

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

##### **5.1.1. Pengaruh Tatahan Massa terhadap Efektivitas Pencahayaan Alami**

###### 1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan aspek kuantitatif dari efektivitas pencahayaan alami. Tatahan massa bangunan bertingkat Sekolah BINUS Bekasi yang melingkar membentuk huruf “C” dengan perbedaan orientasi setiap ruang kelas sebesar  $8^\circ$  membuat arah datang dan titik jatuh cahaya matahari langsung terhadap massa bangunan kelas berbeda-beda. Perbedaan ini memberi dampak kepada intensitas cahaya dalam ruang kelas tersebut.

Ruang kelas 1 lantai 1 yang berada di sisi paling barat bangunan membuat cahaya matahari pagi dari timur dan cahaya matahari sore dari barat tidak dapat langsung masuk ke dalam celah antar ruang kelas untuk diteruskan masuk ke dalam ruang kelas. Hal ini membuat intensitas cahaya dalam ruang kelas 1 lantai 1 ketika pagi dan sore hari rendah karena cahaya matahari dari arah timur maupun barat harus melewati pemantulan yang banyak sebelum masuk ke dalam ruang kelas. Pemantulan ini yang membuat intensitas cahaya ketika sampai di ruang kelas menjadi rendah. Ruang kelas 12 yang terletak di sebelah timur bangunan membuat cahaya matahari langsung dari arah timur dapat masuk ke dalam celah antar bangunan. Namun cahaya yang datang tidak mengarah langsung ke bukaan cahaya melainkan jatuh di tralis pemisah koridor dengan bagian celah. Skema pemantulan cahaya ini membuat cahaya pantul tidak mengarah ke bukaan cahaya yang terdapat di ruang kelas 12 lantai 1 dan 2. Dikarenakan hal tersebut intensitas cahaya pada pagi hari di ruang kelas 12 rendah. Begitu juga dengan cahaya matahari sore yang datang dari arah barat. Cahaya dari arah barat masuk ke bangunan melalui koridor dan jatuh tepat di permukaan lantai. Cahaya matahari langsung yang tidak masuk ke bagian celah membuat intensitas cahaya pada sore hari di ruang kelas 12 menjadi sangat rendah.

Ketika siang hari, intensitas cahaya pada ruang kelas 1 lantai 1 lebih tinggi dibandingkan dengan pagi dan sore hari. Arah datang cahaya matahari langsung pada siang hari dapat masuk ke dalam celah antar sampai mengenai permukaan dasar lantai. Hal ini membuat pemantulan yang terjadi sebelum cahaya masuk ke dalam ruang kelas

lebih sedikit dan intensitas cahaya ketika sampai dalam ruang kelas lebih besar dibandingkan ketika pagi dan sore hari. Cahaya matahari yang posisinya tegak lurus terhadap bangunan membuat intensitas cahaya di setiap ruang kelas dalam massa bangunan relatif tinggi. Hal ini dikarenakan cahaya datang dari arah atas bangunan dan tidak membuat ruang kelas saling membayangi satu sama lain.

Material bidang pantul luar ruang kelas merupakan elemen dinding dan lantai berwarna cerah. Dinding pada bagian celah terbuat dari pasangan bata yang dicat menggunakan warna putih. Dinding ini memiliki nilai reflektansi yang tinggi untuk memantulkan cahaya ke arah bukaan cahaya untuk diteruskan ke dalam ruang kelas. Selain itu, permukaan lantai terbuat dari beton yang diberi lapisan *floor hardener* membuat permukaan lantai menjadi halus. Bidang pantul dengan permukaan yang halus memiliki nilai reflektansi yang cukup tinggi.

## 2. Kemerataan Cahaya

Objek studi memiliki massa yang melingkar membuat pergerakan matahari mempengaruhi intensitas cahaya dalam setiap ruang kelas. Ruang kelas yang berbentuk persegi panjang dan dapat dikategorikan bentuk yang pipih seharusnya membuat semua area di ruang kelas memiliki intensitas cahaya yang cukup dan pemerataan cahaya yang baik. Namun dikarenakan tatanan setiap ruang kelas yang diberikan celah membuat bukaan cahaya tidak menghadap ke area terbuka. Dengan begitu cahaya yang masuk ke dalam ruang kelas merupakan cahaya terang langit hasil pantulan bidang refleksi pada bagian celah tersebut dan intensitas cahaya dalam ruang kelas menjadi di bawah standar yang harus dipenuhi. Tingkat iluminasi di dalam ruang kelas menjadi tidak merata. Area-area yang berdekatan dengan bukaan cahaya memiliki tingkat iluminasi yang tinggi dibandingkan area yang lebih dalam. Hal ini dikarenakan cahaya langit yang masuk tidak dapat melakukan penetrasi yang jauh ke dalam ruang kelas akibat tingkat iluminasinya yang rendah.

## 3. Rasio Kecerlangan dan Silau

Cahaya matahari akan masuk ke dalam ruang kelas melalui celah antar ruang kelas dan diteruskan oleh bukaan berupa kaca bening yang berada di setiap ruang kelas. Pada bagian celah terjadi pemantulan cahaya yang berulang di bagian dinding yang berwarna putih. Hal ini membuat tingkat luminasi pada bagian dinding menjadi tinggi yang dapat diteruskan masuk ke dalam ruang kelas melalui bukaan berupa kaca bening dengan nilai transmisi sebesar 90%. Pemantulan berulang di bagian celah membuat dinding bagian celah memiliki tingkat luminasi yang tinggi dibandingkan dengan ruang

dalam kelas. Hal ini dapat mengakibatkan kecerlangan yang berdampak memicu terjadinya silau ketika pengguna ruang menghadap ke arah bukaan cahaya. Secara tidak langsung ketika pengguna ruang kelas menghadap ke bukaan cahaya, pengguna kelas akan melihat bagian dinding yang berada di celah antar ruang kelas dan bagian ini memiliki tingkat luminasi yang tinggi.

### **5.1.2. Pengaruh Desain Bukaan terhadap Efektivitas Pencahayaan Alami**

#### **1. Intensitas Cahaya**

Efektivitas pencahayaan pada aspek intensitas cahaya diukur pada bidang kerja yang ada di dalam ruang kelas yaitu bidang kerja meja. Pada ketiga ruang yang diteliti, desain bukaan memiliki dua orientasi yang berbeda. Ruang kelas 1 lantai 1 memiliki bukaan cahaya yang memiliki orientasi ke arah timur dan barat. Orientasi timur-barat memberikan pengaruh cahaya yang masuk ke dalam ruang kelas memiliki intensitas yang cukup tinggi, namun dikarenakan pengaruh tatanan massa bangunan membuat cahaya matahari langsung tidak dapat masuk ke dalam ruang kelas. Hal ini membuat intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang kelas menjadi kecil. Jenis bukaan yang digunakan pada ruang kelas 1 adalah *side lighting*. *Side lighting* yang terletak pada sisi timur dan barat merupakan jendela kaca yang memiliki posisi dan dimensi yang sama.

Bukaan cahaya yang berada pada ruang kelas 12 lantai 1 dan 2 memiliki orientasi ke arah utara. Orientasi ini membuat tidak adanya cahaya langsung yang memasuki ruang kelas 12. Ruang kelas ini hanya memiliki bukaan pada satu sisi dinding berupa bukaan *side lighting*. Hal ini membuat intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang kelas menjadi lebih rendah dibandingkan dengan ruang kelas 1.

Dimensi bukaan cahaya dipentingkan untuk penetrasi dan jumlah cahaya masuk ke dalam ruang. Sesuai dengan wall to floor ratio, bukaan yang berada di ruang kelas 1 sudah memenuhi standar. Perbandingan luas bukaan dengan luas lantai ruang kelas 1 adalah 1:3,33, di mana standar kebutuhan menurut SNI adalah 1:5-1:6. Berdasarkan *rule of thumb*, desain bukaan cahaya jenis 1 yang terdapat di ruang kelas 1 belum memenuhi standar, seharusnya standar kedalaman ruang maksimum adalah 2 – 2.5 kali dari tinggi lubang cahaya agar memenuhi tingkat iluminasi minimal dan pendistribusian cahaya merata. Hal ini menyebabkan area tengah ruang kelas memiliki tingkat intensitas yang rendah.

Berbeda halnya pada ruang kelas 12. Ruang kelas 12 yang hanya memiliki bukaan pada satu dinding membuat perbandingan luas bukaan dengan luas lantai ruang

kelas tidak memenuhi standar SNI. Selain itu, penetrasi cahaya yang tidak dapat masuk jauh ke dalam ruang kelas membuat area ruang kelas yang jauh dari bukaan cahaya memiliki tingkat intensitas cahaya yang rendah.

Posisi bukaan cahaya yang terdapat pada ketiga ruang kelas yang diteliti adalah jendela tinggi dan jendela rendah. Pada ruang kelas 1, posisi bukaan cahaya yang berada di sisi barat berada di belakang bidang kerja berupa meja untuk murid belajar dan terdapat bidang pantul dibawah jendela tinggi berupa rak buku. Hal ini membuat terjadinya pembayangan pada bidang kerja dan cahaya yang masuk melalui jendela tinggi dipantulkan menuju ke plafon membuat intensitas cahaya ketika sampai bidang kerja menjadi rendah. Selain itu, bidang kerja yang berada tepat dibawah bukaan sisi barat juga menjadi gelap. Bukaan cahaya yang berada di sisi timur ruang kelas berada di belakang bidang kerja berupa papan tulis. Cahaya banyak masuk melalui bukaan ini menuju ke area depan papan tulis. Dengan begitu area ruang kelas yang berdekatan dengan bukaan sisi timur memiliki intensitas cahaya yang lebih tinggi. Namun hal ini dapat memicu silau karena tingkat intensitasnya yang terlalu tinggi dibandingkan dengan bidang kerja papan tulis yang membelakangi bukaan cahaya.

Pada bukaan cahaya di ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi, material yang digunakan pada setiap bukaan sama, yaitu berupa kaca bening dan kusen berupa alumunium yang dilapisi powdercoating berwarna putih. Penggunaan material kaca bening membuat kaca dapat meneruskan cahaya dengan baik ke dalam ruang kelas karena nilai transmisinya yang tinggi. Sedangkan material kusen berupa aluminum membantu pemantulan cahaya sebelum masuk ke dalam ruang kelas.

## 2. Kemerataan Cahaya

Pada objek penelitian, perpindahan posisi matahari tidak terlalu berpengaruh kepada pemerataan cahaya terutama pada ruang kelas 1. Dimensi bukaan cahaya pada sisi timur maupun barat memiliki posisi dan dimensi yang sama. Namun jumlah cahaya yang masuk ke dalam kelas lebih banyak melalui bukaan pada sisi timur. Hal ini disebabkan oleh penataan ruang dalam kelas tersebut. Terbukti dari hasil analisis, bahwa tingkat iluminasi yang paling tinggi pada ruang kelas 1 terletak di titik ukur yang dekat dengan bukaan cahaya sisi timur, meskipun pengukuran dilakukan pada sore hari yang seharusnya posisi matahari berada di barat.

Ruang kelas 12 yang hanya memiliki bukaan cahaya pada dinding yang berada di sisi utara membuat tingkat iluminasi pada ruang kelas ini tidak merata. Tingkat iluminasi tertinggi berada pada titik ukur yang berdekatan dengan bukaan cahaya yang

berada di sisi utara. Semakin menjauhi bukaan tingkat iluminasi akan semakin rendah. Letak bukaan yang hanya berada di satu dinding dan berorientasi ke arah utara membuat pergerakan matahari dari timur ke barat tidak mempengaruhi pemerataan cahaya dalam ruang karena orientasi ini membuat cahaya yang masuk ke ruang kelas merupakan cahaya pantul. Ketika pagi hari maupun sore hari area utara ruang kelas memiliki tingkat iluminasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan area selatan, hanya saja pada sore hari besar intensitas cahaya lebih rendah dibandingkan dengan pagi dan siang hari. Hal ini dikarenakan cahaya yang datang dari arah barat pada sore hari sebelum masuk ke ruang kelas melewati pemantulan yang lebih banyak dibandingkan ketika pagi dan siang hari.

Bukaan cahaya pada ruang kelas yang berupa *sidelighting* berada pada posisi yang tergolong jendela tinggi dan jendela rendah. Sesuai dengan teori, jendela tinggi memberikan cahaya yang lebih efisien karena letaknya yang di atas mata manusia. Namun jendela tinggi membuat area yang berada tepat dibawahnya kurang mendapatkan cahaya. Permasalahan ini diselesaikan dengan adanya bukaan berupa jendela rendah. Berkaitan dengan pemerataan cahaya, efisien atau tidaknya posisi jendela tinggi dipengaruhi oleh bidang refleksi di sekitarnya.

### 3. Rasio Kecerlangan dan Silau

Cahaya yang masuk melalui bukaan orientasi timur-barat ataupun arah utara berupa cahaya langit. Cahaya langit memiliki intensitas yang lebih rendah dibandingkan cahaya matahari langsung karena merupakan cahaya hasil pantulan bidang refleksi luar ruangan. Bukaan cahaya pada ruang kelas menghadap ke arah dalam bagian celah antar ruang kelas, hal ini membuat pengguna kelas dapat melihat dinding di bagian celah yang merupakan bidang refleksi luar ruang kelas. Ruang kelas 1 dan 12 pada pagi, siang dan sore hari intensitas cahaya pada sumber cahaya sangat tinggi dibandingkan dengan intensitas cahaya dalam ruang kelas. Hal ini dikarenakan cahaya terang langit diluar ruangan membuat area bukaan menjadi sangat terang dibandingkan dengan area pengguna. Perbedaan tingkat kecerlangan antara sumber cahaya dan ruang kelas menyebabkan silau apabila pengguna melihat ke sumber cahaya.

Material yang digunakan pada lubang cahaya adalah kaca bening yang memiliki nilai transmisi yang besar, sehingga cahaya yang masuk pun besarnya sesuai dengan sumber cahayanya. Hal ini menyebabkan jika melihat ke arah bukaan akan terasa silau karena secara tidak langsung akan melihat dinding pada bagian celah yang merupakan bidang permukaan pantul yang berada di luar ruang kelas.

### **5.1.3. Pengaruh Desain Ruang Dalam terhadap Efektivitas Pencahayaan Alami**

#### **1. Intensitas Cahaya**

Intensitas cahaya yang jatuh pada bidang kerja berupa meja tentunya juga dipengaruhi oleh bidang refleksi yang ada di sekitarnya. Pada ruang-ruang kelas, bidang refleksi yang berpengaruh besar dalam penyebaran cahaya ke dalam ruang kelas adalah permukaan atas rak buku yang berada tepat di bawah jendela tinggi dan plafon putih. Sebelum cahaya sampai ke bidang kerja meja, cahaya yang masuk melalui jendela tinggi akan dipantulkan ke plafon berwarna putih yang memiliki nilai reflektansi 80-90%. Kemudian cahaya akan dipantulkan menuju ke bidang kerja berupa meja. Pemantulan yang terjadi menyebabkan tingkat intensitas cahaya menurun ketika sampai di bidang kerja.

Cahaya yang masuk melalui jendela rendah adalah cahaya pantul yang berasal dari permukaan lantai yang berada di dasar celah. Setelah cahaya diteruskan oleh bukaan berupa kaca bening, cahaya tidak dapat sampai ke bidang kerja karena terhalang oleh rak buku yang berada tepat diatas jendela rendah. Perletakkan perabot sedemikian rupa yang menjadi permukaan bidang pantul ruang dalam membuat cahaya terpantul ke arah permukaan lantai ruang kelas yang memiliki nilai reflektansi 40 – 45%. Hal ini lah yang membuat tingkat intensitas di bidang kerja sangat rendah.

Perletakkan rak buku yang berada diantara bukaan tinggi dan bukaan rendah membuat area yang berada tepat dibawah bukaan jendela tidak mendapatkan intensitas cahaya yang cukup.

#### **2. Kemerataan Cahaya**

Bidang refleksi ruang dalam memiliki pengaruh besar terhadap pemerataan cahaya suatu ruang. Cahaya dapat terdistribusikan dengan baik bila bidang refleksi di sekitarnya didesain dengan baik. Pada ruang kerja 1, cahaya yang masuk dari bukaan cahaya sisi barat merupakan cahaya langit pada pagi, siang dan sore hari. Cahaya tersebut dipantulkan oleh bidang refleksi yang terdapat di celah antar ruang kelas berupa dinding dan permukaan dasar celah berwarna putih. Bidang refleksi yang memiliki warna cerah menyebabkan tingkat iluminasi cahaya yang masuk ke dalam ruang tetap tinggi. Cahaya yang sudah masuk ke dalam ruang kelas dipantulkan oleh bidang refleksi di dalam ruang kelas berupa permukaan rak buku yang terbuat dari kayu dengan tekstur licin dan permukaan lantai yang terbuat dari beton berwarna abu-abu. Arah pantulan cahaya mengarah ke plafon berwarna putih yang kemudian dipantulkan ke bidang kerja meja. Pemantulan yang terjadi di area bukaan tinggi dan rendah serta plafon membuat tingkat

iluminasi pada area tersebut lebih besar dibandingkan dengan tingkat iluminasi pada bidang kerja. Hal ini membuat pemerataan cahaya secara vertikal belum merata.

### 3. Rasio Kecerlangan dan Silau

Rasio kecerlangan dan silau dipengaruhi oleh penataan elemen ruang dalam yang berpotensi menjadi bidang reflektif. Selain itu, perletakkan perabot ruang juga harus disesuaikan dengan arah datang cahaya matahari agar tidak menimbulkan silau ketika arah hadap pengguna melawan arah datang matahari. Apabila refleksi disekitar maupun area latar bidang kerja memiliki tingkat refleksi yang tinggi dan cahaya yang terpantul sangat tinggi maka akan menyebabkan silau.

Pada ruang kelas 1, bidang kerja berupa papan tulis diletakkan membelakangi bukaan cahaya sisi timur. Dengan perletakkan seperti ini membuat area sekitar papan tulis memiliki tingkat luminasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan area bidang kerja. Hal ini dikarenakan area sekitar papan tulis berupa bukaan cahaya dari kaca bening yang menyebabkan pantulan cahaya pada ruang luar dapat terlihat. Area papan tulis tidak mendapatkan tingkat luminasi yang cukup karena cahaya dari bukaan sisi barat tidak dapat masuk jauh ke dalam ruang kelas hingga mencapai permukaan bidang papan tulis. Penataan meja dan kursi pada ruang kelas 1 menghadap ke bukaan yang berada di sisi timur. Hal ini membuat arah pandang pengguna kelas khususnya siswa langsung mengarah ke bukaan cahaya dan akan menimbulkan silau.

Pada ruang kelas 12 rasio kecerlangan pada bidang kerja papan tulis sesuai dengan standar. Hal ini dikarenakan area sekitar dan latar dari bidang kerja merupakan permukaan dinding berwarna putih. Walaupun dinding berwarna cerah dan memiliki nilai reflektansi yang tinggi, namun cahaya yang masuk melalui bukaan di sisi utara tidak dapat masuk jauh ke dalam ruang kelas atau menyentuh bidang permukaan dinding sebelah selatan. Dengan begitu, area bidang kerja memiliki tingkat luminasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat luminasi pada area sekitar dan latar. Bidang kerja papan tulis memiliki permukaan yang licin membuat bidang ini reflektif terhadap cahaya. Namun dikarenakan banyaknya pantulan yang terjadi di area bukaan sisi utara membuat tidak ada cahaya yang langsung mengarah ke bidang kerja papan tulis. Hal ini membuat bidang kerja papan tulis tidak menimbulkan silau.

## 5.2. Upaya Peningkatan Efektivitas Pencahayaan Alami dalam Ruang Kelas Sekolah BINUS Bekasi

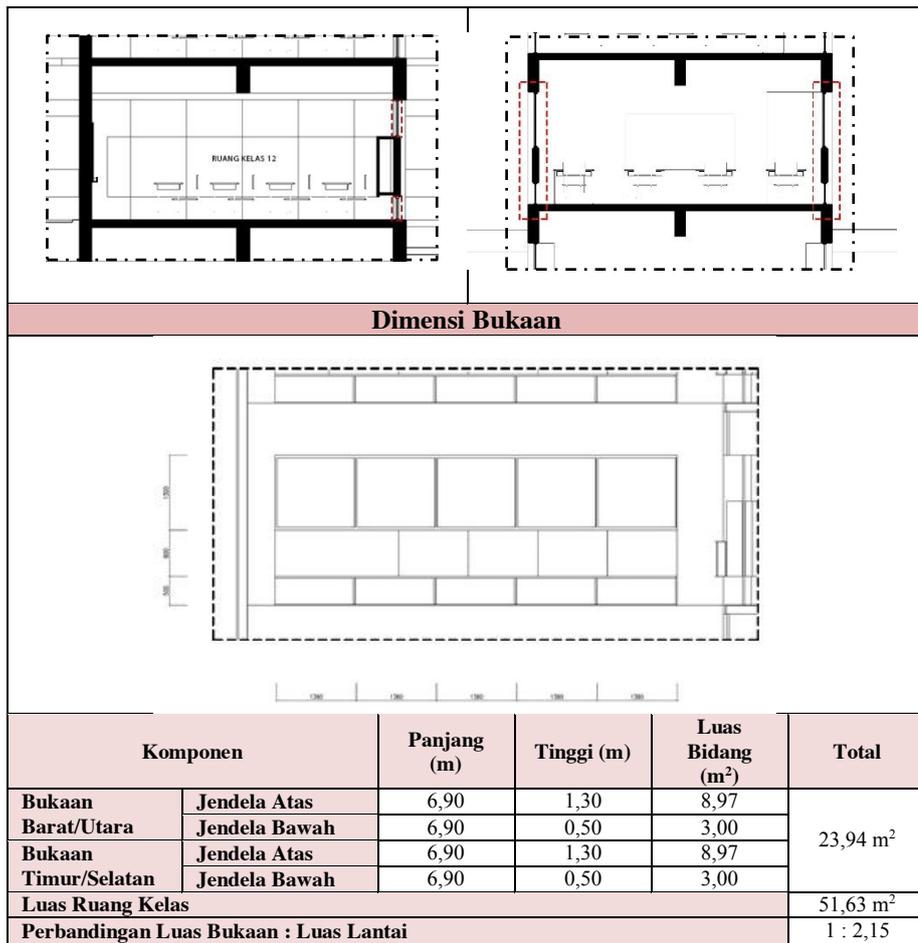
Dari hasil simulasi yang telah dijabarkan pada tahap analisis diketahui bahwa ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi memiliki beberapa permasalahan pencahayaan alami dalam ruang tersebut, yaitu kurangnya intensitas cahaya pada meja kerja, distribusi cahaya yang tidak merata, dan potensi silau ketika melihat ke bidang kerja berupa papan tulis atau sumber cahaya. Dengan adanya permasalahan ini efektivitas dalam ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi belum tercapai.

Dalam upaya untuk mencapai efektivitas pencahayaan alami dalam ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi, dilakukan beberapa perubahan pada dimensi bukaan cahaya dan perletakan perabot dalam ruang kelas. Dua poin ini dianggap memiliki peran yang cukup signifikan dalam mencapai efektivitas pencahayaan alami.

Dimensi bukaan cahaya pada setiap ruang kelas diperbesar dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah cahaya alami yang masuk ke dalam ruang kelas. Berikut adalah perbandingan dimensi bukaan cahaya sebelum dan sesudah dilakukan perubahan:

Tabel 5.1 Perbandingan Desain Bukaan pada Ruang Kelas

Desain Bukaan Ruang Kelas 1 dan 12	
Sebelum	Sesudah

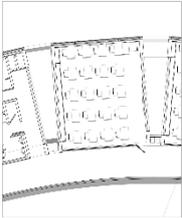
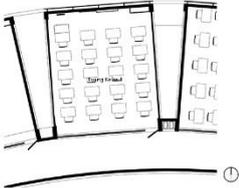
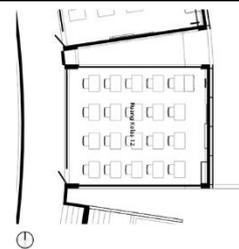


Perbesaran jendela tinggi pada setiap ruang kelas disesuaikan dengan rule of thumb lubang cahaya dengan mempertimbangkan lebar ruang kelas tersebut. Untuk ruang kelas 12 lantai 1 dan lantai 2, selain dimensi bukaan cahaya yang juga diperbesar, bukaan cahaya pada ruang kelas ini ditambah jumlahnya agar memiliki luas bukaan cahaya yang sesuai dengan standar SNI,

Perubahan perletakan perabot dalam ruang kelas juga menjadi salah satu upaya yang dilakukan untuk mencapai efektivitas pencahayaan alami. Rak yang sebelumnya berada di dekat bukaan cahaya dipindahkan ke koridor (luar ruang kelas) dikarenakan area yang tepat berada di bawah rak tidak mendapatkan cahaya alami karena cahaya yang masuk dipantulkan menuju ke plafon. Selain itu, perletakkan papan tulis dipindahkan dan diletakkan pada dinding yang tidak memiliki bukaan cahaya. Ruang kelas 1 memiliki papan tulis di sisi dinding utara dan ruang kelas 12 memiliki papan tulis di sisi dinding timur. Hal ini dilakukan untuk menghindari silau ketika menghadap ke sumber cahaya

dan juga menghindari terjadinya tingkat luminasi area latar yang lebih besar dibandingkan tingkat luminasi pada area kerja.

Tabel 5.2 Perbandingan Perletakan Perabot Ruang Dalam Kelas

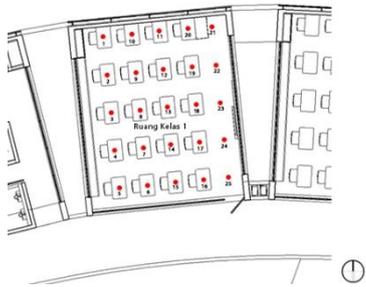
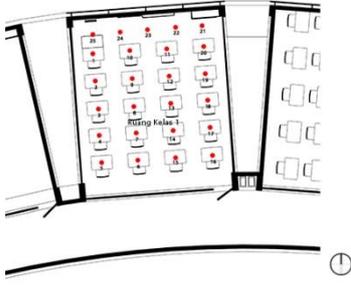
Desain Ruang Dalam	
Sebelum	Sesudah
	
	

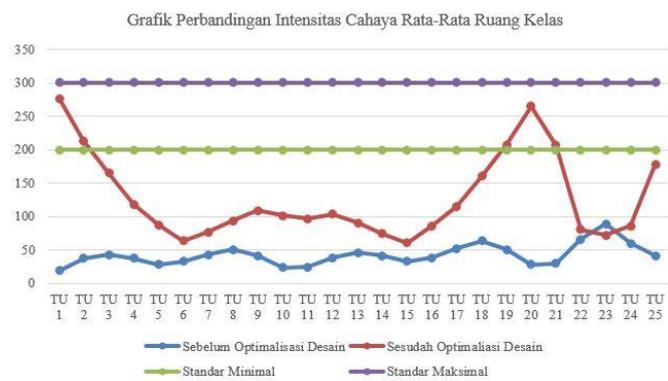
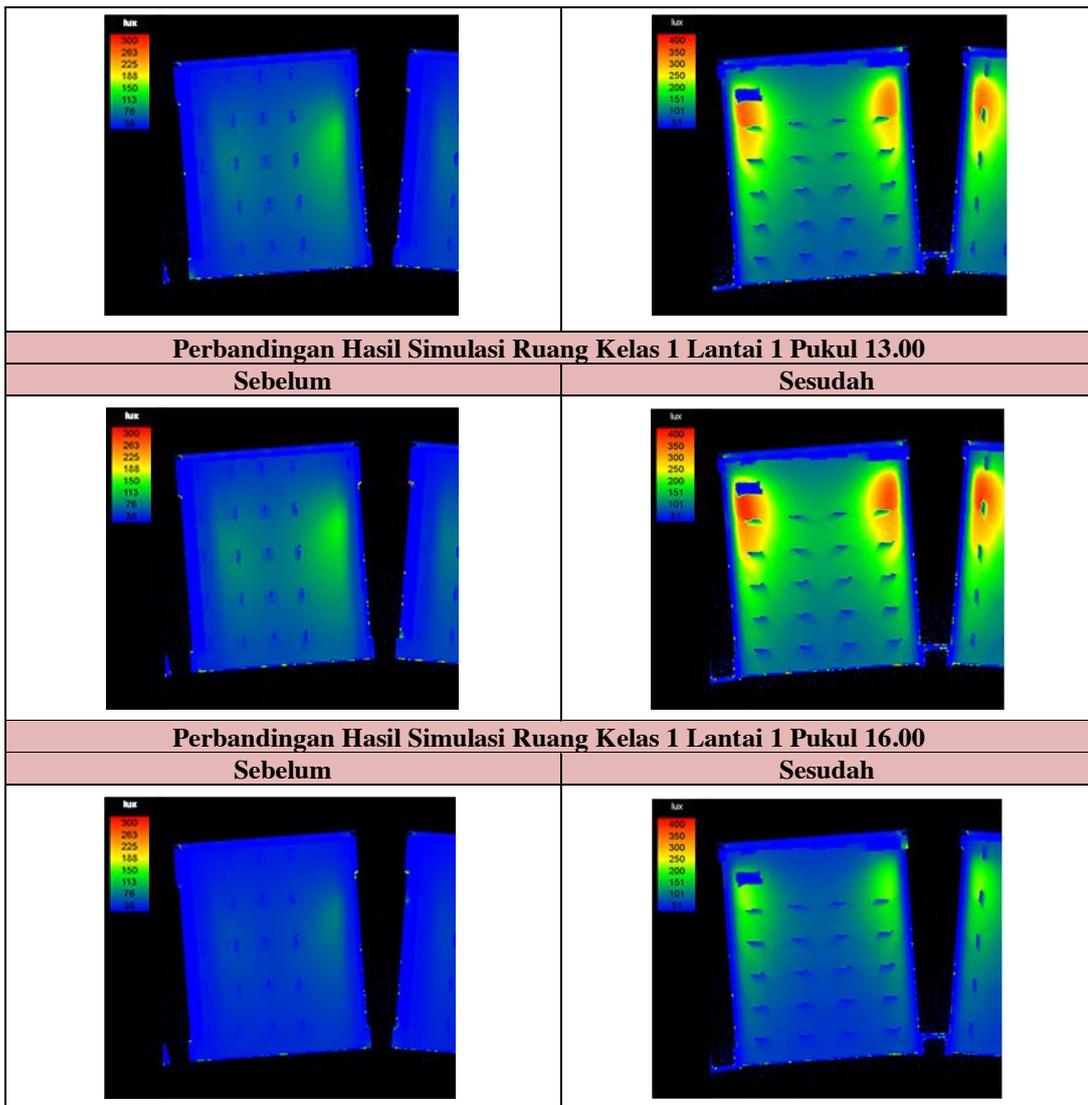
Setelah dilakukan perubahan dalam desain bukaan dan penataan perabot dalam ruang kelas, ruang kelas tersebut kembali disimulasikan untuk mengetahui perubahan tingkat efektivitas pencahayaan alami dalam ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi.

### 5.2.1. Ruang Kelas 1 (Lantai 1)

#### 1. Intensitas Cahaya

Tabel 5.3 Perbandingan Tingkat Intensitas Cahaya pada Ruang Kelas 1 Lantai 1

Perbandingan Hasil Simulasi Ruang Kelas 1 Lantai 1 Pukul 10.00	
Sebelum	Sesudah
	

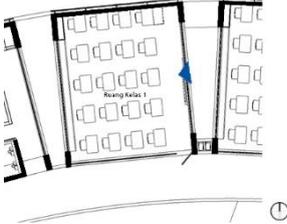
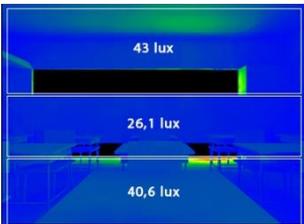
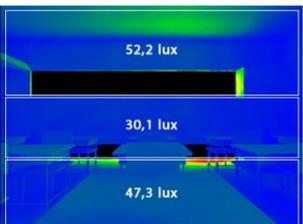
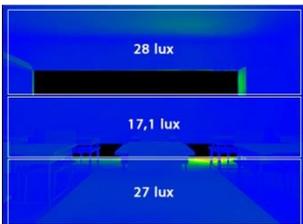
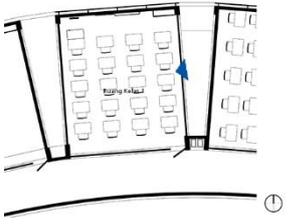
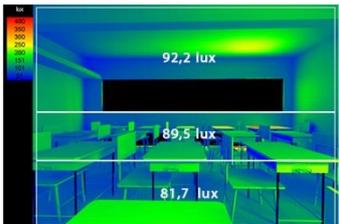
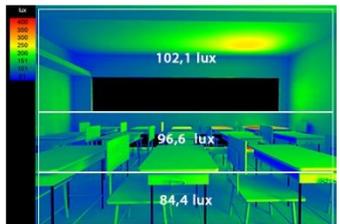
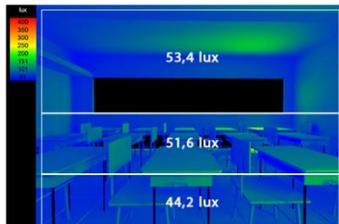


Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya Rata-Rata Ruang Kelas 1 Lantai 1

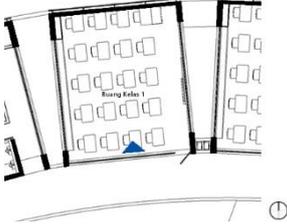
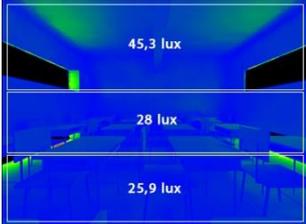
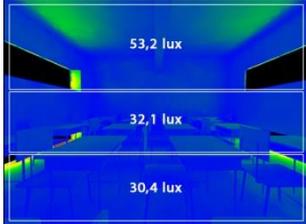
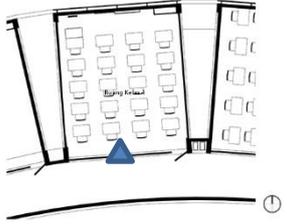
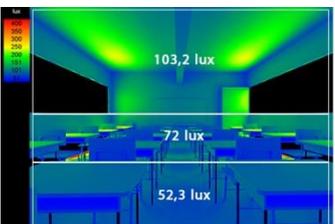
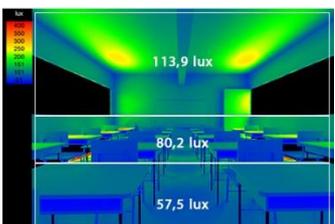
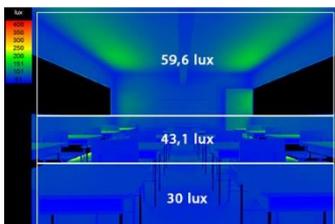
Setiap titik ukur mengalami kenaikan tingkat intensitas yang ada di atas bidang kerja berupa meja. Namun kenaikan yang terjadi masih belum mencapai standar yang ditentukan. Terdapat lima titik ukur yang mencapai *range* standar 200 – 300 lux.

## 2. Kemerataan Cahaya

Tabel 5.4 Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 1 Lantai 1  
**Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 1 Lantai 1**

Sebelum			
			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	
			
Sesudah			
			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	
			

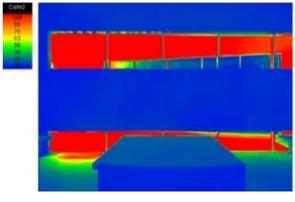
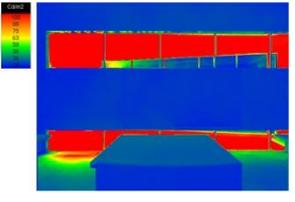
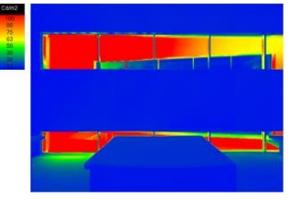
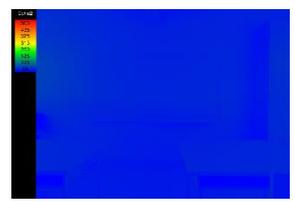
Tabel 5.5 Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 1 Lantai 1  
**Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 1 Lantai 1**

<b>Sebelum</b>			
			
<b>Pukul 10.00</b>	<b>Pukul 13.00</b>	<b>Pukul 16.00</b>	
			
<b>Sesudah</b>			
			
<b>Pukul 10.00</b>	<b>Pukul 13.00</b>	<b>Pukul 16.00</b>	
			

Kemerataan cahaya pada ruang kelas 1 lantai 1 setelah dilakukan perubahan desain bukaan cahaya dan ruang dalam menunjukkan hasil yang lebih merata dibandingkan dengan sebelumnya. Tingkat iluminasi pada area plafon tetap lebih tinggi dibandingkan dengan area lain. Namun pada area bidang kerja tingkat iluminasi lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi awal.

### 3. Rasio Kecerlangan dan Silau

Tabel 5.6 Perbandingan Rasio Kecerlangan terhadap Bidang Kerja Papan Tulis pada Ruang Kelas 1 Lantai 1

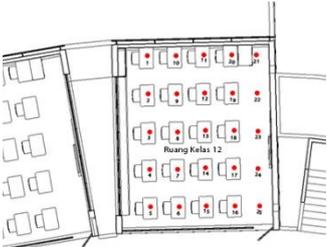
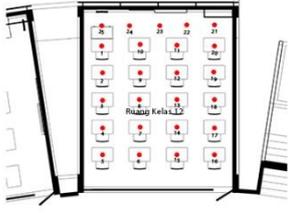
		Pukul 10.00		Pukul 13.00		Pukul 16.00	
Ruang Kelas 1 Lantai 1							
		<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>	<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>	<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>
		1:16,22	1:4,78	1:16,48	1:4,07	1:18,06	1:3,47
							
		<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>	<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>	<i>Field of vision : Field of view</i>	<i>Field of vision : Background</i>
		1:1,02	1:0,9	1:1,01	1:0,9	1:1,17	1:1,25

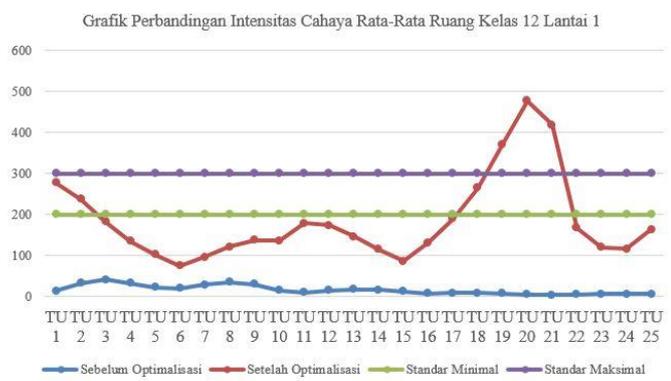
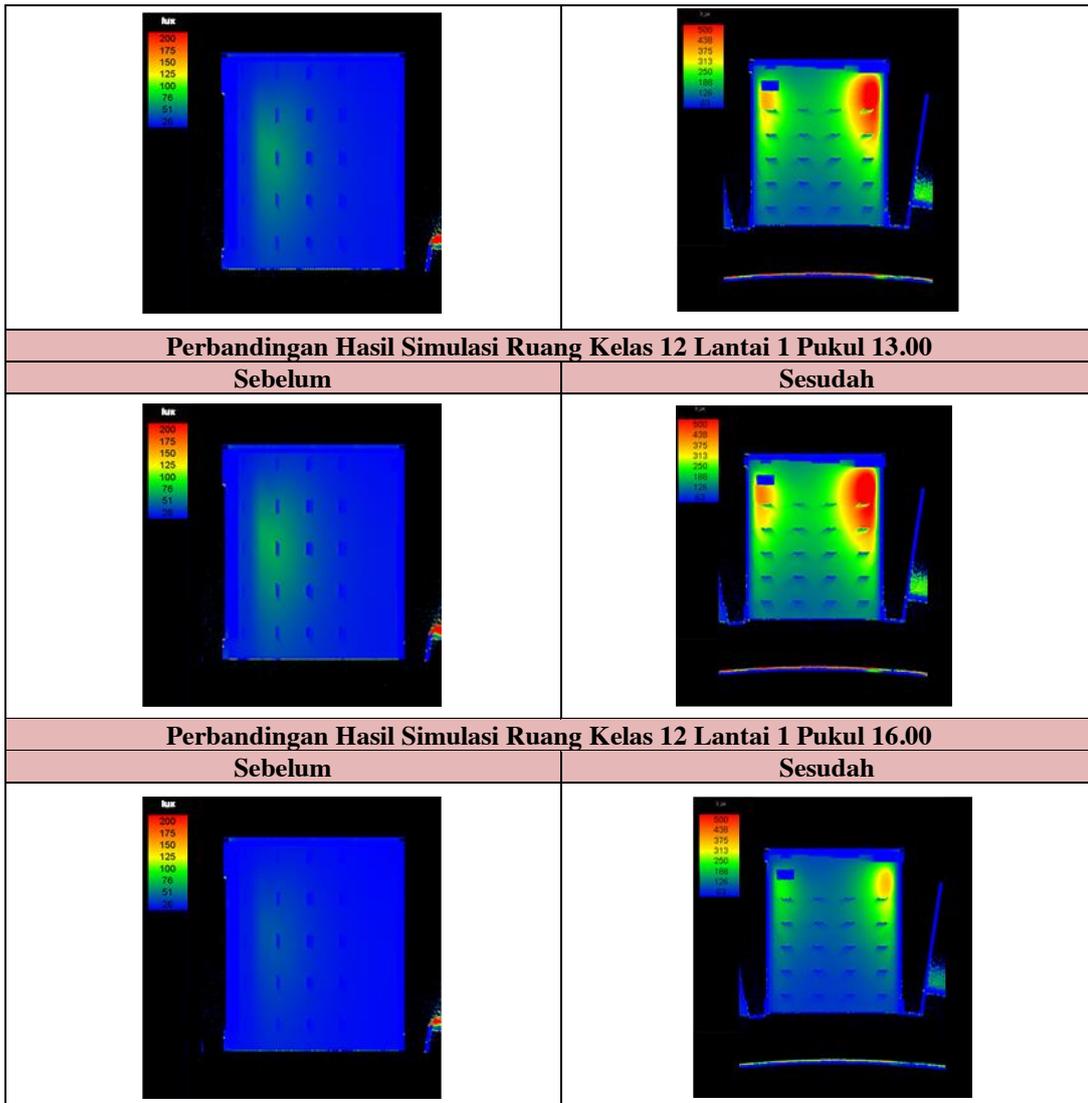
Rasio kecerlangan antara bidang kerja dan area sekitarnya menjadi sesuai dengan standar yang ada setelah papan tulis dipindahkan.

#### 5.2.2. Ruang Kelas 12 (Lantai 1)

##### 1. Intensitas Cahaya

Tabel 5.7 Perbandingan Tingkat Intensitas Cahaya pada Ruang Kelas 12 Lantai 1

Perbandingan Hasil Simulasi Ruang Kelas 12 Lantai 1 Pukul 10.00	
Sebelum	Sesudah
	

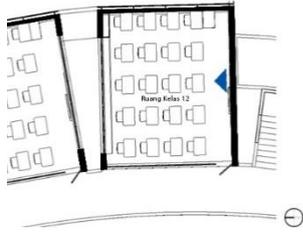
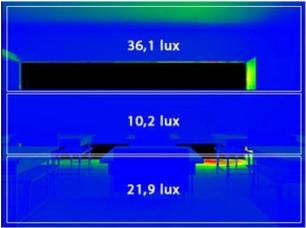
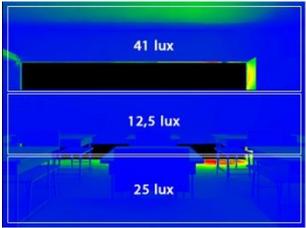
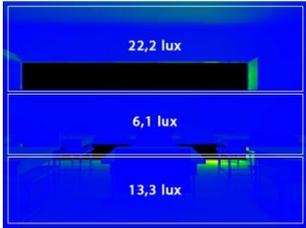
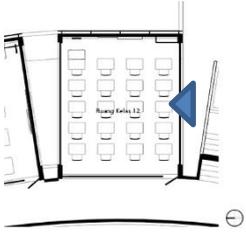
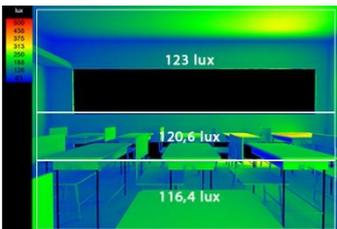
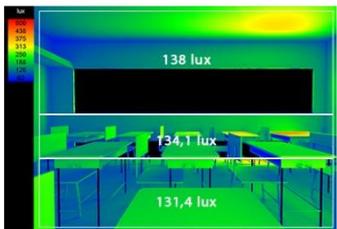
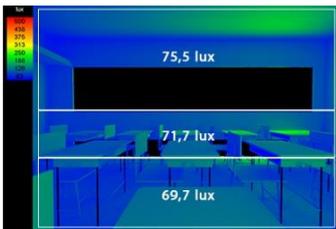


Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Intensitas Rata-Rata Ruang Kelas 12 Lantai 1

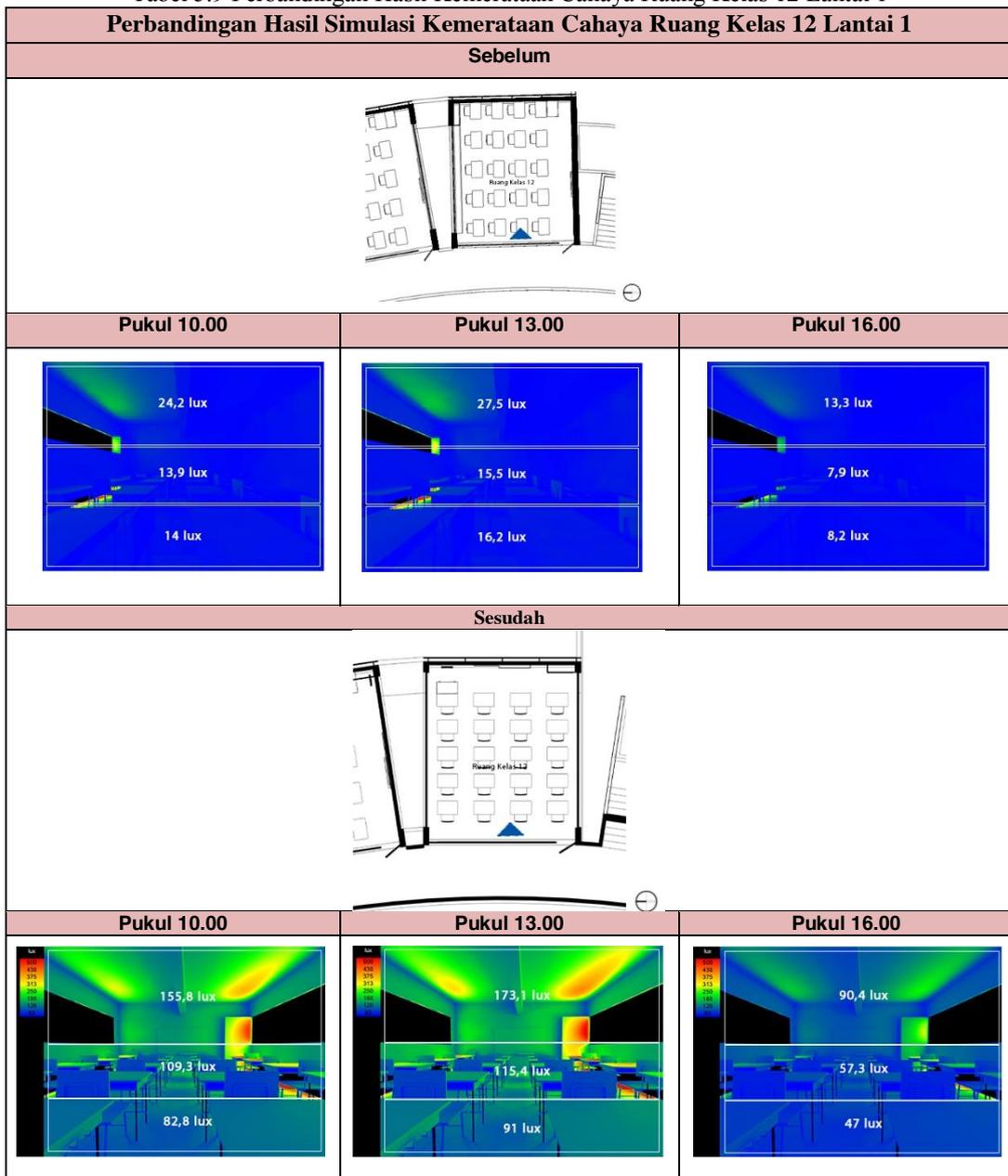
Terdapat titik ukur yang melebihi standar intensitas cahaya yang ditentukan. Hal ini dapat berpotensi menimbulkan silau bagi pengguna ruang kelas. Keadaan silau dapat direduksi dengan menggunakan kaca film untuk kombinasi pada bagian kaca bukaan.

## 2. Kemerataan Cahaya

Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 1  
Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 1

Sebelum			
			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	
			
Sesudah			
			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	
			

Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 1  
**Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 1**

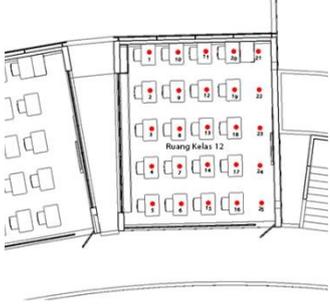
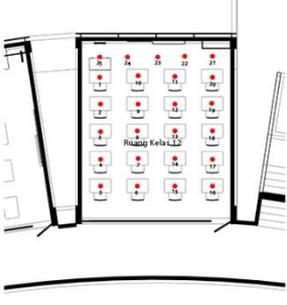
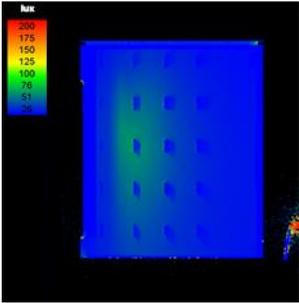
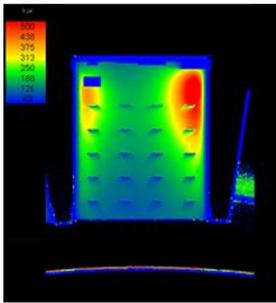
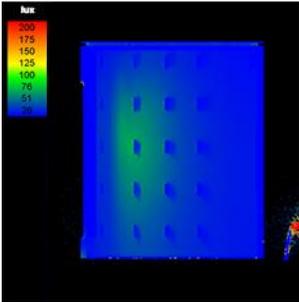
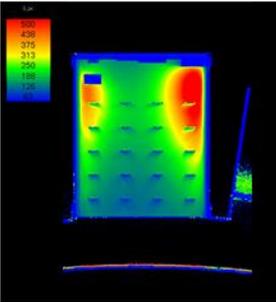
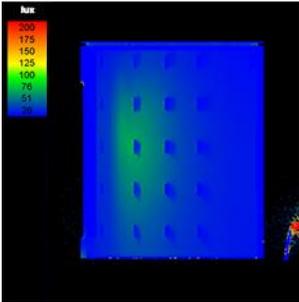
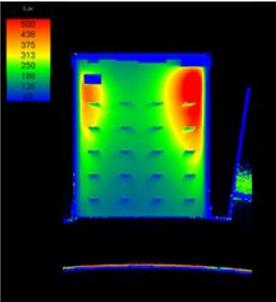
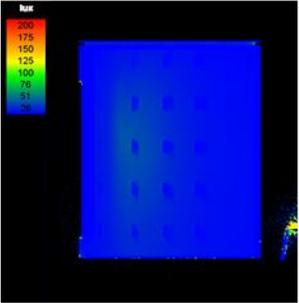
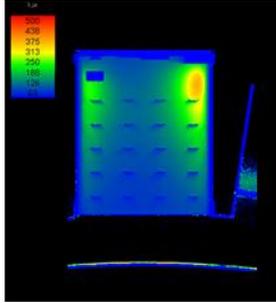
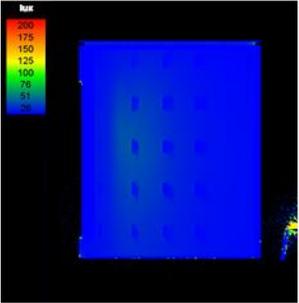
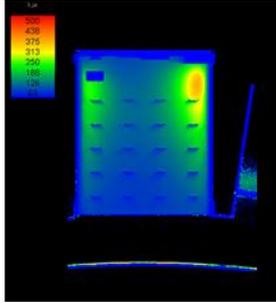


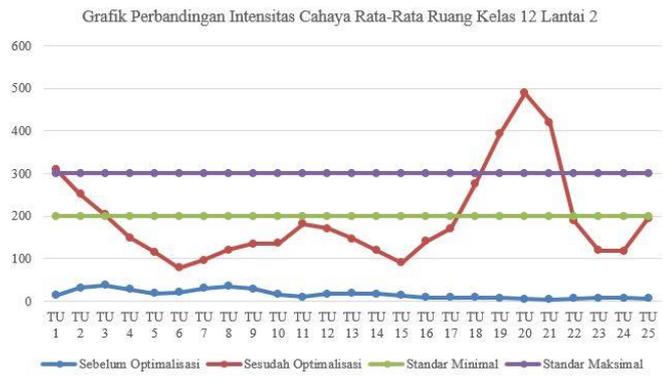
Kemerataan dalam ruang kelas 12 lantai 1 terlihat lebih merata setelah terdapat dua bukaan di dua sisi dinding yang berbeda. Dapat dilihat juga bahwa penetrasi cahaya matahari dapat jauh masuk ke dalam ruang kelas.

### 5.2.3. Ruang Kelas 12 (Lantai 2)

#### 1. Intensitas Cahaya

Tabel 5.10 Perbandingan Hasil Simulasi Intensitas Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 2

Perbandingan Hasil Simulasi Ruang Kelas 12 Lantai 2 Pukul 10.00	
Sebelum	Sesudah
	
	
Perbandingan Hasil Simulasi Ruang Kelas 12 Lantai 2 Pukul 13.00	
Sebelum	Sesudah
	
	
Perbandingan Hasil Simulasi Ruang Kelas 12 Lantai 2 Pukul 16.00	
Sebelum	Sesudah
	
	

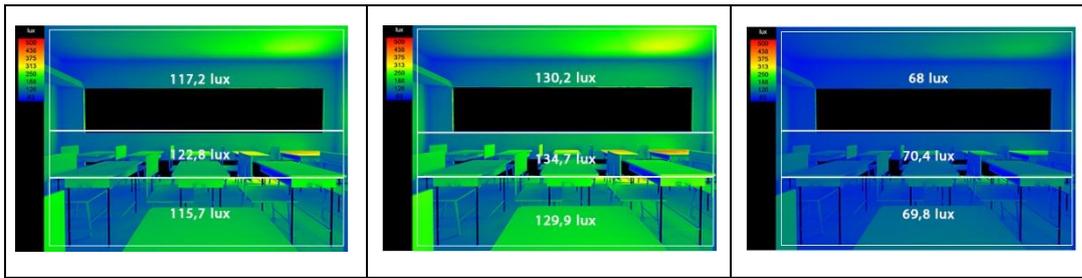


Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya Rata-Rata Ruang Kelas 12 Lantai 2

2. Kemerataan Cahaya

Tabel 5.11 Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 2

Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 2			
Sebelum			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	
<p>41,5 lux 15,6 lux 25,8 lux</p>	<p>47,8 lux 15,5 lux 28,5 lux</p>	<p>24,4 lux 7,8 lux 15 lux</p>	
Sesudah			
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00	



Tabel 5.12 Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 2  
**Perbandingan Hasil Simulasi Kemerataan Cahaya Ruang Kelas 12 Lantai 1**

Sebelum		
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00
Sesudah		
Pukul 10.00	Pukul 13.00	Pukul 16.00

Rasio kecerlangan dan silau terhadap sumber cahaya masih terjadi pada ketiga ruang kelas di atas. Namun jika dimensi bukaan diperkecil agar tidak menimbulkan silau, intensitas dan pemerataan cahaya akan kembali terganggu. Untuk menyelesaikan masalah ini dapat digunakan material *frosted glass sticker* untuk dikombinasikan dengan bukaan berupa kaca bening. Dengan begitu cahaya matahari akan tetap bisa masuk ke dalam ruang kelas.

### **5.3. Saran**

Manfaat penelitian ini ditujukan pada penelitian selanjutnya, pembaca maupun pengelola Sekolah BINUS Bekasi.

#### **5.3.1. Penelitian Selanjutnya**

Penelitian tentang efektivitas pencahayaan alami pada Sekolah BINUS Bekasi khususnya massa bangunan bertingkat yang di dalamnya terdapat ruang kelas SD – SMA ini secara spesifik membahas tentang tatanan massa bangunan dan desain bukaan yang terfokuskan pada orientasi, bentuk, dimensi, posisi, dan material yang digunakan dalam objek penelitian. Selain material pada massa bangunan dan desain bukaan, dibahas pula material yang ada di ruang dalam kelas yang digunakan untuk memantulkan cahaya hingga sampai ke bidang kerja dan dilihat efektivitas pencahayaan alami pada objek terkait. Penelitian ini masih bisa dikembangkan lebih lanjut untuk menemukan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi efektivitas pencahayaan alami, khususnya pada bangunan fungsi pendidikan berupa sekolah

#### **5.3.2. Pengelola Sekolah BINUS Bekasi**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai efektivitas pencahayaan alami yang dipengaruhi oleh tatanan massa bangunan, desain bukaan dan ruang dalam, serta mengacu pada beberapa kesimpulan yang ditarik, maka diberikan beberapa saran untuk mengoptimalkan pemanfaatan pencahayaan alami dalam ruang kelas Sekolah BINUS Bekasi sebagai berikut:

1. Ruang kelas 1 lantai 1, masalah yang masih ditemukan terkait efektivitas pencahayaan alami adalah kurangnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang kelas membuat tingkat intensitas di atas meja kerja sangat rendah. Selain itu, dikarenakan intensitas yang rendah, pendistribusian cahaya dalam ruang kelas menjadi tidak merata karena cahaya tidak dapat melakukan penetrasi ke area yang lebih dalam dikarenakan tingkat iluminasi yang rendah. Hal ini dapat diselesaikan dengan pelebaran dimensi

jendela, semakin besar dimensi jendela akan semakin besar pula jumlah cahaya yang dapat masuk. Namun, pelebaran dimensi ini harus tetap mengikuti aturan yang berlaku untuk bangunan sekolah. Terdapat pula fenomena silau yang dapat dirasakan setiap waktu ketika pengguna melihat ke arah bukaan cahaya dan bidang kerja berupa papan tulis. Hal ini dapat dihindari dengan pemindahan bidang kerja papan tulis pada ruang kelas 1 lantai 1 agar tidak membelakangi sumber cahaya dan penggunaan ruang kelas dalam melakukan aktivitasnya menghadap ke sumber cahaya. Selain itu, juga dapat dilakukan penambahan material kombinasi pada kaca seperti *frosted glass sticker*.

2. Ruang kelas 2 lantai 1 dan 2, masalah yang ditemukan adalah kurangnya tingkat intensitas cahaya alami dan tidak meratanya cahaya alami di dalam ruang kelas. Masalah ini dapat diselesaikan dengan penambahan bukaan cahaya pada sisi selatan ruang kelas. Selain kurangnya intensitas cahaya dalam ruang kelas, fenomena silau juga terjadi pada ruang kelas ini dikarenakan tingkat kecerlangan yang tinggi antara ruang dalam kelas dengan ruang luar yang dapat terlihat melalui bukaan cahaya. Penggunaan *frosted glass sticker* dapat dilakukan dengan kombinasi tertentu agar kebutuhan cahaya dalam ruang kelas tetap tercapai.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Gunawan, Ryani. (2011). Simulasi Rancangan Bukaan Pencahayaan Cahaya Matahari Langsung. *Research Report – Engineering Science*, Volume 1, 2011.
- Karlen, Mark., James Benya (2004). *Lighting Design Basics*. New Jersey; John Wiley & Sons, Inc.
- Kepmenkes No. 1429 Tahun 2006 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Sekolah
- Lechner, Nobert. (2015) *Heating, Cooling, Lighting; Sustainable Design Methods for Architects Fourth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.
- Pangestu, Mira Dewi. (2019). *Pencahayaan Alami dalam Bangunan*. Bandung: Unpar Press.
- Mangunwijaya, YB, Dipl. Ing. 2000. *Pasal-pasal Penghantar Fisika Bangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Brown, G.Z. 1990. *Matahari, Angin, dan Cahaya – Strategi Perancangan Arsitektur*. Bandung: Intermatra.
- Szokolay, Steven. V. 2004. *Introduction to Architectural Science: the basis of sustainable design*. Oxford.
- Ching, Francis D.K. 2000. *Arsitektur: Bentuk, Ruang, dan Tatahan*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ching, Francis D.K. 2007. *Arsitektur: Bentuk, Ruang, dan Tatahan*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lam, William M.C. 1986. *Sunlighting as Formgiver for Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Limited.
- Evans, Benjamin H. 1981. *Daylight in Architecture*. New York: Architectural Record McGraw-Hill Publications Company.