

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

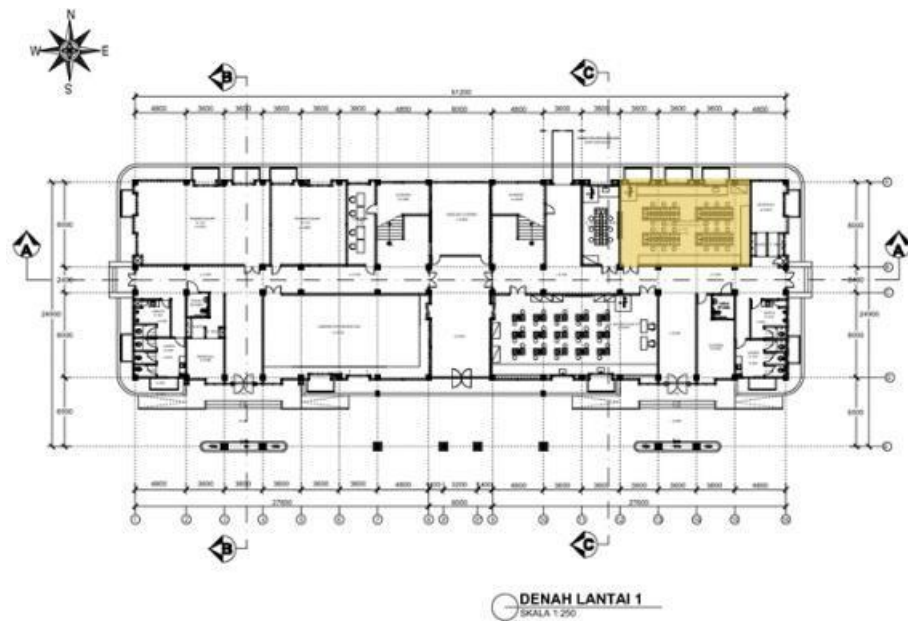
4.1 Karakteristik Objek Penelitian

Gedung H Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) Universitas Diponegoro dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki ruang kelas dan laboratorium dengan karakteristik desain jendela yang berbeda, sehingga sesuai untuk mengevaluasi kinerja pencahayaan alami. Bangunan ini digunakan sebagai fasilitas pendidikan yang mendukung kegiatan perkuliahan dan praktikum. Sebagai bangunan pendidikan, Gedung H memanfaatkan pencahayaan alami melalui bukaan berupa jendela pada setiap ruang untuk menunjang aktivitas belajar mengajar pada siang hari. Pencahayaan alami pada suatu ruang dipengaruhi oleh berbagai karakteristik fisik bangunan, antara lain dimensi ruang, orientasi bangunan, ukuran dan jumlah jendela, posisi bukaan, serta *Window to Wall Ratio* (WWR). Perbedaan karakteristik tersebut akan memengaruhi jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan, tingkat iluminasi yang dihasilkan, serta pola distribusi pencahayaan alami. Oleh karena itu, identifikasi karakteristik objek penelitian diperlukan sebagai dasar dalam memahami hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini.

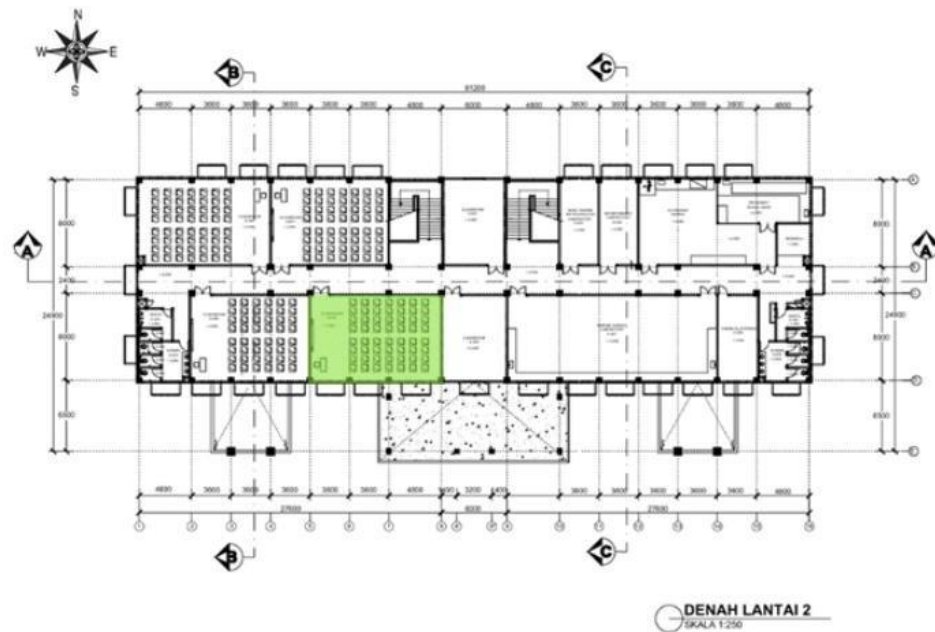


Gambar 4. 1 Gedung H Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip

Penelitian ini difokuskan pada Laboratorium Akuakultur H.102 dan Ruang Kelas G.206. Kedua ruang dipilih karena mewakili dua fungsi utama pada bangunan pendidikan, yaitu ruang praktikum dan ruang pembelajaran. Laboratorium digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum yang membutuhkan kondisi pencahayaan yang memadai agar aktivitas pengamatan dapat dilakukan dengan baik. Sementara itu, ruang kelas digunakan untuk kegiatan pembelajaran seperti penyampaian materi, diskusi, dan presentasi sehingga memerlukan pencahayaan yang nyaman bagi dosen maupun mahasiswa.



Gambar 4. 2 Posisi Laboratorium Akuakultur H.102 pada Denah Gedung H



Gambar 4. 3 Posisi Ruang Kelas G.206 pada Denah Gedung H

Karakteristik fisik kedua ruang penelitian meliputi dimensi ruang, luas lantai, jumlah dan ukuran jendela, luas bukaan jendela, nilai *Window to Wall Ratio* (WWR), orientasi fasad, posisi jendela, jenis material kaca, dan tinggi langit – langit. Data tersebut diperoleh dari *Detail Engineering Design* (DED) Gedung H dan hasil pengukuran serta observasi langsung di lapangan untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi eksisting.

Tabel 4. 1 Karakteristik Objek Penelitian

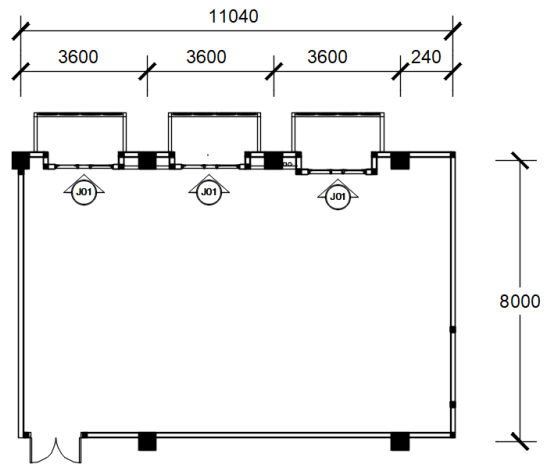
Aspek	Lab. Akuakultur H.102	Ruang Kelas G.206
Dimensi ruang ($p \times l \times t$)	11 × 7,8 × 3 m	11.8 × 7,8 × 3 m
Jumlah jendela	3 buah	7 buah
Ukuran jendela ($l \times t$)	1,7 × 1,4 m	0,6 × 1,2 m
Luas jendela total	7,14 m ²	5,04 m ²
WWR (Window-to-Wall Ratio)	22 %	14 %
Orientasi fasad	Menghadap utara	Menghadap selatan
Posisi sill (ambang bawah)	0,8 m dari lantai	0,9 m dari lantai
Posisi head (ambang atas)	2,2 m dari lantai	2,1 m dari lantai
Jenis material kaca	Kaca bening	Kaca bening
Ketinggian langit-langit	3 m	3 m
Luas lantai	86 m ²	92 m ²
Fungsi ruang	Praktikum akuakultur	Perkuliahan

Berdasarkan tabel 4.1, Laboratorium Akuakultur H.102 memiliki dimensi ruang 11 x 7,8 x 3 m dengan luas lantai 86 m², sedangkan Ruang Kelas G.206 memiliki dimensi rang 11,8 x 7,8 x 3 m denagn luas lantai 92 m². Laboratorium memiliki tiga buah jendela berukuran 1,7 x 1,4 m dengan dengan luas total bukaan jendela 7,14 m², sedangkan ruang kelas memiliki tujuh buah jendela berukuran 0,6 x 1,2 m dengan luas total bukaan jendela 5,04 m². Selain itu, laboratorium

menghadap ke utara, sedangkan ruang kelas menghadap ke arah selatan. Jendela pada kedua ruang menggunakan material kaca bening dengan tinggi langit – langit 3 m, namun memiliki nilai *Window to Wall Ratio* (WWR) yang berbeda sehingga potensi penerimaan cahaya alami pada masing – masing ruang juga berbeda. Perbedaan karakteristik fisik tersebut menjadi salah satu faktor yang memengaruhi tingkat iluminasi dan distribusi pencahayaan alami pada kedua ruang penelitian. Untuk memberikan gambaran mengenai kondisi bukaan pada masing – masing ruang, tampilan jendela Laboratorium Akuakultur H.102 dan Ruang Kelas G.206 disajikan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.6.



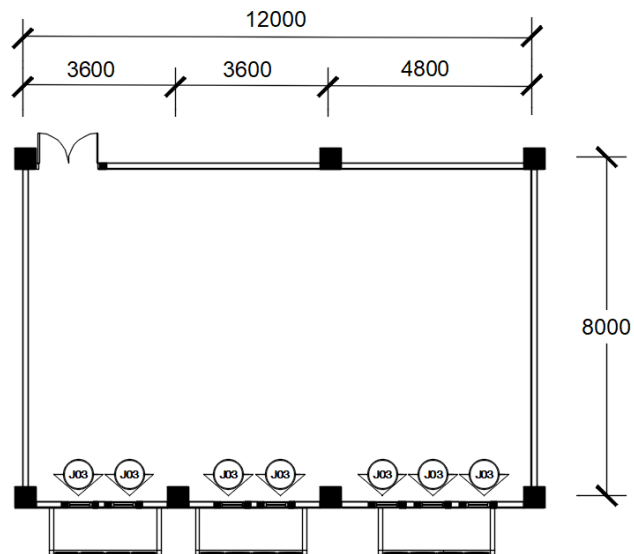
Gambar 4. 4 Jendela Laboratorium Akuakultur H.102



Gambar 4. 5 Denah Jendela Laboratorium Akuakultur H.102



Gambar 4. 6 Jendela Ruang Kelas G.206



Gambar 4. 7 Denah Jendela Ruang Kelas G.206

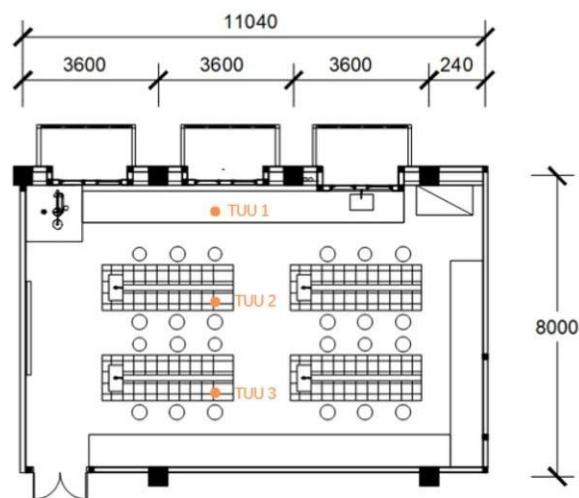
4.2 Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami

Pengukuran pencahayaan alami dilakukan untuk memperoleh data tingkat iluminasi pada Laboratorium Akuakultur H.102 dan Ruang Kelas G.206 sebagai kondisi pencahayaan alami eksisting. Pengukuran dilakukan menggunakan 4 in 1 *Multifunction Environment Meter* dengan memanfaatkan fungsi *light meter* untuk

mengukur tingkat iluminasi dalam satuan lux (lx). Pengambilan data dilakukan pada tiga titik ukur utama yang mewakili area dekat jendela (TUU 1), bagian tengah ruangan (TUU 2), dan bagian terdalam ruangan (TUU 3). Pengukuran dilaksanakan pada pukul 11.00 WIB dengan kondisi lampu dimatikan sehingga sumber pencahayaan hanya berasal dari cahaya alami. Waktu pengukuran tersebut dipilih karena mewakili kondisi siang hari ketika posisi matahari berada pada elevasi yang relatif tinggi, sehingga intensitas cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan cenderung lebih stabil dan dapat menggambarkan kondisi pencahayaan alami pada ruangan tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan tingkat iluminasi pada setiap titik ukur. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jarak titik ukur terhadap bukaan jendela sebagai sumber masuknya cahaya alami.

4.2.1 Hasil Pengukuran Laboratorium Akuakultur H.102

Pengukuran tingkat iluminasi pada Lboratorium Akuakultur H.102 dilakukan pada tiga titik ukur utama (TUU), yaitu TUU 1, TUU 2, dan TUU 3. Ketiga titik ukur ditempatkan untuk mewakili area dekat jendela, bagian tengah ruang, dan bagian terdalam ruang sehingga dapat menggambarkan distribusi pencahayaan alami di dalam laboratorium.



Gambar 4. 8 Posisi Titik Ukur Utama Laboratorium Akuakultur H.102

Pengukuran tingkat iluminasi pada Laboratorium Akuakultur H.102 menghasilkan nilai iluminasi yang berbeda pada setiap titik ukur. Data hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

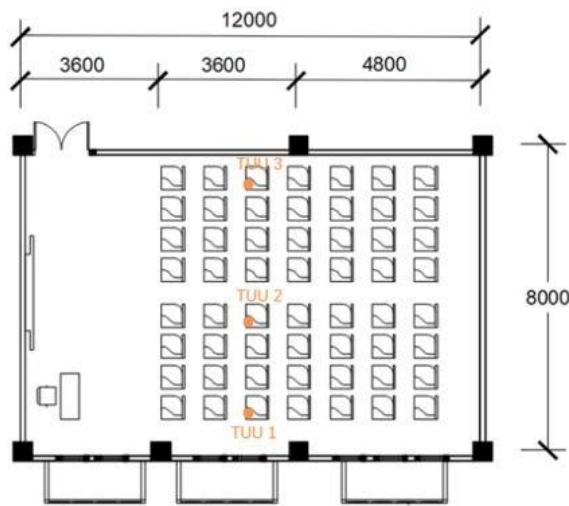
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Tingkat Iluminasi Laboratorium Akuakultur H.102

Lokasi Penelitian	Siang (11.00 WIB)		
	Lampu Mati		
	TUU 1 (lux)	TUU 2 (lux)	TUU 3 (lux)
H.102 – Lab. Akuakultur	393 lux	46 lux	26 lux

Berdasarkan Tabel 4.2, nilai iluminasi tertinggi diperoleh pada TUU 1 sebesar 393 lux, sedangkan TUU 2 dan TUU 3 masing – masing sebesar 46 lux dan 26 lux. Perbedaan nilai iluminasi tersebut menunjukkan adanya penurunan intensitas cahaya alami yang cukup signifikan dari area dekat jendela menuju bagian tengah dan bagian terdalam ruang. Tingginya nilai iluminasi pada TUU 1 dipengaruhi oleh letaknya yang berdekatan dengan bukaan jendela sehingga memperoleh cahaya alami secara langsung. Sebaliknya, TUU 2 dan TUU 3 menerima intensitas cahaya yang lebih rendah karena jaraknya semakin jauh dari sumber masuknya cahaya alami. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami pada Laboratorium Akuakultur H.102 belum merata, dengan pencahayaan alami yang lebih terkonsentrasi pada area di sekitar jendela. Perbedaan tingkat iluminasi antar titik ukur menunjukkan bahwa kemampuan cahaya alami untuk menjangkau bagian dalam ruang masih terbatas. Akibatnya, area yang berada di bagian tengah dan terdalam laboratorium menerima pencahayaan yang jauh lebih rendah dibandingkan area di dekat bukaan jendela.

4.2.2 Hasil Pengukuran Ruang Kelas G.206

Pengukuran tingkat iluminasi pada Ruang Kelas G.206 dilakukan pada tiga titik ukur utama (TUU), yaitu TUU 1, TUU 2, TUU 3. Ketiga titik ukur ditempatkan untuk mewakili area dekat jendela, bagian tengah ruang, dan bagian terdalam ruang sehingga dapat menggambarkan distribusi pencahayaan alami di dalam ruang kelas.



Gambar 4. 9 Posisi Titik Ukur Utama Ruang Kelas G.206

Pengukuran tingkat iluminasi pada Ruang Kelas G.206 menghasilkan nilai iluminasi yang berbeda pada setiap titik ukur. Data hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tingkat Iluminasi Ruang Kelas G.206

Lokasi Penelitian	Siang (11.00 WIB)		
	Lampu Mati		
	TUU 1 (lux)	TUU 2 (lux)	TUU 3 (lux)
G.206 – Ruang Kelas	754 lux	69 lux	34 lux

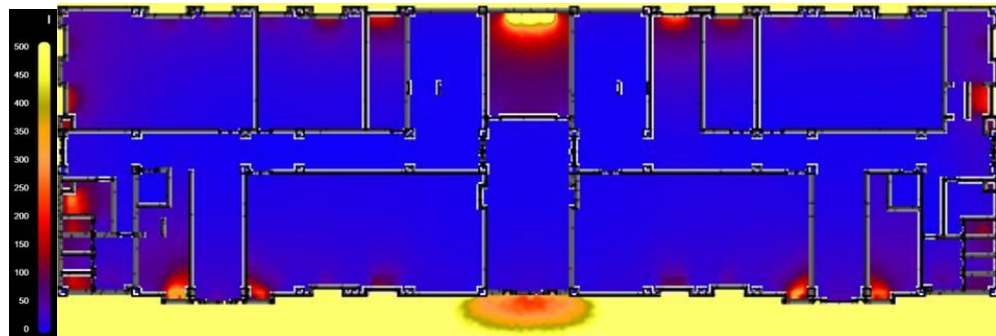
Berdasarkan Tabel 4.3, nilai iluminasi tertinggi diperoleh pada TUU 1 sebesar 754 lux, sedangkan pada TUU 2 dan TUU 3 masing – masing sebesar 69 lux dan 34 lux. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai iluminasi mengalami penurunan yang cukup signifikan dari area dekat jendela menuju bagian tengah dan bagian terdalam ruang. Tingginya nilai iluminasi pada TUU 1 dipengaruhi oleh posisi titik ukur yang berada paling dekat dengan bukaan jendela sehingga memperoleh cahaya alami secara langsung. Sementara itu, TUU 2 dan TUU 3 menerima intensitas cahaya yang lebih rendah karena jaraknya makin jauh dari sumber masuknya cahaya alami. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami pada Ruang Kelas G.206 belum merata, dengan pencahayaan yang lebih terkonsentrasi pada area di sekitar jendela.

4.3 Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Menggunakan *Velux Daylight Visualizer*

Simulasi pencahayaan alami dilakukan menggunakan perangkat lunak *Velux Daylight Visualizer* untuk mengetahui distribusi pencahayaan alami pada Gedung H Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) Universitas Diponegoro. Simulasi dilakukan pada model tiga dimensi Gedung H yang terdiri atas lantai 1 dan lantai 2 sesuai dengan kondisi bangunan eksisting. Parameter simulasi disesuaikan dengan kondisi penelitian, meliputi lokasi penelitian di Kota Semarang, material bangunan berupa kusen, kaca jendela, dan bidang kerja, serta kondisi langit. Simulasi dilakukan pada tiga waktu, yaitu pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB untuk mengetahui distribusi pencahayaan alami pada pagi, siang, dan sore hari. Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk visualisasi distribusi tingkat iluminasi menggunakan gradasi warna. Perbedaan warna menunjukkan variasi tingkat iluminasi pada setiap area bangunan sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang menerima pencahayaan alami tinggi maupun rendah.

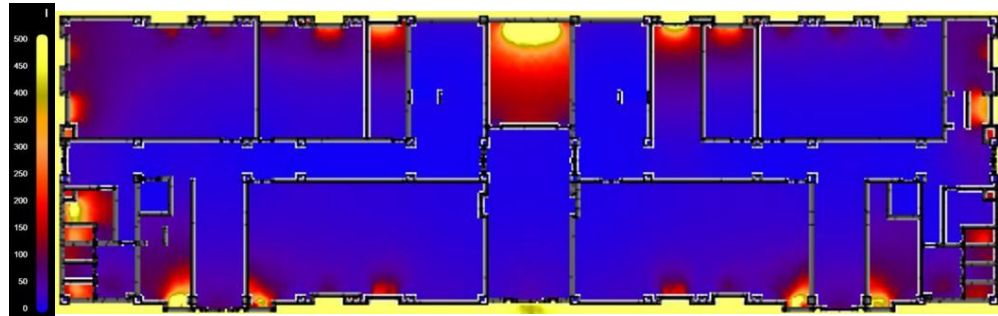
4.3.1 Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Gedung H Lantai 1

Hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 1 pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB ditunjukkan pada Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.8.



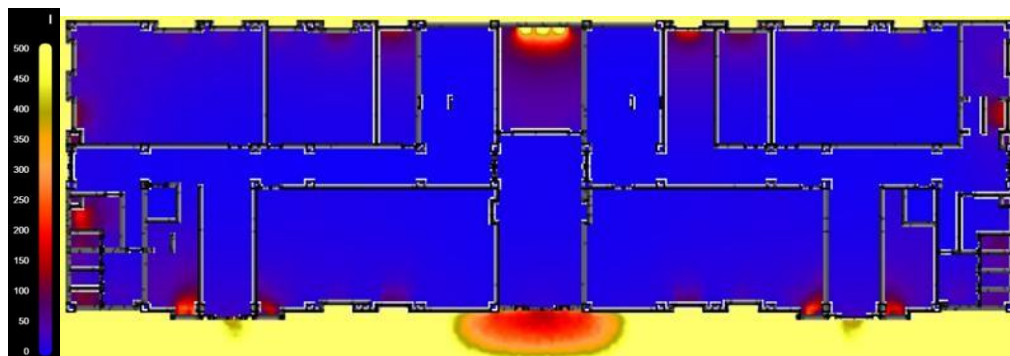
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Velux Gedung H Lantai 1 Pukul 08.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.6, distribusi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 1 pukul 08.00 WIB menunjukkan variasi tingkat iluminasi pada setiap ruang. Tingkat iluminasi tertinggi hanya terlihat pada area didekat bukaan jendela pada salah satu ruang dengan nilai 500 lux. Pada ruang – ruang lainnya, tingkat iluminasi tinggi hanya terdapat pada sebagian kecil area disekitar bukaan, sedangkan bagian tengah hingga bagian terdalam ruang masih didominasi oleh tingkat iluminasi yang rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi cahaya alami belum mampu menjangkau seluruh area ruangan secara nyata.



Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Velux Gedung H Lantai 1 Pukul 11.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.7, hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 1 pukul 11.00 WIB menunjukkan bahwa distribusi tingkat iluminasi masih belum merata pada seluruh ruang. Beberapa area di sekitar bukaan jendela memiliki tingkat iluminasi sebesar 500 lux. Selain itu, terdapat satu ruang yang menunjukkan distribusi pencahayaan alami lebih baik dibandingkan ruang lainnya, ditandai dengan luasan area yang menerima tingkat iluminasi tinggi lebih besar. Sementara itu, ruang – ruang lainnya hanya memiliki area dengan tingkat iluminasi tinggi yang relatif terbatas sehingga Sebagian besar area ruang masih disominasi oleh tingkat iluminasi yang rendah.

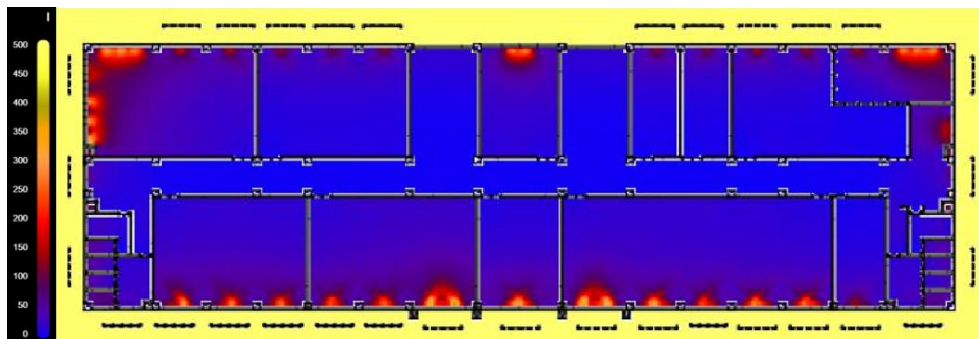


Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Velux Gedung H Lantai 1 Pukul 16.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.8, hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 1 pukul 16.00 WIB menunjukkan bahwa distribusi tingkat iluminasi masih belum merata pada seluruh ruang. Tingkat iluminasi tertinggi, yaitu sekitar 500 lux, hanya terlihat pada satu area di dekat bukaan jendela. Sementara itu, area di sekitar bukaan jendela pada ruang lainnya menunjukkan tingkat iluminasi yang lebih rendah, sedangkan sebagian besar area ruang masih didominasi oleh tingkat iluminasi yang rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 1 belum mampu menjangkau seluruh area ruang secara merata.

4.3.2 Hasil Simulasi Pencahayaan Alami Gedung H Lantai 2

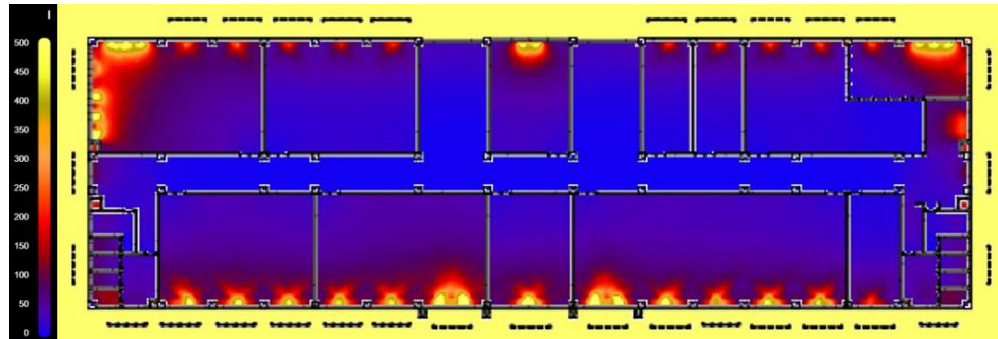
Hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 2 pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, 16.00 WIB ditunjukkan pada Gambar 4.9 sampai dengan Gambar 4.11.



Gambar 4. 13 Simulasi Velux Gedung H Lantai 2 Pukul 08.00 WIB

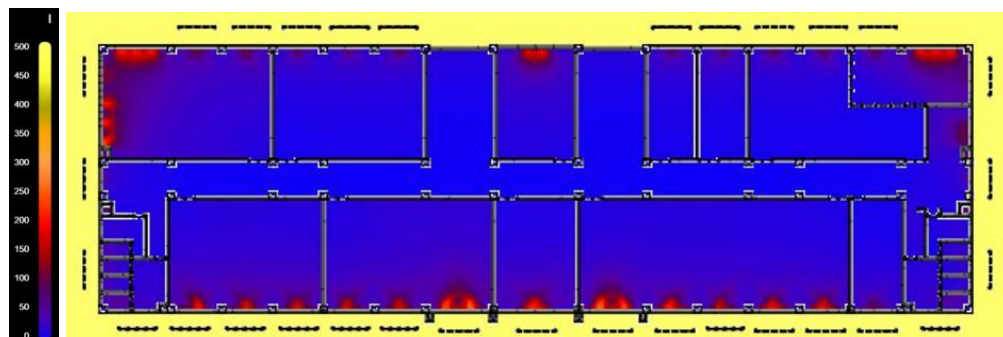
Berdasarkan Gambar 4.9, hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 2 pukul 08.00 WIB menunjukkan adanya variasi tingkat iluminasi pada setiap ruang. Tingkat iluminasi sebesar 500 lux terlihat pada beberapa area di dekat bukaan jendela. Namun, tingkat iluminasi tinggi hanya terdapat pada area yang terbatas di sekitar bukaan jendela, sedangkan sebagian besar area ruang

masih menunjukkan tingkat iluminasi yang lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami pada lantai 2 belum merata.



Gambar 4. 14 Hasil Simulasi Velux Gedung H Lantai 2 Pukul 11.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.10, hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 2 pukul 11.00 WIB menunjukkan adanya peningkatan tingkat iluminasi dibandingkan simulasi pada pukul 08.00 WIB. Tingkat iluminasi sebesar 500 lux terlihat pada beberapa area di dekat bukaan jendela, dengan luasan area yang lebih besar pada beberapa ruang. Namun, tingkat iluminasi tinggi masih terkonsentrasi di sekitar bukaan jendela, sedangkan sebagian besar area ruang masih menunjukkan tingkat iluminasi yang rendah.



Gambar 4. 15 Hasil Simulasi Velux Gedung H Lantai 2 Pukul 16.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.11, hasil simulasi pencahayaan alami pada Gedung H lantai 2 pukul 16.00 WIB menunjukkan adanya variasi tingkat iluminasi pada setiap ruang. Area di sekitar bukaan jendela umumnya memiliki tingkat iluminasi sekitar 200 lux, yang ditunjukkan oleh warna merah pada hasil simulasi. Selanjutnya, tingkat iluminasi cenderung menurun menuju bagian tengah hingga terdalam ruang sehingga sebagian besar area masih menunjukkan tingkat iluminasi yang rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami pada lantai 2 belum merata.

4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi Eksisting terhadap SNI 6197:2011

Evaluasi kinerja pencahayaan alami pada kondisi eksisting dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi menggunakan *Velux Daylight Visualizer* terhadap standar tingkat pencahayaan yang ditetapkan dalam SNI 6197:2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan Bangunan Gedung. Standar tersebut merekomendasikan tingkat pencahayaan rata – rata sebesar 350 lux untuk ruang kelas dan 500 lux untuk laboratorium. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi pencahayaan alami pada Gedung Perkuliahan FPIK Universitas Diponegoro telah memenuhi kebutuhan visual sesuai fungsi ruang.

Tabel 4. 4 Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi Eksisting terhadap SNI 6197:2011

Ruang	Standar SNI	Hasil Simulasi	Keseuainan
Laboratorium Akuakultur H.102	500 lux	Tingkat iluminasi pada seluruh area ruang masih berada dibawah 500 lux, termasuk area di	Belum memenuhi

		dekat bukaan jendela.	
Ruang Kelas G.206	350 lux	Area di dekat bukaan jendela telah mencapai 350 lux, sedangkan bagian tengah dan belakang ruang masih berada di bawah standar.	Belum memenuhi

Berdasarkan hasil simulasi, Laboratorium Akuakultur H.102 menunjukkan bahwa tingkat iluminasi pada seluruh area ruang masih berada dibawah 500 lux, termasuk pada area yang berdekatan dengan bukaan jendela. Hal ini menunjukkan bahwa pencahayaan alami yang masuk ke dalam laboratorium belum mampu memenuhi standar pencahayaan yang direkomendasikan dalam SNI 6197:2011. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas praktikum masih memerlukan dukungan pencahayaan buatan agar kebutuhan visual pengguna ruang dapat terpenuhi. Sementara itu, pada Ruang Kelas G.206, area di sekitar bukaan jendela telah mencapai tingkat pencahayaan sesuai standar minimum ruang kelas, yaitu 350 lux. Namun, intensitas cahaya menurun secara signifikan menuju bagian tengah dan belakang ruang, sehingga sebagian besar area kelas masih berada di bawah standar. Dengan demikian, pencahayaan alami pada ruang kelas juga belum memenuhi ketentuan SNI 6197:2011 secara menyeluruh. Secara keseluruhan, hasil simulasi kondisi eksisting menunjukkan bahwa pencahayaan alami pada Gedung H belum mampu memenuhi standar pencahayaan alami yang direkomendasikan dalam SNI 6197:2011. Laboratorium belum mencapai tingkat

pencahayaannya minimum 500 lux pada seluruh area ruang, sedangkan ruang kelas hanya memenuhi standar pada area yang berada di dekat bukaan jendela. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan desain bukaan untuk meningkatkan pemerataan pencahayaan alami sehingga tingkat iluminasi pada seluruh area ruang dapat memenuhi standar yang berlaku.

4.5 Pengembangan Alternatif Desain Jendela

Berdasarkan hasil simulasi pencahayaan alami kondisi eksisting dan perbandingannya dengan SNI 6197:2011, diketahui bahwa pencahayaan alami pada ruang kelas dan laboratorium belum memenuhi tingkat pencahayaan alami yang direkomendasikan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa cahaya alami cenderung terkonsentrasi pada area di sekitar bukaan jendela, sedangkan tingkat iluminasi mengalami penurunan pada bagian tengah hingga bagian terdalam ruang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bukaan jendela pada kondisi eksisting belum mampu mengoptimalkan masuknya cahaya alami dan mendistribusikannya secara merata ke seluruh area ruang. Berdasarkan permasalahan tersebut, alternatif desain pada penelitian ini difokuskan pada perubahan elemen bukaan jendela. Perubahan dilakukan melalui pelepasan *sun shading* eksisting dan perbesaran ukuran bukaan jendela. Kedua strategi tersebut dipilih karena permasalahan utama yang ditemukan pada kondisi eksisting berkaitan dengan terbatasnya cahaya alami yang masuk melalui bidang bukaan serta rendahnya penetrasi cahaya menuju bagian dalam ruang.

Pelepasan *sun shading* eksisting dilakukan untuk mengurangi penghalang pada bidang bukaan sehingga cahaya alami dapat masuk secara lebih optimal ke dalam ruang. Pada kondisi eksisting, keberadaan *sun shading* membatasi keterbukaan bidang jendela terhadap cahaya yang datang dari luar. Dengan melepas elemen tersebut, bidang jendela menjadi lebih terbuka sehingga diharapkan jumlah cahaya

alami yang masuk ke dalam ruang dapat meningkat. Peningkatan jumlah cahaya yang masuk diharapkan dapat memberikan pengaruh terhadap tingkat iluminasi, terutama pada area yang sebelumnya memiliki tingkat pencahayaan rendah. Selain pelepasan *sun shading*, ukuran bukaan jendela diperbesar untuk meningkatkan luas bidang yang dapat dilalui cahaya alami. Perbesaran bukaan memungkinkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruang menjadi lebih besar dibandingkan kondisi eksisting. Strategi ini juga diharapkan dapat meningkatkan penetrasi cahaya menuju bagian tengah dan belakang ruang, sehingga perbedaan tingkat iluminasi antara area dekat jendela dengan area yang jauh dari jendela dapat dikurangi.

Perubahan desain tersebut diterapkan tanpa mengubah fungsi ruang, tata letak ruang, maupun orientasi bangunan. Perubahan hanya difokuskan pada elemen bukaan, yaitu dengan menghilangkan *sun shading* eksisting dan memperbesar dimensi jendela. Pendekatan tersebut digunakan agar pengaruh perubahan desain terhadap pencahayaan alami dapat diamati secara lebih jelas melalui simulasi. Dengan kondisi ruang dan parameter lainnya tetap, hasil simulasi alternatif dapat dibandingkan dengan hasil simulasi kondisi eksisting untuk mengetahui peningkatan kinerja pencahayaan alami yang dihasilkan. Perbesaran bukaan jendela juga menyebabkan peningkatan *Window to Wall Ratio* (WWR) pada bidang fasad yang mengalami perubahan. Peningkatan WWR berarti proporsi bidang bukaan terhadap bidang dinding menjadi lebih besar sehingga potensi masuknya cahaya alami ke dalam ruang juga meningkat. Dalam penelitian ini, perubahan WWR menjadi salah satu aspek yang diperhatikan dalam mengevaluasi pengaruh perbesaran jendela terhadap tingkat dan distribusi pencahayaan alami.



Gambar 4. 16 *Alternatif Desain Jendela*

Alternatif desain kemudian disimulasikan menggunakan *Velux Daylight Visualizer* pada waktu pengamatan yang sama dengan kondisi eksisting yaitu pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB. Simulasi dilakukan pada lantai 1 dan lantai 2 untuk mengetahui kondisi pencahayaan alami setelah diterapkan perubahan desain berupa pelepasan *sun shading* eksisting dan perbesaran ukuran bukaan jendela. Hasil simulasi digunakan untuk mengamati tingkat iluminasi dan pola distribusi cahaya alami pada masing – masing ruang berdasarkan perubahan warna dan nilai iluminasi yang ditampilkan pada hasil simulasi. Pengamatan dilakukan untuk melihat pesebaran cahaya dari area bukaan menuju bagian ruang yang lebih jauh dari jendela, termasuk area yang sebelumnya menunjukkan tingkat pencahayaan yang rendah. Dengan demikian, hasil simulasi alternatif desain memberikan gambaran mengenai kondisi pencahayaan alami setelah dilakukan perubahan pada elemen bukaan jendela, baik pada area yang berdekatan dengan jendela maupun pada bagian ruang yang lebih dalam.

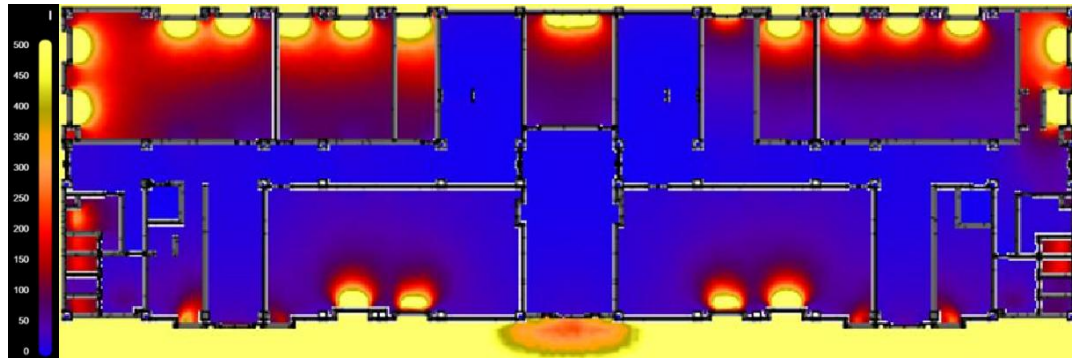
4.6 Hasil Simulasi Desain Rekomendasi

Setelah dilakukan pengembangan desain berupa pelepasan *sun shading* eksisting dan perbesaran ukuran bukaan jendela, dilakukan simulasi pencahayaan alami menggunakan *Velux Daylight Visualizer*. Simulasi desain rekomendasi dilakukan pada lantai 1 dan lantai 2 Gedung H untuk mengetahui perubahan tingkat dan distribusi pencahayaan alami setelah dilakukan modifikasi pada bukaan jendela. Simulasi dilakukan pada waktu pengamatan yang sama dengan kondisi eksisting, yaitu pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB, sehingga hasil simulasi desain rekomendasi dapat dibandingkan secara langsung dengan kondisi eksisting. Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk visualisasi distribusi tingkat iluminasi pada lantai 1 dan lantai 2. Visualisasi tersebut digunakan untuk mengamati perubahan persebaran cahaya alami setelah *sun shading* eksisting dilepas dan ukuran bukaan jendela diperbesar. Analisis dilakukan dengan memperhatikan pola distribusi pencahayaan pada ruang yang menjadi objek penelitian, yaitu Laboratorium Akuakultur H.102 dan Ruang Kelas G.206. Hasil simulasi pada masing – masing lantai kemudian disajikan berdasarkan waktu pengamatan. Penyajian tersebut bertujuan untuk melihat perubahan kondisi pencahayaan alami pada waktu yang berbeda serta mengetahui kemampuan desain rekomendasi dalam meningkatkan penetrasi dan pemerataan cahaya alami ke dalam ruang. Hasil simulasi desain rekomendasi selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk dibandingkan dengan kondisi eksisting dan dievaluasi terhadap standar SNI 6197:2011.

4.6.1 Hasil Simulasi Desain Rekomendasi Lantai 1

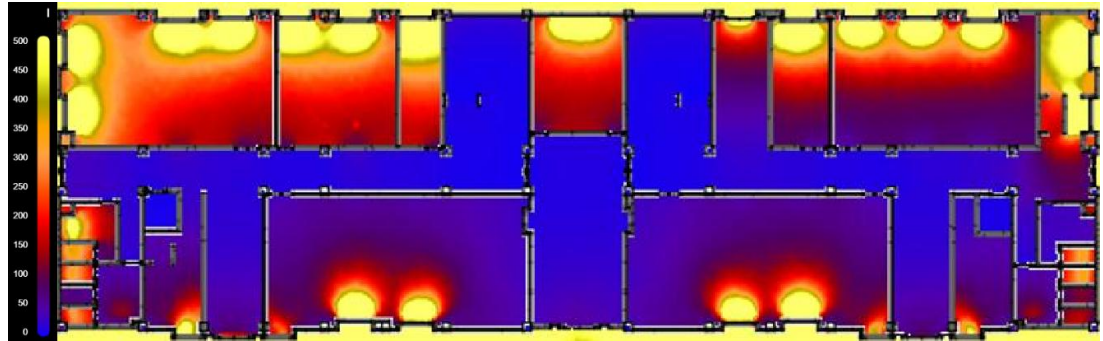
Hasil simulasi desain rekomendasi pada lantai 1 dilakukan untuk mengetahui kondisi pencahayaan alami setelah diterapkan perubahan pada bukaan jendela. Simulasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB dengan menggunakan model desain yang telah mengalami

pelepasan *sun shading* eksisting dan perbesaran ukuran bukaan jendela. Hasil simulasi pada setiap waktu pengamatan ditampilkan dalam bentuk visualisasi distribusi tingkat iluminasi pada bidang ruang.



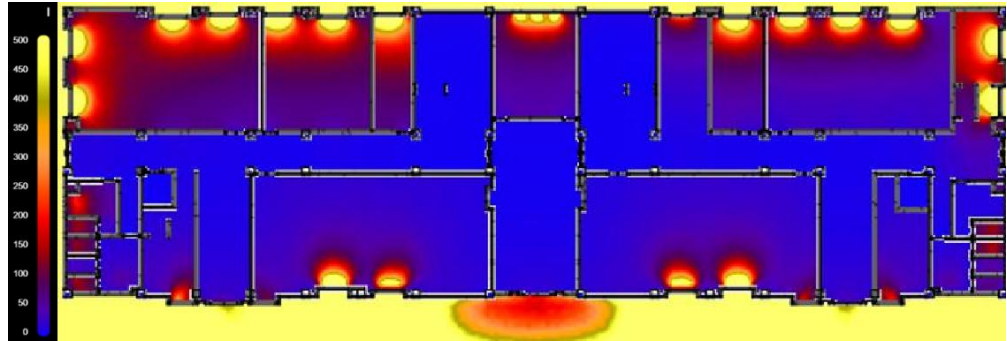
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 1 Pukul 08.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.17, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 1 pada pukul 08.00 WIB menunjukkan bahwa pencahayaan alami memiliki distribusi yang berbeda pada area yang berbeda pada area yang berada lebih jauh dari bukaan. Area di sekitar jendela menunjukkan tingkat iluminasi yang lebih tinggi, yang ditunjukkan oleh warna merah hingga kuning pada hasil visualisasi. Berdasarkan skala iluminasi pada simulasi, area tersebut berada pada kisaran 350 – 500 lux, dengan beberapa bagian mendekati batas atas skala yaitu 500 lux. Sementara itu, area yang berada lebih jauh dari bukaan jendela didominasi warna biru hingga ungu. Berdasarkan legenda simulasi, warna tersebut menunjukkan tingkat iluminasi yang lebih rendah, yaitu berada pada 50 – 200 lux. Hal ini menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa meskipun cahaya alami dapat masuk dengan lebih optimal melalui bukaan, tingkat iluminasi masih mengalami penurunan pada area yang semakin jauh dari sumber cahaya.



Gambar 4. 18 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 1 Pukul 11.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.18, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 1 pada pukul 11.00 WIB menunjukkan bahwa bahwa distribusi pencahayaan alami pada beberapa ruang telah tersebar cukup luas. Pada beberapa ruang di bagian atas denah, warna merah terlihat mendominasi hampir seluruh area ruang, dengan intensitas yang semakin tinggi menuju area yang berdekatan dengan bukaan dan pada beberapa bagian mencapai warna kuning. Berdasarkan skala iluminasi, kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan pada ruang – ruang tersebut berada pada kisaran sekitar 250 – 500 lux, dengan beberapa area memiliki tingkat iluminasi yang mendekati atau mencapai 500 lux. Berbeda dengan ruang – ruang tersebut, beberapa area pada bagian tengah dan bawah denah masih didominasi warna biru hingga ungu. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan pada area tersebut masih lebih rendah dibandingkan ruang yang didominasi warna merah. Meskipun demikian, pada beberapa ruang di bagian bawah juga terlihat adanya area merah hingga kuning di sekitar bukaan, yang menunjukkan masuknya cahaya alami dengan tingkat iluminasi yang lebih tinggi.



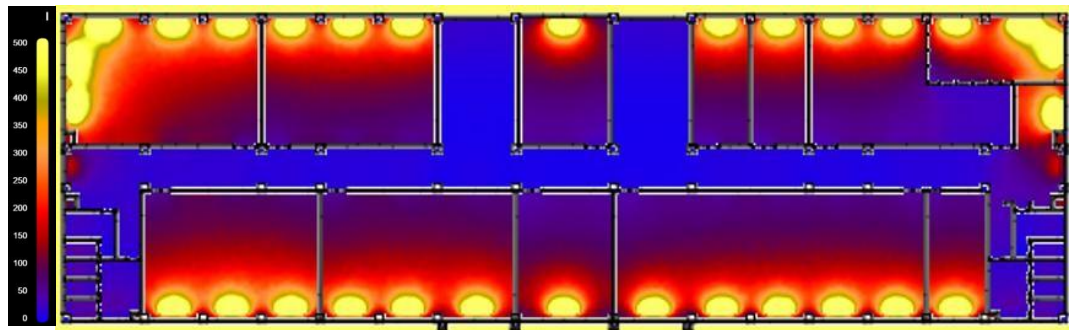
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 1 Pukul 16.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.19, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 1 pada pukul 16.00 WIB menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami memiliki pola yang berbeda pada setiap bagian ruang. Pada beberapa ruang di bagian atas deanh, warna merah terlihat menyebar cukup luas dari arah bukaan menuju bagian dalam ruang. Hal tersebut menunjukkan bahwa cahaya alami masih dapat menjangkau area ruang yang cukup jauh dari bukaan jendela pada waktu pengamatan sore. Pada area yang berdekatan dengan bukaan, terlihat warna merah hingga kuning yang menunjukkan tingkat iluminasi lebih tinggi dibandingkan area ruang lainnya. Konsentrasi warna dengan tingkat iluminasi tinggi tersebut terlihat terutama pada bagian atas dan beberapa bukaan di bagian bawah deanh. Sementara itu, area yang berada lebih jauh dari bukaan, khususnya bagian tengah deanh, didominasi warna biru hingga ungu yang menunjukkan tingkat iluminasi lebih rendah. Pada bagian bawah deanh, distribusi pencahayaan dengan tingkat iluminasi tinggi terlihat terutama di sekitar bukaan jendela. Cahaya kemudian mengalami penurunan intensitas menuju bagian tengah ruang yang ditunjukkan oleh perubahan warna dari merah menuju ungu dan biru. Pola tersebut menunjukkan bahwa pada waktu sore, masuknya cahaya alami masih dipengaruhi oleh posisi bukaan terhadap

arah datangnya cahaya.

4.6.1 Hasil Simulasi Desain Rekomendasi Lantai 2

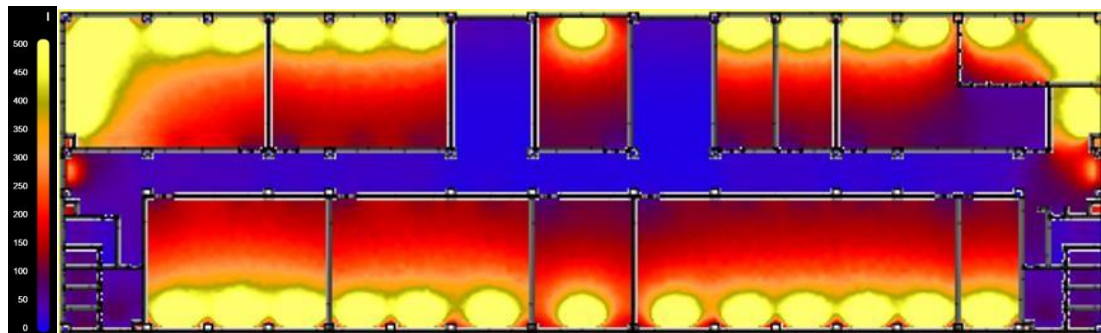
Hasil simulasi desain rekomendasi pada lantai 2 dilakukan untuk mengetahui kondisi pencahayaan alami setelah diterapkan perubahan pada bukaan jendela. Simulasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB, 11.00 WIB, dan 16.00 WIB dengan menggunakan model desain yang telah mengalami pelepasan *sun shading* eksisting dan perbesaran ukuran bukaan jendela. Hasil simulasi pada setiap waktu pengamatan ditampilkan dalam bentuk visualisasi distribusi tingkat iluminasi pada bidang ruang.



Gambar 4. 20 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 2 Pukul 08.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.20, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 2 pukul 08.00 WIB menunjukkan bahwa pencahayaan alami telah tersebar pada sebagian besar ruang yang memiliki bukaan pada sisi luar bangunan. Pada bagian atas denah, beberapa ruang menunjukkan dominasi warna merah yang menyebar dari area bukaan menuju bagian dalam ruang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa cahaya alami dapat menjangkau area ruang dengan cukup luas pada waktu pengamatan pagi. Pada bagian bawah denah, persebaran warna merah terlihat lebih dominan dan mencakup sebagian besar area ruang. Warna merah tersebut semakin terang hingga mendekati kuning pada area yang berada

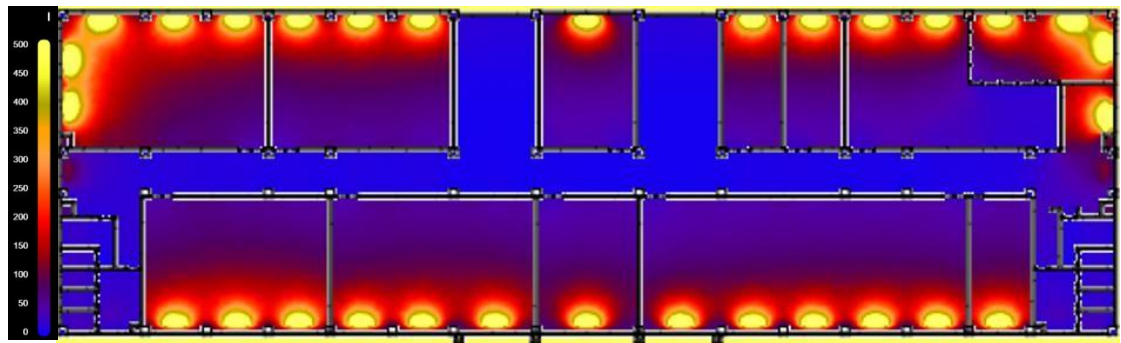
di sekitar bukaan jendela. Pola tersebut menunjukkan bahwa area ruang pada sisi tersebut menerima pencahayaan alami yang lebih tinggi dibandingkan area yang berada lebih jauh dari bukaan. Persebaran warna merah yang cukup luas juga menunjukkan bahwa cahaya tidak hanya terkonsentrasi tepat pada bidang jendela, tetapi telah masuk dan menjangkau bagian ruang yang lebih dalam. Sementara itu, area koridor dan beberapa bagian yang berada di tengah denah didominasi warna biru hingga ungu. Kondisi tersebut menunjukkan tingkat iluminasi yang lebih rendah dibandingkan dengan ruang – ruang yang berhubungan langsung dengan bukaan luar. Perbedaan ini terjadi karena area tersebut memiliki jarak yang lebih jauh dari sumber cahaya alami dan tidak seluruhnya memperoleh cahaya secara langsung melalui bukaan.



Gambar 4. 21 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 2 Pukul 11.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.21, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 2 pada pukul 11.00 WIB menunjukkan bahwa pencahayaan alami tersebar cukup luas pada ruang – ruang yang memiliki bukaan pada sisi luar bangunan. Pada bagian bawah denah, sebagian besar ruang didominasi warna merah yang menyebar dari area bukaan hingga ke bagian dalam ruang. Beberapa area yang berada tepat di sekitar bukaan hingga ke bagian dalam ruang. Beberapa area yang berada tepat di sekitar bukaan ditunjukkan dengan warna oranye hingga

kuning, yang menunjukkan tingkat iluminasi lebih tinggi dibandingkan area di sekitarnya. Pada bagian atas denah, beberapa ruang juga menunjukkan sebaran warna merah yang cukup luas. Warna tersebut terlihat menyebar dari sisi bukaan menuju bagian dalam ruang dengan perubahan warna secara bertahap. Kondisi ini menunjukkan bahwa cahaya alami pada pukul 11.00 WIB mampu menjangkau area ruang yang lebih jauh dari bukaan, sehingga pencahayaan tidak hanya terkonsentrasi pada area di sekitar jendela. Sementara itu, area koridor dan bagian tengah denah masih didominasi warna biru. Perbedaan warna tersebut menunjukkan bahwa tingkat iluminasi pada area tengah lebih rendah dibandingkan ruang – ruang yang berhubungan langsung dengan bukaan. Kondisi ini memperlihatkan adanya perbedaan distribusi pencahayaan antara ruang yang berada di sisi luar bangunan dengan area yang berada di bagian tengah.



Gambar 4. 22 Hasil Simulasi Velux Desain Rekomendasi Lantai 2 Pukul 16.00 WIB

Berdasarkan Gambar 4.22, hasil simulasi desain rekomendasi lantai 2 pada pukul 16.00 WIB menunjukkan bahwa tingkat iluminasi tertinggi berada pada area yang berdekatan dengan bukaan jendela. Hal tersebut ditunjukkan oleh warna merah hingga kuning yang terkonsentrasi di sekitar bukaan semakin jauh dari jendela, warna pada bidang ruang berubah menjadi merah tua, ungu, hingga biru yang menunjukkan penurunan tingkat iluminasi. Pada bagian bawah denah, area di sekitar bukaan menunjukkan warna merah dan pada

beberapa titik terlihat warna kuning. Namun, warna tersebut tidak menyebar ke seluruh ruang. Bagian ruang yang lebih jauh dari jendela didominasi warna ungu hingga biru. Pola yang sama juga terlihat pada beberapa ruang di bagian atas denah, yaitu tingkat iluminasi yang lebih tinggi terkonsentrasi di sekitar bukaan dan mengalami penurunan menuju bagian dalam ruang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada pukul 16.00 WIB, cahaya alami masih lebih banyak terkonsentrasi pada area sekitar jendela, sedangkan penetrasi cahaya menuju bagian ruang yang lebih jauh dari bukaan masih terbatas. Dengan demikian, meskipun desain rekomendasi memberikan bukaan yang lebih besar, distribusi pencahayaan pada lantai 2 belum sepenuhnya merata pada seluruh area ruang.