

Kinerja Reflektor Cahaya dalam Mengoptimalisasi Pencahayaan Alami di Kelas Sekolah Budi Mulia

Muhammad Asnawi¹, Christy Vidiyanti², Agust Danang Ismoyo³

Program Studi Arsitektur, Universitas Mercu Buana

Surel: ¹ muhammad.asnawi15@gmail.com; ²christy.vidiyanti@mercubuana.ac.id;

³danang.ismoyo@mercubuana.ac.id

ABSTRAK

Sekolah SMA Budi Mulia memiliki bentuk bangunan memanjang dengan orientasi bukaan jendela langsung menghadap Timur dan Barat. Hal ini memiliki potensi bahwa ruang kelas akan mendapatkan sinar matahari langsung karena orientasi bukaan jendela sesuai dengan pergerakan matahari. Namun potensi ini belum digunakan secara maksimal pada SMA Budi Mulia, terlihat dari masih menggunakan pencahayaan buatan di sepanjang hari. Dalam penelitian ini peneliti ingin meningkatkan desain yang lebih efisien untuk optimalisasi pencahayaan alami dengan pemantul cahaya di kelas sekolah Budi Mulia. Bangunan yang menggunakan cahaya buatan dapat menambah pemakaian listrik, dengan adanya optimalisasi pencahayaan alami diharapkan dapat mengurangi pemakaian listrik yang berdampak pula pada lingkungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menguji beberapa desain pemantul cahaya. Hasil menunjukkan adanya pemantul cahaya dapat meningkatkan intensitas pencahayaan alami pada ruang kelas. Pemantul cahaya tipe 1 merupakan perpaduan antara rak cahaya dalam dan rak cahaya luar. Pemantul cahaya tipe 2 merupakan rak cahaya dalam. Pemantul cahaya tipe 2 menghasilkan pencahayaan alami yang lebih optimal dari tipe pemantul cahaya tipe 1. Jumlah intensitas cahaya alami yang kurang dari standar SNI yaitu 350 lx mendapatkan persentase sebesar 14.8%.

Kata Kunci: Sistem pencahayaan, pencahayaan alami, konservasi energi, optimalisasi pencahayaan, ruang kelas

ABSTRACT

Budi Mulia High School has an elongated building with an orientation of window openings facing East and West. This has the potential that the classroom will get direct sunlight because the window opening orientation is in accordance with the movement of the sun. However, this potential has not been used maximally at Budi Mulia High School, as seen from still using artificial lighting throughout the day. In this study, researchers wanted to improve a more efficient design for optimizing natural lighting with light reflectors in the Budi Mulia school class. Buildings that use artificial lighting can increase electricity usage, by optimizing natural lighting it is expected to reduce electricity usage which also impacts on the environment. The method used in this study is an experimental method by testing several light reflecting designs. The results showed the presence of light reflectors can increase the intensity of natural lighting in the classroom. Type 1 light reflector is a combination of inner light shelf and outer light shelf. A type 2 light reflector is an internal light shelf. Type 2 light reflectors produce natural lighting that is more optimal than type 1 light reflectors. The amount of natural light intensity that is less than the SNI standard that is 350 lx gets a percentage of 14.8%.

Keywords: Lighting systems, natural lighting, energy conservation, lighting optimization, classrooms

PENDAHULUAN

Pemanfaatan cahaya alami dalam sistem pencahayaan ruang kelas SMA Budi Mulia belum digunakan secara optimal, hal ini terlihat dari penggunaan pencahayaan buatan sebagai penerangan dalam kelas.

Persentase bukaan, orientasi bukaan, dan material bukaan harus diperhatikan untuk mendapatkan pencahayaan alami yang baik dalam ruang. Suriyanto, dkk (2014) melakukan penelitian terkait dengan bukaan yang optimal untuk arah Barat, yaitu sebesar 20%.

Al-Khatatbeha (2017) meneliti optimalisasi pencahayaan di Universitas Sains dan teknologi Yordania. Teknik pencahayaan alami pasif dengan berbagai metode retrofit serta mengkombinasikan dari jendela *clerestory* dan langit-langit *anidolic*, menghasilkan penghematan energi yang besar.

Menurut Wiley & Sons, (2004) Ada beberapa jenis pencahayaan alami dengan Side Lighting di antaranya yaitu *overhang soffits*, *awning*, dan *lightshelf*.

Wisnu dan Indarwanto (2017) melakukan penelitian terhadap optimalisasi sistem pencahayaan pada ruang kantor yaitu dengan meningkatkan transparansi kaca menjadi 90% dan menambah daya lampu yang digunakan sehingga didapatkan hasil yang cukup baik. Namun untuk mendapatkan hasil pemerataan distribusi cahaya yang lebih baik maka disarankan menggunakan *lightshelves*.

Penelitian ini mengangkat beberapa masalah penelitian, yaitu kesesuaian kondisi pencahayaan alami di ruang kelas Sekolah SMA Budi Mulia dengan standar SNI 6197-2011; rancangan reflektor yang seperti apa yang dapat mengoptimalkan pencahayaan alami dalam ruang kelas dan seperti apa kinerja reflektor cahaya dalam memenuhi standar minimal pencahayaan alami dan dalam menghasilkan kualitas pencahayaan alami yang baik.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk merancang reflektor cahaya untuk mengoptimalkan pencahayaan alami dalam ruang sehingga dapat meminimalkan penggunaan pencahayaan buatan.

METODOLOGI

Sample penelitian dilakukan di Ruang Kelas SMA sekolah Budi Mulia dikarenakan setiap ruang mempunyai bentuk yang tipikal seperti sekolah yang umum sehingga mudah untuk di aplikasikan, beralamat di Jl. HOS

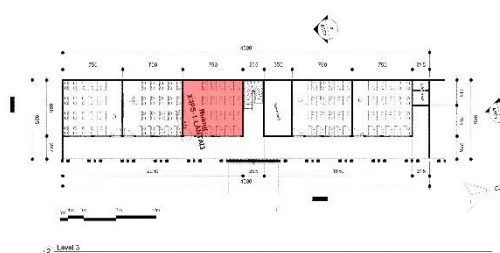
Cokroaminoto No.1, Sudimara Jaya, Ciledug, Kota Tangerang, Banten 15151. Objek tersebut dipilih karena letak yang strategis dan belum dilakukan penelitian serupa pada objek.



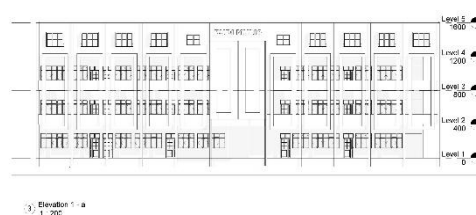
Gambar 1. Lokasi penelitian
Sumber: Maps Google, 2019



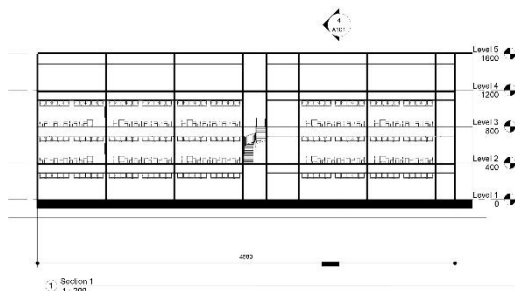
Gambar 2. Suasana Sekolah SMA Budi Mulia



Gambar 3. Denah Lantai 3
Sumber : Peneliti, 2018



Gambar 4. Tampak Timur
Sumber : Peneliti, 2018



Gambar 5. Potongan vertikal
Sumber : Peneliti, 2018

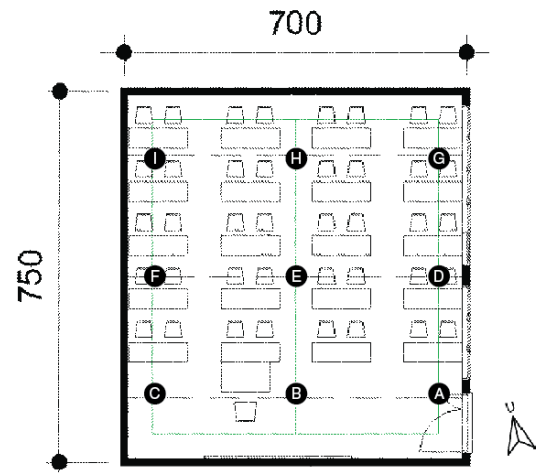
Sekolah Budi Mulia yang sudah berumur 31 tahun terhitung mulai tanggal 25 Februari 1987. Masih menggunakan pencahayaan buatan dalam menerangi ruangan – ruangan kelas pada siang hari. Dengan iklim tropis yang sudah ada harusnya kelas – kelas yang ada dapat dikelola baik dengan cara tidak membuat pencahayaan buatan lampu menjadi prioritas utama, melainkan perancangan pemantul cahaya alami yang dapat dimaksimalkan pemakaiannya. Di era 2018 teknologi sudah mulai berkembang pesat, dengan adanya sistem penggunaan cahaya alami, ruangan yang tidak dapat menyerap sinar matahari langsung akan dapat di rekayasa menggunakan Pencahayaan Alami Dengan Pemantul Cahaya Untuk Optimalisasi Di Kelas Sekolah Budi Mulia.

Metode pengumpulan data untuk penelitian yang berjudul Optimalisasi Pencahayaan Alami Dengan Pemantul Cahaya Di Kelas Sekolah Budi Mulia, mengikuti kajian sebelumnya yang diteliti Al-Saadi (2017) dengan teknik Pengumpulan data dasar dan informasi karakteristik fisik bangunan untuk satu ruang kelas. Untuk pengumpulan data peneliti membuat Eksperimen ruangan seperti halnya di lakukan Al-Khatatbeha (2017) peneliti mengambil contoh kelas mewakili 60% dari kelas-kelas yang khas yang dipilih. Dengan langkah pengambilan data:

Dalam mengolah data pertama peneliti Menganalisa data informasi yaitu :

- 1.) Mengetahui Bukaan Cahaya Di Ruang Kelas
Pengumpulan data dasar dan informasi karakteristik fisik bangunan untuk satu ruang kelas.
- 2.) Pengukuran Intensitas cahaya.
Untuk mengukur Intensitas Cahaya menggunakan metode standar SNI 6197-2011 tentang Penentuan titik pengukuran luas antara 10 m²–100 m² dengan titik potong garis horizontal panjang dan lebar

ruangan adalah pada jarak setiap 3 (tiga) meter.



Gambar 6. Penentuan titik pengukuran

Dilakukan pengukuran tingkat pencahayaan alami pada ruangan dalam kelas. Waktu pengukuran dilakukan pada 07 Oktober 2018, berikut pembagian waktunya:

- Jam 09.00-10.00 (Pagi Hari)
- Jam 13.00-14.00 (Siang Hari)
- Jam 16.00-17.00 (Sore Hari)

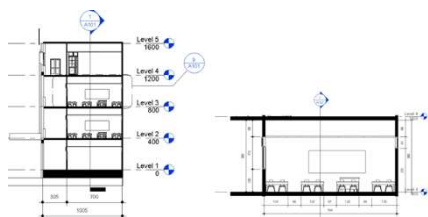
Peneliti memilih kelas X-IPS-1-LANTAI III dikarenakan posisi bangunan menghadap barat jauh dari bangunan sekitar yang akan menghalangi proses masuknya matahari kedalam ruangan, Karena posisi tersebut bangunan dapat dipertahankan dengan tidak banyak merubah rancangan eksisting.

3.) Eksperimen

Peneliti melakukan beberapa iterasi desain reflektor cahaya dan melakukan simulasi sehingga didapatkan intensitas pencahayaan alami yang dihasilkan.

Pengolahan data dengan beberapa cara sebagai berikut:

- 1) Mengolah data
 - a) Menganalisa data informasi
Mendata Tabel Bukaan Exsisting Ruang Kelas dan Menganalisa Tabel observasi dengan alat ukur Lux Meter pada ruang kelas.
 - b. Membuat Simulasi Eksisting
Setelah Pengukuran Intensitas cahaya selesai, data akan kembali dimasukan dengan dibuat simulasi bangunan untuk megetahui distorsi sebelum dan sesudah di buat simulasi.



Gambar 7. Potongan Eksisting



Gambar 8. Perspektif Eksisting

Tabel 1. Nilai Refleksi Material

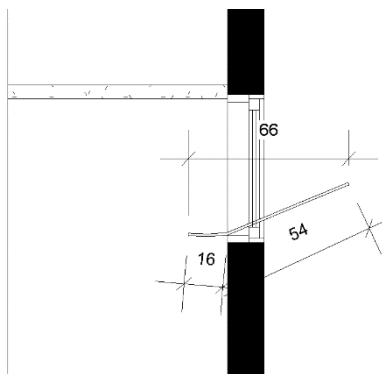
Deskripsi	Material Refleksi
Plafon	0.70
Lantai	0.44
Walls	0.56
Glass (transmisi)	0.90

2) Mengoptimalkan Pencahayaan Alami Dengan Pemantul Cahaya

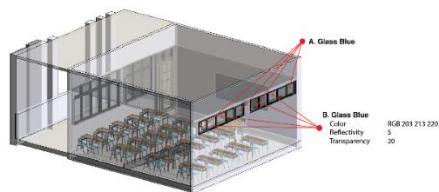
- a. Membuat Eksperimen kelas dengan memasukkan data informasi karakteristik fisik bangunan yaitu bukaan eksisting menggunakan software simulasi.
- b. Evaluasi Kinerja Teknik Pemantul Cahaya Eksperimen 1



Gambar 9. Potongan Eksperimen 1



Gambar 10. Detail rancangan reflektor 1



Gambar 11. Aksonometri Eksperimen 1

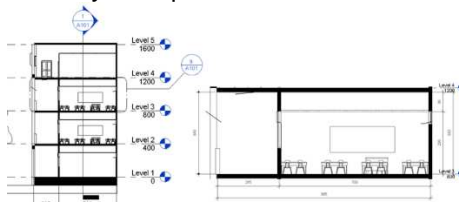


Gambar 12. Perspektif Eksperimen 1

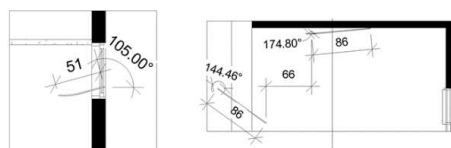
Tabel 2. Nilai Refleksi Material Eksperimen 1

Deskripsi	Material Refleksi
Plafon	0.70
Lantai	0.44
Walls	0.56
(A) Glass Clear	0.90
(B) Glass Blue	0.20
(C) Reflector	1.00

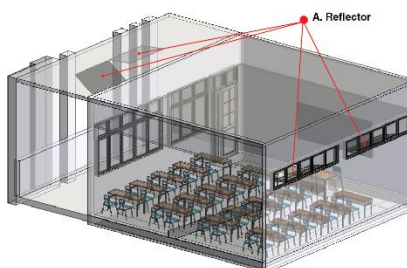
c. Evaluasi Kinerja Teknik Pemantul Cahaya Eksperimen 2



Gambar 13. Potongan Eksperimen 2



Gambar 14. Detail rancangan reflektor 2



Gambar 15. Aksonometri Eksperimen 2



Gambar 16. Perspektif Eksperimen 2

Tabel 3. Nilai Refleksi Material Eksperimen 2

Deskripsi	Material Refleksi
Plafon	0.70
Lantai	0.44
Walls	0.56
Glass (transmisi)	0.90
(A) Reflector	1.00

- d. Pengujian Data Komparasi Pengukuran Cahaya Alami
Data di analisa berdasarkan data Eksperimen observasi, Eksperimen I dan Eksperimen II akan dibandingkan dengan 4 kategori 1. Kurang < 350, 2. Standar 350 – 500, 3. Melebihi >500, 4. Mendekati 350
- e. Uji Hipotesis
Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Perbedaan Kinerja Optimalisasi Pencahayaan alami sebelum dan setelah di Analisa, Analisa perbandingan dengan menggunakan hasil observasi, Eksperimen Eksisting, Eksperimen I, dan Eksperimen II. Berdasarkan penjelasan diatas, maka hipotesis yang diajukan adalah H1 : Pemantul Cahaya Dapat Mengoptimalkan Pencahayaan Alami

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Data

Seperti terlihat pada Tabel dibawah, pada kelas X-IPS-1-LANTAI 3 (tiga) terdapat jendela 5 baris panjang 3.25m x 1.20m dengan ketinggian dari lantai 1.20 m dan jendela 3 baris 1.90 m x 1.20 m dengan ketinggian dari lantai 1.20 m menghadap arah timur dan pada arah barat terdapat 5 baris sebanyak 2 buah 3.25 m x 0.70 m dengan ketinggian 2.30 m, sedangkan bagian daun pintu 1.20 m x 2.40 m menghadap arah barat.

Tabel 4. Bukaan Existing Ruang Kelas

Frame Type	Jumlah	Panjang (m)	Lebar (m)	Ketinggian dari Lantai (m)
Jendela 5 Baris	1	3.25	1.20	1.20
Jendela 3 Baris	1	1.90	1.20	1.20
Jendela 5 Baris	2	3.25	0.70	2.30
Daun Pintu dan	1	1.20	2.40	0

Sumber : Peneliti 2018

Tabel 5. Observasi

Tabel Pengukuran Pencahayaan Alami (Observasi)						
Objek Ruang Kelas : X-IPS-1-LANTAI3						
Hari/Tanggal : Minggu, 7 Oktober 2018						
Titik Ukur	Waktu					
	Pagi Hari (09:00) am	Satuan (LUX)	Siang Hari (01:00) pm	Satuan (LUX)	Sore Hari (04:00) pm	Satuan (LUX)
A	270	lx	323	lx	471	lx
B	192	lx	453	lx	460	lx
C	209	lx	806	lx	423	lx
D	429	lx	455	lx	979	lx
E	266	lx	593	lx	667	lx
F	225	lx	963	lx	390	lx
G	371	lx	432	lx	882	lx
H	215	lx	495	lx	929	lx
I	233	lx	946	lx	593	lx

Sumber : Peneliti 2018

Menurut SNI 6197-2011 tentang pencahayaan, Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari 350 lx, Pada table Observasi cukup banyak nilai lux yang tidak memenuhi standar SNI 6197-2011 diatas 350 lx kecuali pada pagi hari pada jam 09:00 am point G dengan nilai 371 lx.

Observasi ini dilakukan pada hari Minggu, 7 Oktober 2018 di pagi hari jam 09:00 am dinyatakan nilai terendah yaitu 192 lx dan nilai maksimal 429 lx, Titik A 270 lx, D 429 lx dan G 371 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 209 lx, F 225 lx dan I 233 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 192 lx, E 266 lx dan H 215 lx.

Sedangkan siang hari jam 13:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 323 lx dan nilai maksimal 963 lx, Titik A 323 lx, D 455 lx dan G 432 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 806 lx, F 963 lx dan I 946 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 453 lx, E 593 lx dan H 495 lx.

Pada sore hari jam 16:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 390 lx dan nilai maksimal 979 lx, Titik A 471 lx, D 979 lx dan G 882 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 423 lx, F 390 lx dan I 593 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 460 lx, E 667 lx dan H 929 lx.

Hasil Simulasi Eksisting

Hasil yang dicapai antara Tabel. 12 Observasi menunjukkan nilai rata-rata 506 dan Table 13 Eksperimen Eksisting menunjukkan nilai rata-rata 510 lx.

Tabel 6. Hasil Eksperimen Eksisting

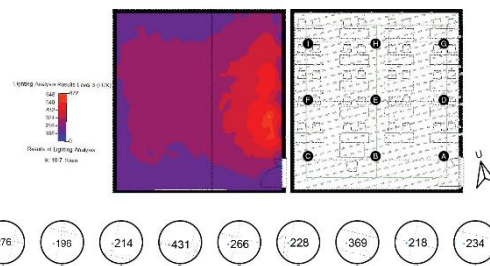
Tabel Pengukuran Pencahayaan Alami (Hasil Eksperimen Eksisting)						
Objek Ruang Kelas : X-IPS-1-LANTAIS						
Hari/Tanggal : Minggu, 7 Oktober 2018						
Titik Ukur	Waktu					
	Pagi Hari (09:00) am	Satuan (LUX)	Siang Hari (01:00) pm	Satuan (LUX)	Sore Hari (04:00) pm	Satuan (LUX)
A	276	lx	327	lx	477	lx
B	196	lx	458	lx	465	lx
C	214	lx	812	lx	426	lx
D	431	lx	458	lx	983	lx
E	266	lx	598	lx	672	lx
F	228	lx	966	lx	392	lx
G	369	lx	434	lx	888	lx
H	218	lx	500	lx	934	lx
I	234	lx	952	lx	597	lx

Sumber : Peneliti 2018

Pada hari Minggu, 7 Oktober 2018 di pagi hari jam 09:00 am dinyatakan nilai terendah yaitu 196 lx dan nilai maksimal 431 lx, Titik A 276 lx, D 431 lx dan G 369 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 214 lx, F 228 lx dan I 234 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 196 lx, E 266 lx dan H 218 lx.

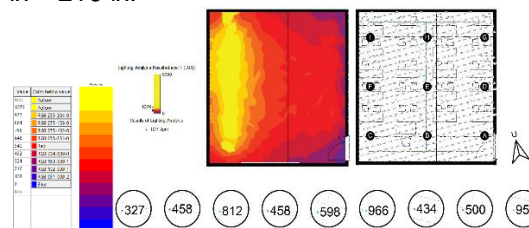
Sedangkan siang hari jam 01:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 327 lx dan nilai maksimal 966 lx, Titik A 327 lx, D 458 lx dan G 434 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 812 lx, F 966 lx dan I 952 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 458 lx, E 598 lx dan H 500 lx.

Pada sore hari jam 04:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 392 lx dan nilai maksimal 983 lx, Titik A 477 lx, D 983 lx dan G 888 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 426 lx, F 392 lx dan I 597 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 465 lx, E 672 lx dan H 934 lx.



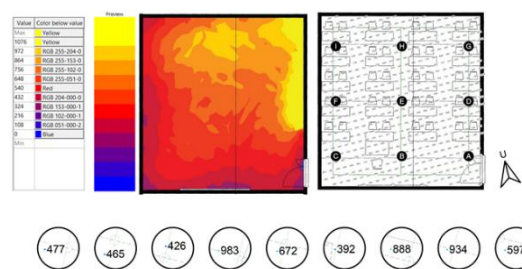
Gambar 17. Eksperimen Eksisting Analysis Result – Jam 09:00 am
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map Pada arah utara dan selatan memiliki area dengan tingkat lux yang rendah antara 108 lx – 216 lx, Bagian yang menghadap barat memiliki tingkat lux yang tinggi antara 540 lx – 648 lx, sedangkan pada bagian tengah bangunan memiliki tingkat lux yang tidak terlalu panas yaitu 216 – 324 lx. Area utara pada sudut kanan ada salah satu titik yang memiliki 108 lx – 216 lx.



Gambar 18. Eksperimen Eksisting Analysis Result – Jam 01:00 pm
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map pada arah utara dan selatan bagian kanan memiliki area dengan tingkat lux yang rendah antara 432 lx – 756 lx, Bagian yang menghadap barat memiliki tingkat lux yang tinggi antara 540 lx – 648 lx, sedangkan pada bagian tengah bangunan memiliki tingkat lux yang tidak terlalu panas yaitu 216 – 324 lx. Area utara dan selatan pada sudut kanan ada salah satu titik yang memiliki area dengan 108 - 216 lx.



Gambar 19. Eksperimen Eksisting Analysis Result – Jam 04:00 pm
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map Pada arah utara titik tengah sampai dengan sudut kanan memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 864 lx – 1076 lx, sedangkan pada bagian yang menghadap selatan memiliki tingkat lux yang sedang antara 432 lx – 756 lx, Pada bagian tengah bangunan memiliki tingkat lux antara 756 – 972 lx. Area sudut antara timur dan barat pada sudut kanan atau kiri bawah utara ada salah satu titik yang memiliki area dengan tingkat 324 lx.

Hasil Simulasi Ekperimen I

Ekperimen I ini dilakukan pada hari Minggu, 7 Oktober 2018 di pagi hari jam 09:00 am dinyatakan nilai terendah yaitu 117 lx dan nilai maksimal 581 lx, Titik A 414 lx, D 581 lx dan G 428 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 142 lx, F 232 lx dan I 117 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 206 lx, E 262 lx dan H 209 lx.

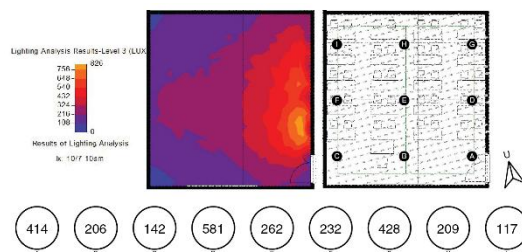
Tabel 7. Hasil pengukuran eksperimen 1

Tabel Pengukuran Pencahayaan Alami Hasil Ekperimen I						
Objek Ruang Kelas : X-IPS-1-LANTAI3						
Hari/Tanggal : Minggu, 7 Oktober 2018						
Titik Ukur	Waktu					
	Pagi Hari (09:00 am)	Satuan (LUX)	Siang Hari (01:00 pm)	Satuan (LUX)	Sore Hari (04:00 pm)	Satuan (LUX)
A	414	lx	382	lx	486	lx
B	206	lx	443	lx	454	lx
C	142	lx	551	lx	385	lx
D	581	lx	538	lx	1145	lx
E	262	lx	587	lx	724	lx
F	232	lx	810	lx	459	lx
G	428	lx	471	lx	1202	lx
H	209	lx	505	lx	677	lx
I	117	lx	603	lx	742	lx

Sumber : Peneliti 2018

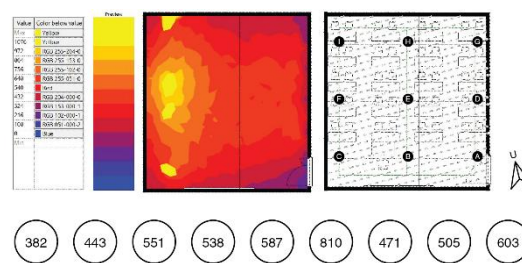
Sedangkan siang hari jam 01:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 382 lx dan nilai maksimal 810 lx, Titik A 382 lx, D 538 lx dan G 471 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 551 lx, F 810 lx dan I 603 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 443 lx, E 587 lx dan H 505 lx.

Pada sore hari jam 04:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 385 lx dan nilai maksimal 1202 lx, Titik A 486 lx, D 1145 lx dan G 1202 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 385 lx, F 459 lx dan I 742 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 454 lx, E 724 lx dan H 677 lx.



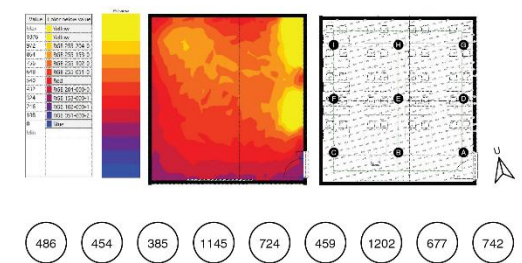
Gambar 20. Optimalisasi Lighting Analysis Result – Jam 09:00 am
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map pada arah barat titik tengah sampai dengan sudut timur memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 324 lx – 826 lx, sedangkan pada bagian yang menghadap barat memiliki tingkat lux antara 108 lx – 216 lx, Pada arah barat daya bagian sudut memiliki lux 108 lx.



Gambar 21. Optimalisasi Lighting Analysis Result – Jam 01:00 pm
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map pada bagian tengah sampai arah barat memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 432 lx – 1076 lx, Bagian yang menghadap timur memiliki tingkat lux antara 432 lx – 726 lx, sedangkan pada arah utara dan selatan memiliki area dengan tingkat lux antara 324 lx -540 lx, bagian sudut kanan tenggara ada salah satu titik yang memiliki tingkat lux 0 lx - 216 lx.



Gambar 22. Optimalisasi Lighting Analysis Result – Jam 04:00 pm
Sumber : Peneliti 2018

Berdasarkan Illuminance Map pada titik tengah sampai dengan timur laut memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 540 lx – 1076 lx, sedangkan pada area tengah sampai dengan arah barat memiliki tingkat lux antara 540 lx – 864 lx, Pada arah utara memiliki lux antara 432 lx – 756 lx, bagian yang berwarna kuning adalah titik dengan lux tinggi antara 864 lx – 1076 lx.

Hasil Eksperimen II

Eksperimen II ini dilakukan pada hari Minggu, 7 Oktober 2018 di pagi hari jam 09:00 am dinyatakan nilai terendah yaitu 201 lx dan nilai maksimal 526 lx, Titik A 402 lx, D 526 lx dan G 406 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 290 lx, F 375 lx dan I 201 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 285 lx, E 361 lx dan H 248 lx.

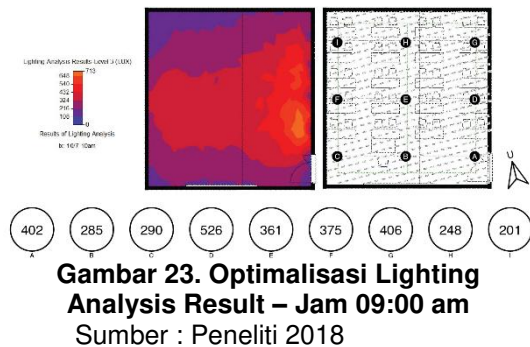
Tabel 8. Hasil Eksperimen Eksisting II

Tabel Pengukuran Pencahayaan Alami Hasil Eksperimen II						
Objek Ruang Kelas : X-IPS-1-LANTAI3						
Hari/Tanggal : Minggu, 7 Oktober 2018						
Titik Ukur	Waktu					
	Pagi Hari (09:00) am	Satuan (LUX)	Siang Hari (01:00) pm	Satuan (LUX)	Sore Hari (04:00) pm	Satuan (LUX)
A	402	lx	400	lx	633	lx
B	285	lx	556	lx	683	lx
C	290	lx	1082	lx	570	lx
D	526	lx	538	lx	1729	lx
E	361	lx	728	lx	1202	lx
F	375	lx	1071	lx	843	lx
G	406	lx	504	lx	1601	lx
H	248	lx	636	lx	1279	lx
I	201	lx	910	lx	1008	lx

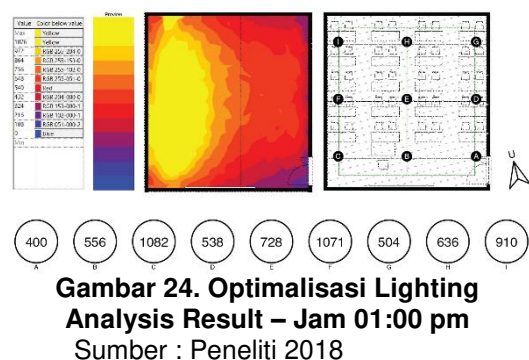
Sumber : Peneliti 2018

Sedangkan siang hari jam 01:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 400 lx dan nilai maksimal 1082 lx, Titik A 400 lx, D 538 lx dan G 504 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 1082 lx, F 1071 lx dan I 910 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 556 lx, E 728 lx dan H 636 lx.

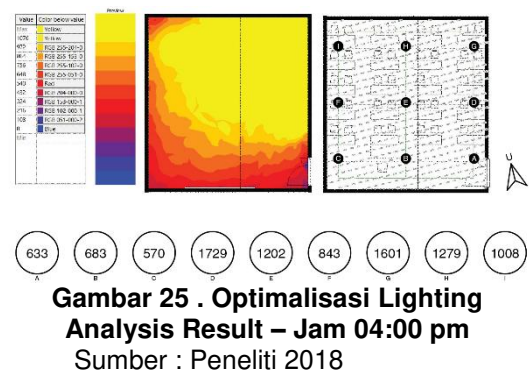
Pada sore hari jam 04:00 pm dinyatakan nilai terendah yaitu 570 lx dan nilai maksimal 1729 lx, Titik A 633 lx, D 1729 lx dan G 1601 lx adalah titik yang menghadap barat, Titik menghadap timur diwakili oleh huruf C 570 lx, F 843 lx dan I 1008 lx, antara titik menghadap timur dan barat terdapat titik tengah yang diwakili oleh huruf B 683 lx, E 1202 lx dan H 1279 lx.



Berdasarkan Illuminance Map pada arah barat titik tengah sampai dengan arah timur memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 402 lx – 648 lx, sedangkan pada bagian yang menghadap barat memiliki tingkat lux antara 432 lx – 108 lx, Pada arah barat laut memiliki lux 216 lx – 108 lx, bagian sudut barat daya ada bagian gelap dengan 108 lx.



Berdasarkan Illuminance Map pada arah barat memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 540 lx – 1076 lx, Bagian yang menghadap timur memiliki tingkat lux antara 432 lx – 864 lx, arah utara memiliki lux antara 432 lx – 640 lx sedangkan pada arah selatan bagian sudut kanan ada salah satu titik yang memiliki tingkat lux 0 lx - 216 lx.



Berdasarkan Illuminance Map pada arah timur laut sampai dengan barat daya memiliki area dengan tingkat lux yang tinggi antara 1076 lx – 432 lx, Pada arah barat laut memiliki lux antara 864 lx – 540 lx.

Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian ini dilakukan dengan membandingkan 3 data yaitu Eksperimen Eksisting, Eksperimen 1 dan Eksperimen 2, nilai akan dibandingkan dan dinyatakan optimal apabila presentase

kurang dari 350 lx mendekati 0.0%, jika data masih diperbandingkan maka Selanjutnya nilai terbaik diberikan pada presentase tertinggi dari nilai standar 350 lx - 500 lx, jika data masih diperbandingkan maka Nilai Terbaik dengan presentase mendekati 0.0% berdasarkan data yang Melebihi 500 lx, jika data masih diperbandingkan maka Presentase tertinggi adalah Nilai Terbaik berdasarkan data yang mendekati 350 lx.

Pengolahan I Komparasi Data

Tabel 9. Hasil Data Komparasi Pengukuran Cahaya Alami

Data Komparasi Pengukuran Cahaya Alami													
Objek Ruang Kelas		: X-IPS-1-LANTAI3											
Hari/Tanggal		: Minggu, 7 Oktober 2018											
No	Titik Ukur	Pagi Hari (09:00) am				Siang Hari (01:00) pm				Sore Hari (04:00) pm			
		Eksperimen Eksisting	Eksperimen 1	Eksperimen 2	Satuan (LUX)	Eksperimen Eksisting	Eksperimen 1	Eksperimen 2	Satuan (LUX)	Eksperimen Eksisting	Eksperimen 1	Eksperimen 2	Satuan (LUX)
1	A	276	414	402	lx	327	382	400	lx	477	486	633	lx
2	B	196	206	285	lx	458	443	556	lx	465	454	683	lx
3	C	214	142	290	lx	812	551	1082	lx	426	385	570	lx
4	D	431	581	526	lx	458	538	538	lx	983	1145	1729	lx
5	E	266	262	361	lx	598	587	728	lx	672	724	1202	lx
6	F	228	232	375	lx	966	810	1071	lx	392	459	843	lx
7	G	369	428	406	lx	434	471	504	lx	888	1202	1601	lx
8	H	218	209	248	lx	500	505	636	lx	934	677	1279	lx
9	I	234	117	201	lx	952	603	910	lx	597	742	1008	lx
Memenuhi 350 lx	Kurang	< 350	77.8%	66.7%	44.4%	11.1%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	
	Standart	350 - 500	22.2%	33.3%	44.4%	33.3%	33.3%	11.1%		44.4%	44.4%	0.0%	
	Melebihi	> 500	0.0%	0.0%	11.1%	55.6%	66.7%	88.9%		55.6%	55.6%	100.0%	
	Mendekati		22.2%	0.0%	33.3%	33.3%	66.7%	0.0%		66.7%	33.3%	0.0%	

Sumber : Peneliti 2019

Nilai persentase dibagi menjadi 4 kategori yaitu kategori 1). Kurang <350, 2). Standart 350 lx – 500 lx, 3). Melebihi >500 lx dan 4). mendekati <350 lx.

Hasil data menunjukkan pada hari Minggu, 7 Oktober 2018 di pagi hari jam 09:00 am dari data Eksperimen Eksisting, Eksperimen 1 dan Eksperimen 2 dinyatakan nilai terendah yaitu 117 lx (data eksperimen I point G) dan nilai maksimal 581 lx (Eksperimen 1 Point D).

Persentase kurang dari 350 lux pada pagi hari jam 09:00 am nilai terendah diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 44.4% sedangkan persentase tertinggi diperoleh pada Eksperimen Eksisting dengan persentase 77.8%, Pada siang hari Persentase kurang dari 350 lux jam 01:00 pm nilai terendah diperoleh pada Eksperimen I

dan Eksperimen II dengan persentase 0.00% sedangkan persentase tertinggi diperoleh pada Eksperimen Eksisting dengan persentase 11.1%. sedangkan pada sore

hari Persentase kurang dari 350 jam 04:00 pm nilai terendah diperoleh pada Eksperimen Eksisting, Eksperimen I dan Eksperimen II dengan persentase 0.00%.

Persentase Standart 350 lx - 500 lx pada pagi hari jam 09:00 am nilai tertinggi diperoleh pada eksperimen II dengan persentase 44.4% sedangkan persentase terendah diperoleh pada eksperimen eksisting dengan persentase 22.2%, Pada siang hari Persentase Standart 350 lx - 500 lx jam 01:00 pm nilai tertinggi diperoleh pada Eksperimen Eksisting dan Eksperimen I dengan persentase 33.3% sedangkan persentase terendah diperoleh pada

Eksperimen II dengan persentase 11.1%. sedangkan pada sore hari Persentase Standart 350 lx - 500 lx jam 04:00 pm nilai tertinggi diperoleh pada Eksperimen Eksisting dan Eksperimen I dengan persentase 44.4%, sedangkan persentase terendah diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 00.0%.

Persentase Melebihi > 500 lx pada pagi hari jam 09:00 am nilai terendah diperoleh pada Eksperimen Eksisting dan Eksperimen I dengan persentase 0.00% sedangkan persentase tertinggi diperoleh pada eksperimen II dengan persentase 11.1%, Pada siang hari Persentase Melebihi > 500 lx jam 01:00 pm nilai terendah diperoleh pada Eksperimen Eksisting dengan persentase 55.6% sedangkan persentase tertinggi diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 88.9%. sedangkan pada sore hari Persentase Melebihi > 500 lx jam 04:00 pm nilai terendah diperoleh pada Eksperimen Eksisting dan Eksperimen I dengan persentase 55.6%, sedangkan persentase tertinggi diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 100.0%.

Persentase Mendekati < 350 lx pada pagi hari jam 09:00 am nilai tertinggi diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 33.3% sedangkan persentase terendah diperoleh pada Eksperimen I dengan persentase 00.0%, Pada siang hari Mendekati < 350 lx jam 01:00 pm nilai tertinggi diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 66.7% sedangkan persentase terendah diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 0.00%. sedangkan pada sore hari Persentase Mendekati < 350 lx jam 04:00 pm nilai tertinggi diperoleh pada Eksperimen Eksisting dengan persentase 66.7%, sedangkan persentase terendah diperoleh pada Eksperimen II dengan persentase 00.0%.

Pengolahan II Analisis Hipotesis

Pengujian hipotesis bertujuan untuk menjawab Pemantul Cahaya Dapat Mengoptimalkan Pencahayaan Alami sebelum dan setelah di Analisa dengan membandingkan Ekperimen Eksisting, Eksperimen I dan Eksperimen II.

Tabel 10. Akumulasi Komparasi Optimal

Data Komparasi Presentase Eksperimen Pencahayaan Alami					
Eksperimen	Pagi Hari (09:00) am	Siang Hari (01:00) pm	Sore Hari (04:00) pm	Nilai Rata- Rata	Eksperimen Terbaik
Kurang < 350					
Eksperimen Eksisting	77.8%	11.1%	0.0%	29.6%	Eksperimen II
Eksperimen I	66.7%	0.0%	0.0%	22.2%	
Eksperimen II	44.4%	0.0%	0.0%	14.8%	
Min	44.4%	0.0%	0.0%	14.8%	
Standart 350 lx - 500 lx					
Eksperimen Eksisting	22.2%	33.3%	44.4%	33.3%	
Eksperimen I	33.3%	33.3%	44.4%	37.0%	
Eksperimen II	44.4%	11.1%	0.0%	18.5%	
Max	44.4%	33.3%	44.4%	37.0%	
Melebihi > 500					
Eksperimen Eksisting	0.0%	55.6%	55.6%	37.0%	
Eksperimen I	0.0%	66.7%	55.6%	40.7%	
Eksperimen II	11.1%	88.9%	100.0%	66.7%	
Min	0.0%	55.6%	55.6%	37.0%	
Mendekati < 350 lx					
Eksperimen Eksisting	22.2%	33.3%	66.7%	40.7%	
Eksperimen I	0.0%	66.7%	33.3%	33.3%	
Eksperimen II	33.3%	0.0%	0.0%	11.1%	
Max	33.3%	66.7%	66.7%	40.7%	

Sumber : Peneliti 2019

Data tabel 10 telah diperoleh dari Tabel 18. Nilai dinyatakan Optimal apabila intensitas cahaya kurang dari 350 lux mendekati presentase 0.0%, Nilai terbaik untuk Optimalisasi pencahayaan alami diperoleh Eksperimen II dengan nilai presentase rata – rata terendah 14.8%, Data tidak akan dibandingkan kembali dikarenakan Optimalisasi terbaik hanya terdapat pada satu Eksperimen yaitu Eksperimen II.

KESIMPULAN DAN SARAN

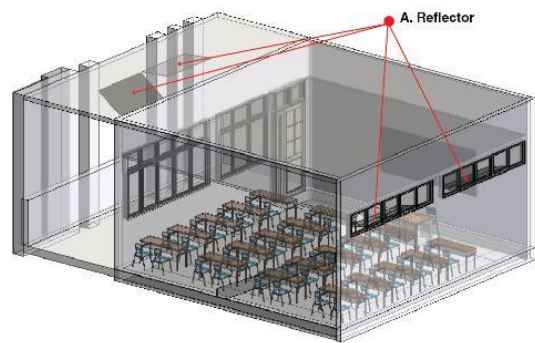
Kesimpulan

Hasil menunjukkan berdasarkan hasil data dan pembahasan yang telah dikemukakan pada Bab IV, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Kondisi pencahayaan alami di Sekolah SMA Budi Mulia pada ruang Kelas menunjukkan tidak banyaknya pencahayaan yang sesuai dengan standar SNI 6197-2011, Pada pagi jam 09:00 am adanya 7 point intensitas cahaya dibawah 350 lx. Sedangkan pada jam 01:00 pm terdapat 1 point dibawah 350 lx.
2. Kinerja dalam mengoptimalkan pemantul cahaya di ruang kelas SMA Budi Mulia pada Eksperimen II menunjukkan hasil yang terbaik dalam mengoptimalkan pencahayaan alami dengan meminimalkan intensitas cahaya kurang dari 350 lx mendapatkan persentase rata – rata 14.8%, sedangkan Eksperimen Eksisting menunjukkan hasil yang terburuk dengan banyaknya intensitas cahaya yang kurang dari 350 lx mendapatkan persentase rata – rata tertinggi 29.6%.

Saran/Rekomendasi

1. Bagi pihak sekolah diharapkan agar bisa mengimplementasikan pemantul cahaya sebagai prioritas utama dalam merenovasi gedung sekolah kedepannya, dengan mengimplementasikan pemantul cahaya orientasi bukaan timur dan barat tidak akan menjadi masalah dengan tidak mendapatkan cahaya matahari sore yang kuat dan keras.



Gambar 26. Saran penggunaan pemantul cahaya

2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengganti objek penelitian di bidang yang berbeda untuk mengetahui kinerja dalam mengoptimalkan pemantul cahaya selain di ruang kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khatatbeha. (2017). *Energy Procedia. Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques*, 136, 102–108.
- Al-Saadi. (2017). *Energy Procedia. Energy Management Strategies for a Governmental Building in Oman*, 141, 206–210.
- Arisa, A. &. (2017). *Energy Procedia. The impacts of a dynamic sunlight redirection system on the energy balance of office buildings*, 122, 38 - 43.
- Bergin, M. S. (2014, March 2). *A Brief History of BIM*. Diambil kembali dari https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Revit.
- Poyan, J. (2012, Desember 1). *Daylight lighting systems*. Diambil kembali dari <https://www.designingbuildings.co.uk>: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Daylight_lighting_systems
- Setiawan, E. (2012-2018). *Pustaka*, 2.1. Diambil kembali dari kbbi.web.id: <https://kbbi.web.id/pustaka>
- Suriyanto, d. (2014). *OPTIMALISASI PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUMAH SUSUN DI JAKARTA TIMUR*
- Ugliotti, d. (2016). *Procedia Engineering . BIM-based Energy Analysis Using Edilclima EC770 Plug-in, Case Study Archimede Library EEB Project*, 161, 3-8.

- usa.autodesk. (2016, March 12). Autodesk Ecotect Analysis - Sustainable Building Design Software. Diambil kembali dari web.archive.org/web/20160312115300/http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/.
- Wiley, S. (2004). Konsep Pencahayaan Atap. Dalam W. & sons, *Lighting Design Basics* (hal. 33-34).
- Wisnu, W., & Indarwanto, M. Evaluasi Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan pada Ruang Kerja Kantor Kelurahan Paninggilan Utara, Ciledug, Tangerang. *Vitruvian*, 7(1).
- Wu, Q. (2015). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Research on the design of ecological energy-saving building based, 216, 986 – 997