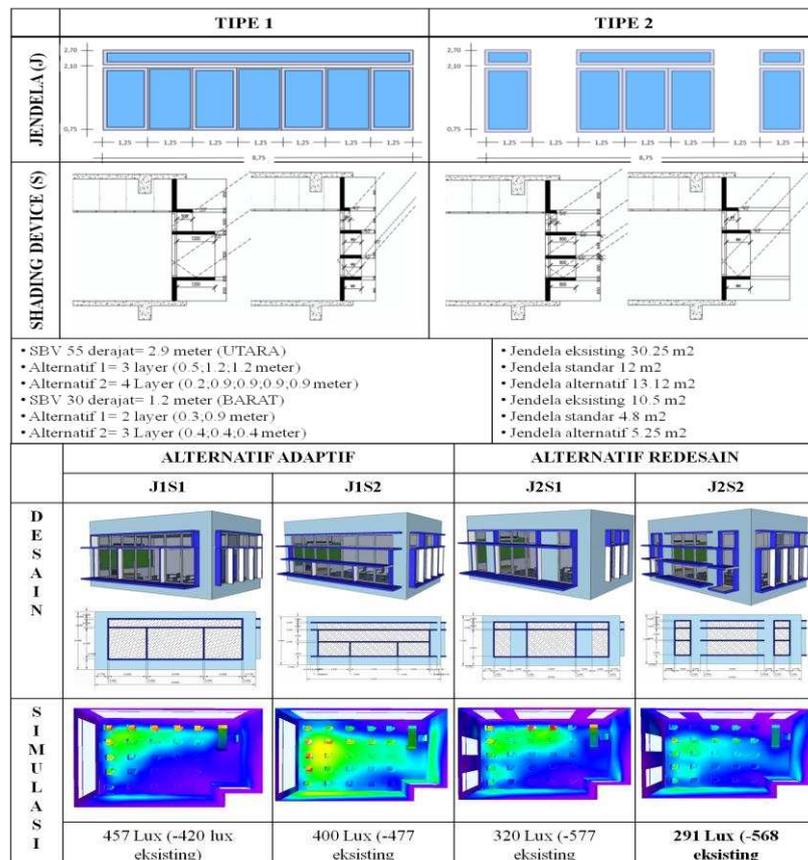
Tabel 1. Kesimpulan Analisis Kenyamanan Visual Ruang Kelas Hitungan

RUANG KULIAH HITUNGAN			Studi Literatur		Keterangan
			Sesuai	Tidak	
Ruang	Bentuk	Persegi panjang , bidang kerja: meja, papan	√		Kedalaman ruang 6 meter pencahayaan alami dapat digunakan sebagai pencahayaan utama pada siang hari.
	Luas	Panjang 10 m, lebar 6 m , dan tinggi 4 m	√		
	Orientasi	Selatan	√		
Jendela	Bentuk	Jendela <i>awning</i> (engsel membuka atas).	√		Luas bukaan berdasarkan standar SNI Pencahayaan Alami yang baik adalah 20-30%.
	Luas	Luas bukaan jendela 63,3% sisi utara dan 60,3% sisi barat. Lebar jendela 1,25 dan tinggi 2,1 meter.		√	
	Orientasi	Sudut, utara-barat.	√		
Shading Device	Bentuk	<i>Horizontal shading device</i> .		√	Tipe <i>shading device</i> sudah sesuai untuk orientasi barat namun untuk orientasi utara seharusnya vertikal
	Luas	Panjang 0,3 meter dengan ketebalan 0,1 meter.		√	
	Orientasi	Utara-barat	√		
Kenyamanan Visual	Pengukuran	2411,11 Lux		√	Ruang termasuk dalam kategori terlalu terang
	Kuisisioner	>300 Lux		√	
	Simulasi	1593 Lux		√	

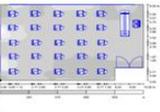
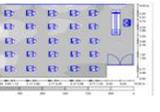
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

3.2 Rekomendasi Desain Ruang Kelas Hitungan

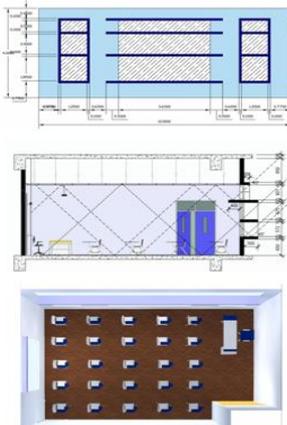
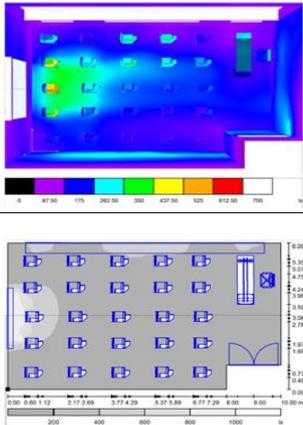
Berdasarkan hasil analisis ruang kelas hitungan kenyamanan visual belum tercapai yaitu ruangan terlalu terang. Rekomendasi dilakukan melalui 3 tahap untuk menurunkan tingkat pencahayaan agar mendekati standar yang diijinkan. Berikut adalah tahapan desain pada ruang kelas hitungan sebelum dan setelah rekomendasi desain.



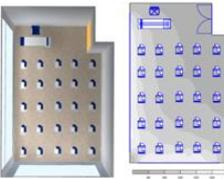
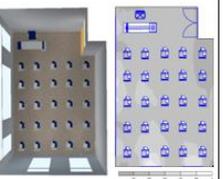
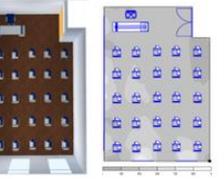
Gambar 5. Hasil Rekomendasi Tahap 1 Eksterior
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

Elemen	Alternatif 1				Alternatif 2					
Lantai	Warna	Light brown	Reflektansi: 80%		Warna	Dark brown	Reflektansi: 26%			
	Material	Keramik			Material	Parket kayu				
Dinding	Warna	Pure white	Reflektansi: 86%		Warna	Light blue	Reflektansi: 50%			
	Material	Plester halus			Material	Plester kasar				
Plafond	Warna	Grey white	Reflektansi: 90%		Warna	Grey white	Reflektansi: 73%			
	Material	Gypsum			Material	Perforated aluminium				
Visualisasi Interior										
Hasil Simulasi			Reflektansi	Tingkat Pencahayaan			Reflektansi	Tingkat Pencahayaan		
			Bidang Kerja	/	402 Lux			Bidang Kerja	/	295 Lux
			Lantai	80%	313 Lux			Lantai	26%	204 Lux
			Plafond	90%	287 Lux			Plafond	73%	142 Lux
Kesimpulan	Alternatif terpilih sesuai standar (200-300Lux) adalah alternatif 2 = Lantai (dark brown parket kayu) + Dinding (light blue plester kasar) + Plafond (grey white perforated aluminium)									

Gambar 6. Hasil Rekomendasi Tahap 2 Interior
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

Analisis	Desain Lightshelve	Simulasi Software Dialux	Kesimpulan Kinerja
<p>Orientasi bukaan=115,5° Sbv=55°= 2,9meter Sbh=45°=1,25meter Arah hadap sisi utara</p> <p>Orientasi bukaan=255° Sbv=30°= 1,2meter Sbh=10°=1,4meter Arah hadap sisi barat</p> <p>Jendela menggunakan jenis awning dengan luas bukaan 30,25 m2</p> <p>Shading device menggunakan bentuk gabungan horizontal dan vertikal. Shading horizontal memiliki jumlah 4 layer dan vertikal 4 layer.</p> <p>Lightshelve memiliki lebar 0,4 meter utara dan 0,2 meter barat pada ketinggian 2,1 meter.</p>			<p>Berdasarkan hasil simulasi terlihat tingkat pencahayaan rata-rata ruang teori adalah 263 Lux. Hal ini tergolong dalam kondisi nyaman sesuai standar SNI yaitu 200-300 Lux.</p> <p>Melalui penambahan lightshelve, distribusi cahaya lebih merata. Area dekat jendela terbayangi oleh lightshelve sehingga silau berkurang. Area jauh jendela masih tergolong dalam standar.</p>

Gambar 7. Hasil Rekomendasi Tahap 3 Lightshelves
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

Eksisting	Tahap 1 : Eksterior		Tahap 2 : Interior (warna dan material)			Tahap 3 : Lightshelve
	Jendela	Shading Device	Lantai	Dinding	Plafond	
<p>Luas : p10m, 16m, t4m Orientasi : selatan Bukaan : 63,3% Jenis bukaan : jendela awning Shading device : 0,3 meter</p>	<p>Mempertahankan jendela eksisting dengan luas 18,37 m2</p>	<p>Membagi shading menjadi 3 layer dengan panjang 0,4m;0,8m;0,8m</p>	<p>Material: parket kayu Warna: dark brown</p>	<p>Material: plester kasar Warna: light blue</p>	<p>Material: perforated aluminium Warna grey white</p>	<p>Penambahan lightshelve dengan lebar 0,3 meter diletakkan pada ketinggian 2,1 meter dari lantai</p>
						
<p>Tingkat pencahayaan 1593 Lux Kinerja penurunan tingkat pencahayaan terhadap eksisting</p>	<p>Tingkat pencahayaan 291 Lux 81,73%</p>	<p>Tingkat pencahayaan 295 Lux 81,48%</p>	<p>Tingkat pencahayaan 263 Lux 83,49%</p>	<p>Tingkat pencahayaan 263 Lux 83,49%</p>	<p>Tingkat pencahayaan 263 Lux 83,49%</p>	<p>Tingkat pencahayaan 263 Lux 83,49%</p>

Gambar 8. Kesimpulan Rekomendasi Desain Ruang Kelas Hitungan
(Sumber: Hasil Analisis, 2016)

4. Kesimpulan

Gedung Teknik Sipil Polinema memiliki 5 kategori ruang perkuliahan yaitu ruang kuliah teori, komputer, bengkel, gambar, dan hitungan. Masing-masing ruang perkuliahan memiliki kebutuhan tingkat pencahayaan yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil analisa visual, pengukuran, kuisisioner, dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penggunaan *shading device* berfungsi menghalangi sinar matahari langsung masuk sebaliknya sinar matahari yang masuk adalah sinar matahari yang sudah terbayangi. Panjang *shading device* atas yang lebih pendek dari *shading device* dibawahnya dapat memantulkan cahaya secara merata ke ruang dengan ketinggian antara 4-5 meter. *Shading device* yang berada di bawah jendela berfungsi memantulkan cahaya ke plafon.
- b. Penggunaan kombinasi warna dan material dengan reflektansi rendah dapat menurunkan tingkat pencahayaan ruang mencapai 1%. Hal ini diaplikasikan pada ruang kuliah teori menghasilkan kinerja 88,24% dan ruang kuliah hitungan menghasilkan kinerja 81,48%. Penggunaan kombinasi warna dan material dengan reflektansi tinggi dapat meningkatkan tingkat pencahayaan ruang mencapai 11%. Hal ini diaplikasikan pada ruang kuliah komputer menghasilkan kinerja 71,70% dan ruang gambar menghasilkan kinerja 64,37%.
- c. Melalui penambahan *lightselves*, distribusi cahaya lebih merata. Hal ini meminimalisir area terlalu gelap yang berada jauh dari bukaan dan area terlalu terang yang berada dekat bukaan. Peletakan *lightselves* pada ketinggian 2,1 meter dapat memantulkan cahaya dengan baik ke dalam ruang. Kinerja pencahayaan alami melalui penambahan *lightselves* pada ruang teori 88,23%, komputer 70,81%, gambar 71,19%, dan hitungan 83,47%.
- d. Kenyamanan visual ruang perkuliahan dapat tercapai melalui penggunaan *shading device* dengan panjang yang sesuai orientasi sudut datang matahari, penggunaan bukaan pencahayaan berupa jendela dengan persentase luas yang sesuai standar, pemilihan warna dan material pada interior yaitu plafon, lantai, dinding dengan tingkat reflektansi yang sesuai dan penggunaan *lightselves* untuk distribusi cahaya yang baik.

Daftar Pustaka

- Amin. 2010. *125 Desain Jendela*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Darmasetiawan. 1991. *Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Egan. 1975. *Concept in Thermal Comfort*. London: Prentice-Hall International.
- Lechner. 2007. *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur*. Edisi 2. Terjemahan Sandriana Siti. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Olgay, NJ. 1973. *Design with Climate – Bio Climatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.
- Standardisasi Nasional 6197-2011 tentang *Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*. 2011. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sukardi. 2004. *Metodologi Penelitian Pendidikan: Kompetensi dan Praktiknya*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- The Iesna Lighting Handbook Reference and Application*. 2000. Amerika: Illuminating Engineering.