

Pengaruh Eksperimen *Light Shelf* terhadap Pencahayaan Alami pada Ruang Kerja

Evan Prabowo Tiono, Hedy C. Indrani
 Program Studi Desain Interior, Universitas Kristen Petra
 Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
E-mail: evantiono@yahoo.com ; cornelli@petra.ac.id

Abstrak—Penggunaan sistem *light shelf* dapat membantu menerangi ruangan dengan cahaya alami sehingga dapat mengurangi penggunaan lampu dan dapat menghemat energi listrik. Selain itu juga dapat membantu mengurangi silau yang dirasakan dalam ruangan, karena permasalahan yang timbul saat seseorang sedang bekerja pada siang hari adalah rasa silau yang ditimbulkan dari sinar matahari.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fungsi kinerja *light shelf* terhadap ruang kerja menggunakan metode eksperimen yang kemudian disimulasikan menggunakan program *ecotect 2011* untuk mengetahui nilai tingkat pencahayaan dalam ruangan. Eksperimen dilakukan dengan membuat 3 bentuk *light shelf* yang berbeda. Simulasi dilakukan untuk mengetahui fungsi kinerja masing-masing *light shelf* dan mengubah posisinya dengan ketentuan peneliti.

Hasil tingkat pencahayaan ruang tersebut dibandingkan dengan standar tingkat pencahayaan ruang berdasarkan SNI, dari sana diambil 1 hasil terbaik yang paling mendekati standar pencahayaan ruang. Menurut hasil akhir penelitian bentuk *light shelf* terbaik merupakan bentuk kedua yang memiliki bidang permukaan atas dan bawah miring pada bagian dalamnya, dengan posisi *light shelf* berada di dalam-tengah.

Kata Kunci—*Light shelf*, eksperimen, ruang kerja, pencahayaan alami.

Abstract—The utilization of *light shelf* system can help enlightening space with natural lighting, while reducing lamp usage and encourage energy saving. In addition, it can also help reducing excess glare in the room, because that is the main problem when someone is working in an office during the day.

This research was done to determine the function of *light shelf* system towards workspace using experiment method which then simulated using the software *Ecotect 2011* to determine the level of illumination in the room. The experiment was done by creating 3 variant *light shelf* shapes. Simulation was done to determine the function of each *light shelf* and to change the position according to the researcher.

The result was made into a graph and table to compare the effectivity of each *light shelf* function with each position. The result was then compared with the standard of workspace illumination from SNI. Researcher chose one best result that meets or come the closest to the standard. The second shape of *light shelf* gave the best result. It has tilt planes on both top and bottom inside with positioning inside-middle on the window.

Keyword— *Light shelf*, experiment, workspace, natural lighting.

I. PENDAHULUAN

AKTIVITAS sehari-hari sudah biasa dilakukan di dalam ruangan daripada beraktivitas diluar. Bekerja, bermain, belajar, berolahraga, dan lain lain saat ini dilakukan didalam ruang baik siang maupun malam hari. Mereka butuh penerangan cahaya agar dapat melaksanakan aktivitasnya masing-masing. Salah satu cara penerangan adalah menggunakan cahaya matahari itu sendiri, karena cahaya matahari memiliki intensitas cahaya yang besar dan cukup untuk menerangi seluruh ruangan.

Terdapat beberapa cara untuk memasukkan cahaya matahari ke dalam ruangan dengan memperhitungkan tingkat panas dan silau yang ditimbulkan oleh cahaya matahari. Area dalam ruangan yang secara langsung tersorot oleh sinar matahari dapat menyebabkan ruangan terasa panas dan silau pada area tersebut. Jarak cahaya matahari yang masuk juga dapat diperhitungkan, pada area mana saja yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi/rendah untuk melakukan aktivitas secara optimal agar tidak perlu menggunakan lampu pada saat siang hari, terutama pada ruang kerja yang memerlukan tingkat penerangan yang cukup tinggi untuk menerangi aktivitas bekerja seseorang, apabila cahaya dalam ruangan tidak mencukupi standar dalam ruang kerja maka seseorang akan merasa tidak nyaman pada saat sedang bekerja.

Pada gedung jaman sekarang ini pencahayaan alami hanya menggunakan jendela atau dinding kaca yang besar, dengan cara itu cahaya memang dapat masuk ke dalam ruang tetapi memiliki kekurangan karena cahaya yang masuk juga membawa sifat panas dan silau bersamanya, sehingga ruangan yang digunakan bisa saja terlalu terang dan pengguna ruangan tersebut akan merasa panas. Cahaya matahari dimasukkan melalui bukaan samping pada bangunan adalah salah satu cara terbaik karena cahaya matahari tidak semuanya masuk ke dalam ruangan, sebagiannya terpantulkan oleh dinding dan material lainnya. *Light shelf* adalah salah satu sistem bukaan samping yang bisa dikatakan paling ideal untuk memasukkan cahaya matahari, karena *light shelf* memantulkan cahaya matahari dari luar ke plafon ruangan kemudian lanjut jauh ke dalam ruangan. *Light shelf* paling efektif bila diletakkan pada posisi Selatan bangunan daripada bagian Barat/Timur terutama pada saat matahari berada di langit rendah.

Penelitian dilakukan pada kota Surabaya dimana lokasi peneliti tinggal. Gedung kantor kota Surabaya pada umumnya tidak menggunakan sistem *light shelf* karena terletak pada

daerah tropis yang memiliki intensitas sinar matahari cukup tinggi. Penelitian dilakukan untuk membuktikan bahwa di daerah tropis sendiri masih bisa menggunakan sistem *light shelf* sebagai penerangan dalam ruangan. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan dengan menggunakan ruang kerja fiktif dengan ketentuan dari penelitian sebelumnya yang pernah dibaca oleh peneliti. Penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi ruangan yang tidak menggunakan *light shelf* dan yang menggunakan *light shelf* menggunakan *software Ecotect 2011*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa tahap dalam pencapaian hasil penelitian sampai akhir. Tahap-tahap yang digunakan ialah observasi, eksperimen, dan simulasi.

- Observasi sebagai metode penelitian meliputi pengamatan dan pencatatan dengan sistematis fenomena-fenomena yang diamati di lapangan sebagai data awal dan perbandingan untuk penelitian.
- Eksperimen berupa tiga percobaan atau lebih kondisi pada objek yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan yang lain atau dengan yang tidak dilakukan percobaan untuk mengetahui hasil yang didapatkan.
- Simulasi dari eksperimen yang dilakukan dari objek yang diteliti dan mendapatkan hasil perhitungan menurut program *Ecotect 2011*.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Studi pustaka
 - Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari data kepustakaan yang didapat dari buku, artikel, jurnal ilmiah, dan internet yang berhubungan dengan pencahayaan alami, objek penelitian (*light shelf*) sebagai landasan teori yang digunakan pada penelitian ini. Fungsi data pustaka yang dicari/dikumpulkan:
 - Pegangan pokok secara umum dan berguna sebagai pertimbangan kesimpulan secara umum.
 - Tolak ukur dan bahan perbandingan terhadap fakta di lapangan.
 - Dasar argumentasi dugaan atau jawaban sementara terhadap suatu masalah.
- Studi lapangan
 - Pengukuran nilai pencahayaan dari beberapa ruang kerja menggunakan alat *luxmeter* sebagai perbandingan untuk eksperimen dan penelitian ke depan.
 - Titik pengukuran dilakukan pada ketinggian 80 cm dari lantai, sesuai dengan ketinggian rata-rata meja kerja, karena pengukuran bertujuan untuk memaksimalkan pencahayaan alami pada ruang kerja.
 - Memperhatikan sudut datang matahari dan kondisi cuaca di langit pada saat pengukuran, sebagai penentu kondisi cuaca sekitar saat melakukan eksperimen.

- Mengukur tingkat pencahayaan ruang kantor menggunakan *luxmeter* pada titik-titik tertentu dengan keadaan lampu dalam ruangan mati.

C. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel penelitian yaitu variabel tetap dan bebas.

- Variabel tetap
 - Variabel terikat merupakan variabel perilaku sebagai kriterium dimana efek perlakuan hendak dinilai.
- Variabel bebas
 - Variabel bebas merupakan variabel perlakuan yang efeknya akan dinilai melalui kriterium.

Variabel penelitian ini digunakan untuk menganalisa dan mengevaluasi dari penggunaan *light shelf* pada jendela untuk meningkatkan penetrasi cahaya matahari ke dalam ruangan. Hasil studi pustaka akan didapat beberapa teori yang berkaitan dengan sistem *light shelf* tersebut dengan pencahayaan alami di dalam ruang kantor, serta variabel-variabel yang penting dalam eksperimen menggunakan *light shelf* (contoh: ketinggian, kemiringan, bahan material, luas penampang).

Selain dari variabel yang berubah-ubah sesuai dengan penelitian yang akan berlanjut, peneliti juga menetapkan batasan-batasan tertentu yang digunakan dalam pembuatan ruang fiktif dan ketentuan ruang dan lain-lain yang berhubungan dan bertujuan untuk memudahkan kelanjutan dari penelitian ini. Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- *Light shelf* paten, tanpa alat mekanik yang bisa bergerak sendiri sesuai sistem untuk menyesuaikan arah gerak matahari.
- Ketinggian *light shelf* berada pada 2,3 meter di atas lantai.
- Arah jendela dari ruang/bangunan menghadap Selatan dan Timur.
- Ukuran ruang kantor 12x12 meter.
- Pengukuran dilakukan pada jam 12.00 WIB, karena intensitas sinar matahari tersebar paling banyak pada waktu tersebut.
- Batas ruang pada daerah Barat dan Utara berupa dinding.

Tabel 1.1 Variabel penelitian

Variabel Bebas	Variabel Tetap
Bentuk <i>light shelf</i> (3 bentuk)	Tingkat pencahayaan ruang (nilai lux)
Posisi <i>light shelf</i>	
• Luar (menempel jendela, di luar ruangan)	
• Tengah (berada di tengah-tengah jendela)	
• Dalam (menempel jendela, di dalam ruangan)	

D. Metode Eksperimen

Dalam penelitian kali ini yang dieksperimen adalah bentuk dari *light shelf* yang akan diuji tingkat keefektifan dari sisi bentuknya. Penelitian ini tidak berdasarkan dari penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan, karena dari berbagai penelitian yang pernah dilakukan terhadap *light shelf*, peneliti tidak menemukan jurnal yang melakukan penelitian pada bentuk-bentuk *light shelf* dengan mengubah bentuknya. Berdasarkan hal ini peneliti memiliki ide untuk mencoba

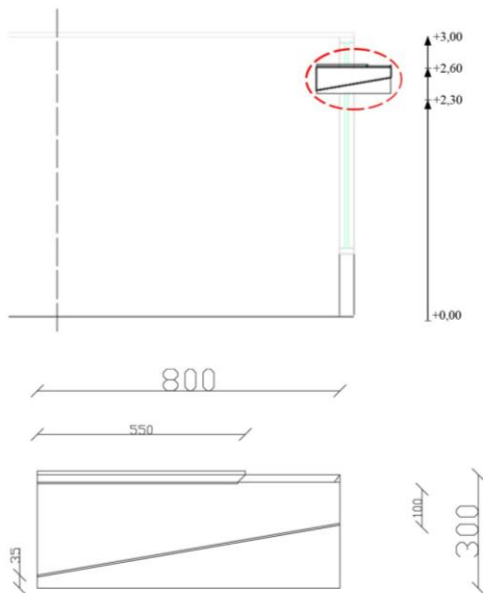
bereksperimen dengan mengubah bentuk *light shelf*. Bentuk *light shelf* yang standar/biasa digabungkan dengan bentuk dari corong lampu senter/lampu mobil yang memiliki bentuk cekung di dalamnya agar cahaya dapat menyebar dan memantulkan lebih luas ke area didepannya. Berawal dari prinsip kerja lampu senter/lampu mobil tersebut, peneliti memiliki ide untuk menggabungkan bentuk dari *light shelf* dan fungsi dari lampu mobil tersebut sehingga menjadikan *light shelf* memiliki bentuk baru sesuai dengan gabungan dari *light shelf* dan *headlamp* lampu mobil.

Ruang fiktif yang digunakan dalam penelitian ini berada pada posisi lantai 6 atau ±20 meter di atas tanah. Hal ini ditentukan berdasarkan dari titik terendah pada saat peneliti melakukan observasi tingkat pencahayaan kantor di Surabaya. Peneliti melakukan 3 observasi pada 3 kantor berbeda yaitu pada lantai 6, lantai 8 dan lantai 9. Lantai 6 diambil sebagai bahan percobaan karena menurut peneliti tidak banyak gedung yang cukup tinggi dan mencapai tingkat 8/9, sedangkan untuk gedung tingkat 6 masih banyak ditemukan di kota besar. Faktor penghalang luar juga merupakan salah satu alasan peneliti mengambil ruang pada posisi tinggi, karena tidak mungkin ada penghalang seperti pohon yang akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam ruangan.

Contoh-contoh bentuk sederhana eksperimen yang akan dilakukan oleh peneliti. Terdapat 3 bentuk eksperimen *light shelf* yang dilakukan berdasarkan ketentuan dalam penelitian ini. Berikut adalah 3 bentuk eksperimen *light shelf*:

• Eksperimen 1

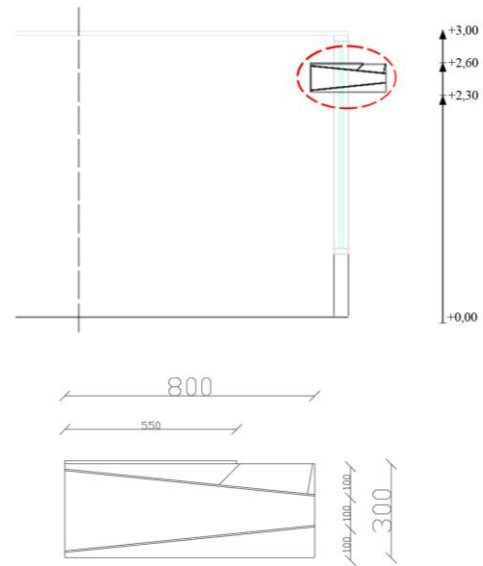
Eksperimen pertama pada *light shelf* memiliki potongan datar pada bagian atas dan miring pada bagian bawah, sehingga cahaya dapat memantul lebih jauh ke plafon ruangan melalui bidang miring *light shelf*. Sedangkan bidang datar bagian atas berfungsi juga untuk langsung memantulkan cahaya ke daerah meja kerja.



Gambar 1. Eksperimen 1 *light shelf*

• Eksperimen 2

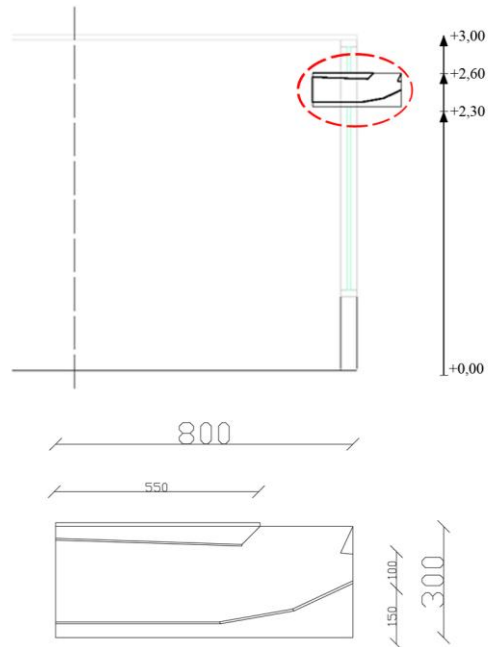
Eksperimen kedua *light shelf* memiliki perbedaan pada bidang pantul bagian dalam. Bidang bagian atas dan bawah berbentuk miring yang juga berfungsi memantulkan dan menyebarkan sinar matahari ke dalam ruangan.



Gambar 2. Eksperimen 2 *light shelf*

• Eksperimen 3

Eksperimen ketiga tidak jauh berbeda dengan kedua eksperimen lainnya. Fungsi memantulkan dan menyebarkan sinar matahari tetap digunakan melalui bidang miring pada bagian dalam *light shelf*. Bidang atas tidak terlalu banyak miring dan bidang bawah terdapat tiga bagian miring dengan tingkat kemiringan yang berbeda yang berfungsi meningkatkan kinerja pemantulan dan penyebaran sinar matahari.

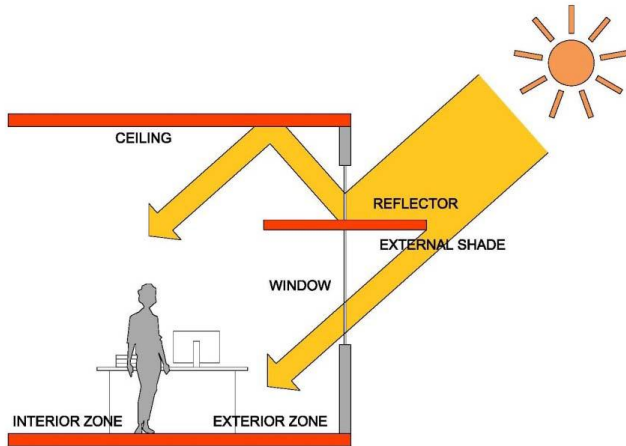


Gambar 3. Eksperimen 3 *light shelf*

III. KAJIAN TEORITIS

A. Light Shelf

Desain menggunakan pencahayaan alami adalah sebuah paduan antara seni dan ilmu pengetahuan. Tantangan terbesar dalam mendesain pencahayaan alami adalah untuk memasukkan cahaya matahari jauh ke dalam melewati ruang yang dibutuhkan tanpa membawa sifat panas dan silau dari sinar matahari tersebut. Dibutuhkan sistem yang baik/tinggi untuk menangkap sinar matahari dan menyebarkannya ke dalam ruangan dengan mengontrol sifat panas dan silau agar tidak serta masuk ke dalam. Salah satu sistem tersebut adalah *light shelf* [1].



Gambar 4. Sistem *light shelf*

Light shelf memberikan perlindungan dan pencahayaan tidak langsung untuk ruang dalam, meningkatkan masuknya jumlah cahaya matahari ke dalam ruangan. *Light shelf* paling efektif digunakan pada sisi Selatan bangunan tapi juga dapat digunakan pada sisi Timur dan Barat bangunan. *Light shelf* didesain untuk membawa masuk radiasi cahaya matahari ke dalam ruangan dan menerangi plafon, di mana cahayanya menjadi pencahayaan tidak langsung terdifusi, yang merupakan satu dari jenis pencahayaan yang terbaik untuk kenyamanan dan beraktivitas. *Light shelf* dapat meningkatkan masuknya cahaya matahari ke dalam ruangan sekitar 100% atau lebih, tapi hanya jika menangkap dan mengalihkan sinar matahari langsung. *Light shelf* memiliki keuntungan yang terbatas dengan cahaya yang menyebar, ketika cuaca sedang berawan dan matahari tertutup awan. Pada umumnya, *light shelf* berfungsi baik jika dibuat pada sisi Selatan bangunan [2], [3].

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan *light shelf*:

- Posisi
 - Bentuk
 - Ukuran
 - Kemiringan
 - Bahan material
- Keuntungan menggunakan *light shelf*
- Sekarang *light shelf* tersedia dalam bentuk rakitan yang mudah untuk dipasang.

- *Light shelf* menambahkan tingkat pencahayaan dalam ruang dan mengurangi silau cahaya matahari.
- *Light shelf* bagian luar bisa digunakan sebagai penghalang sinar matahari yang menyentrong ke dalam ruangan.
- *Light shelf* dapat meningkatkan jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan.

Light shelf yang efektif membutuhkan 4 komponen:

A. *Light shelf*

Light shelf sendiri adalah sebuah reflektor, sama seperti sebuah aluminium foil yang ditempelkan pada papan. *Light shelf* komersil memiliki keuntungan, mudah dibersihkan dan menambah tingkat keamanan.

B. Jendela

Light shelf hanya memantulkan cahaya dari bagian atas jendela yang sudah dipasang *light shelf*. Bagian bawah jendela membantu menyebarkan cahaya matahari yang masuk tanpa terhalang dari *light shelf*. Jendela harus menghadap ke arah matahari untuk waktu yang lama dan tidak boleh dihalangi oleh benda dari luar. Bila lapisan kaca jendela berwarna atau memantulkan cahaya, kemungkinan cahaya matahari yang masuk akan berkurang.

C. Plafon

Light shelf mengarahkan cahaya matahari ke arah plafon. Kemudian plafon menyebarkan ke ruangan. Plafon memiliki fungsi yang sama dengan rumah lampu buatan. Plafon seharusnya bersifat memantulkan cahaya untuk menyebarkan cahaya sebanyak mungkin. Ketinggian, karakteristik dari permukaan plafon, menentukan penyebaran cahaya matahari dari plafon. Semakin tinggi plafon, semakin dalam juga cahaya yang disebar ke dalam ruangan.

D. Alat penghalang untuk mencegah silau pada bagian bawah jendela

Jendela harus terbuka ke arah matahari untuk dipasang sebuah *light shelf*. Bagian bawah jendela membutuhkan alat lain untuk mencegah kesilauan. Contohnya bisa dengan dipasang korden, *vertical blind* atau alat lainnya yang mampu mencegah cahaya matahari langsung masuk ke ruangan dan menyebabkan silau.

B. Nilai lux

Lux adalah satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat *lux* pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan 1 *lux* setara dengan 1 *lumen* per meter persegi.

C. Standar Pencahayaan Ruang Kerja

Standar kuat penerangan untuk mencapai kenyamanan visual bagi pemakai pada gedung. Standar tersebut berdasarkan fungsi ruang dan efektivitas pencahayaan [4].

Tabel 1. Standar Iluminasi di Negara Indonesia

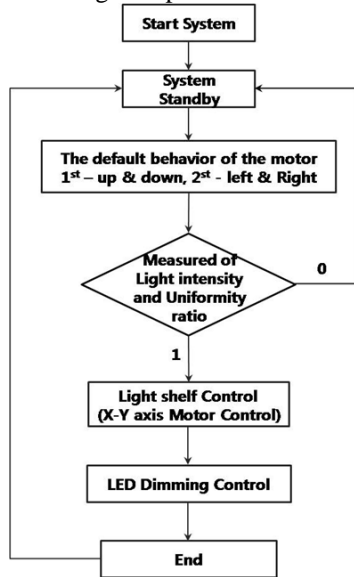
Bangunan	Ruangan	Besar kuat penerangan yang dianjurkan (Lux)
Perkantoran	Ruang direktur	350
	Ruang kerja	350
	Ruang rapat	300
	Ruang gambar	750
	Ruang arsip aktif	300

D. Hasil Penelitian tentang Light Shelf

Berikut merupakan beberapa jurnal tentang penelitian *light shelf* yang dilakukan berbagai negara di dunia yang sudah dibaca oleh peneliti. Berdasarkan penelitian sebelumnya tersebut peneliti juga membuat batasan untuk penelitian kali ini agar dapat berjalan dengan baik serta mendapatkan hasil yang lebih baik.

a. Pengaturan *light shelf* otomatis

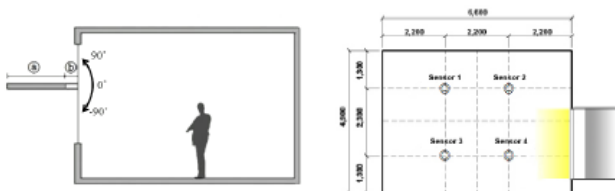
Penelitian dilakukan oleh Su Yong Lee dan Yoo Kang Ji pada tahun 2014. Dua dosen Republik Korea ini meneliti kinerja sistem *light shelf* yang disambungkan dengan *LED dimming control*, yang membuat *light shelf* dapat bergerak sendiri mengikuti pola gerak matahari sehingga pantulan sinar matahari ke dalam ruangan dapat lebih maksimal.



Gambar 5. Flowchart sistem (sumber: Lee Su Yong dan Ji Yoo Kang, 2014)

b. Jarak *light shelf* dan jendela

Penelitian ini dilakukan oleh Sun Hyeon Kwon, Heang Woo Lee, dan Yong Seong Kim pada tahun 2014. Ketiganya merupakan alumni mahasiswa Kookmin University, Korea. Mereka melakukan penelitian tentang fungsi kinerja *light shelf* terhadap jarak jendela. Penelitian dilakukan dengan *light shelf* yang bisa diubah kemiringannya, diletakkan pada jarak 0-300 mm dari jendela kemudian diukur di 4 titik pengukuran. Pada saat pengukuran sudut kemiringan *light shelf* juga diubah setiap 10° dari -90° sampai 90°.



Gambar 6. Sistem konfigurasi *light shelf* (sumber: Kwon, Lee, dan Kim, 2014)

Light Shelf Angle	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor4
-90°	40.84	650.13	161.50	2319.44
-80°	41.23	641.29	163.07	2392.13
-70°	33.57	625.36	132.75	2242.56
-60°	33.57	599.68	132.75	2158.67
-50°	28.95	580.20	114.49	2085.89
-40°	29.60	580.63	117.07	2111.15
-30°	34.37	608.52	135.93	2233.50
-20°	33.13	573.58	91.49	2076.81
-10°	30.53	613.86	120.75	2304.31
0°	42.56	738.69	168.31	2748.10
10°	72.03	861.34	284.87	3552.94
20°	158.15	889.23	445.88	3794.58
30°	165.04	755.09	655.50	3043.30
40°	132.44	774.57	623.75	4341.48
50°	62.25	734.72	246.19	2690.53
60°	66.61	714.34	263.44	2632.88
70°	46.40	697.08	183.49	2540.88
80°	38.73	662.99	153.18	2338.65
90°	39.13	652.36	154.74	2349.78

Gambar 7. Hasil pengukuran pada jarak 0 mm (sumber: Kwon, Lee, dan Kim, 2014)

Light Shelf Angle	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor4	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor4
-90°	41.27	656.52	162.40	2330.90	39.65	706.57	160.26	2315.59
-80°	41.67	647.39	163.97	2303.46	40.03	713.46	161.82	2288.33
-70°	33.92	631.31	133.49	2253.65	32.59	580.81	131.73	2238.84
-60°	33.92	605.39	133.49	2169.34	32.59	580.81	131.73	2155.09
-50°	29.26	585.73	115.13	2096.20	28.11	500.90	113.61	2082.43
-40°	29.91	586.16	117.72	2121.58	28.74	512.17	116.17	2107.65
-30°	34.73	614.32	136.68	2244.53	33.37	594.69	134.88	2229.79
-20°	23.38	579.03	92.00	2087.07	22.46	400.29	90.79	2073.37
-10°	30.85	619.70	121.41	2315.70	29.64	528.28	119.82	2300.49
0°	43.01	745.72	169.24	2761.68	41.32	736.39	167.02	2745.54
10°	72.79	869.53	286.45	3570.49	69.93	1246.34	282.66	3547.04
20°	159.82	897.70	448.34	3813.33	153.54	2736.39	620.64	3788.29
30°	166.79	762.28	659.12	3058.34	160.24	2855.66	647.69	3038.23
40°	133.84	781.95	526.64	4362.93	128.58	2291.46	519.72	4334.28
50°	62.91	741.71	247.55	2703.83	60.44	1077.10	244.30	2686.07
60°	67.32	721.14	264.90	2645.89	64.67	1152.56	261.41	2628.51
70°	46.89	703.71	184.51	2553.44	45.05	802.80	182.08	2536.67
80°	39.14	669.30	154.03	2350.21	37.60	670.15	152.00	2334.77
90°	39.54	658.57	155.60	2361.40	37.99	677.03	153.56	2345.88
-90°	39.96	648.49	160.25	2312.98	38.64	644.14	159.90	2304.73
-80°	40.35	639.67	161.80	2285.75	39.02	655.37	161.45	2277.59
-70°	32.85	623.77	131.72	2236.32	31.76	619.59	131.44	2228.34
-60°	32.85	598.16	131.72	2152.66	31.76	594.15	131.44	2144.98
-50°	28.33	578.74	113.60	2080.09	27.39	574.85	113.36	2072.66
-40°	28.97	579.16	116.16	2105.28	28.01	575.28	115.91	2097.76
-30°	33.64	606.98	134.87	2227.28	32.52	602.91	134.58	2219.33
-20°	22.64	572.12	90.78	2071.03	21.89	568.28	90.58	2063.64
-10°	29.88	612.31	119.81	2297.90	28.89	608.20	119.55	2289.70
0°	41.65	736.82	167.00	2740.45	40.27	731.87	166.64	2730.67
10°	70.49	859.16	282.66	3543.05	68.16	853.39	282.05	3530.40
20°	154.77	886.98	442.41	3784.02	149.66	881.03	441.45	3770.52
30°	161.52	753.18	650.40	3034.83	156.18	748.13	648.99	3024.00
40°	129.60	772.61	519.67	4329.39	125.32	767.43	518.55	4313.95
50°	60.92	732.86	244.27	2683.04	58.91	727.94	243.74	2673.47
60°	65.19	712.53	261.39	2625.55	63.03	707.75	260.83	2616.18
70°	45.41	695.32	182.07	2533.81	43.91	690.65	181.67	2524.77
80°	37.90	661.31	151.99	2332.14	36.65	656.87	151.66	2323.82
90°	38.29	650.71	153.54	2343.24	37.03	646.34	153.21	2334.88
-90°	39.39	656.21	175.44	629.29	39.84	36.54	39.84	35.04
-80°	39.77	647.28	722.37	621.88	40.23	36.05	40.23	34.63
-70°	32.38	631.20	588.08	608.43	32.75	35.15	32.75	33.88
-60°	32.38	605.28	588.08	585.67	32.75	33.71	32.75	32.61
-50°	27.92	585.62	507.19	565.93	28.24	32.61	28.24	31.51
-40°	28.55	586.06	518.61	572.78	28.88	32.64	28.88	31.90
-30°	33.15	614.21	602.15	605.97	33.53	34.20	33.53	33.75
-20°	22.31	578.93	405.29	563.46	22.57	32.24	22.57	31.38
-10°	29.45	619.59	534.89	625.19	29.79	34.50	29.79	34.81
0°	41.05	745.59	745.59	745.59	41.52	41.52	41.52	41.52
10°	69.48	869.38	1261.95	963.95	70.27	48.41	70.27	53.68
20°	152.54	897.54	1975.18	1029.51	154.29	49.98	109.99	57.33
30°	159.19	762.15	2903.77	825.68	161.01	42.44	161.70	45.98
40°	127.74	781.81	3320.14	1177.89	129.20	43.54	129.20	65.59
50°	60.04	741.58	1090.58	729.97	60.73	41.30	60.73	40.65
60°	64.25	721.01	1167.02	714.33	64.98	40.15	64.99	39.78
70°	44.75	703.59	812.63	689.37	45.26	39.18	45.27	38.39
80°	37.36	669.18	678.56	634.50	37.79	37.27	37.79	35.33
90°	37.74	658.45	685.49	637.52	38.17	36.67	38.17	35.50

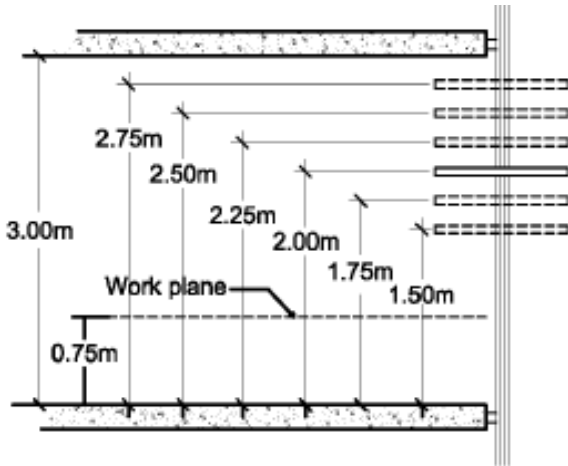
Gambar 8. Hasil pengukuran pada jarak 50-300 mm (sumber: Kwon, Lee, dan Kim, 2014)

c. Ketinggian plafon pada penggunaan *light shelf*

Penelitian ini dilakukan oleh Shaily Rungta dan Vipul Singh pada tahun 2011. Mereka melakukan penelitian dalam penggunaan *light shelf* dalam sebuah bangunan, pada bangunan kantor dan sekolah. Pada penelitian tersebut diambil kesimpulan bahwa *light shelf* merupakan alat pasif yang efektif dalam memantulkan cahaya matahari ke dalam ruangan. Dan juga *light shelf* bekerja lebih baik dan efektif bila ketinggian plafon diantara 3-4 meter, tidak lebih pendek atau lebih tinggi.

d. Ketinggian *light shelf* pada jendela

Penelitian ini dilakukan oleh Ashikur Rahman Joarder, Zebun Nasreen Ahmed, Andrew Price, dan Monjur Mourshed pada tahun 2009. Mereka melakukan penelitian terhadap ketinggian *light shelf* pada jendela dari lantai. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 75 cm diatas lantai, sedangkan eksperimen ketinggian *light shelf* berada diantara 1,5 sampai 3 meter di atas lantai.



Gambar 9. Metode pengukuran ketinggian (sumber: Joarder, Ahmed, Price, dan Mourshed, 2009)

Variant	DF $\geq 2\%$	DA %	DAcon $> 80\%$	DAmax $> 5\%$	UDI < 100	UDI ≥ 100
None	87	0 - 100	98	73	100	0
1.50	86	0 - 100	98	73	100	0
1.75	84	0 - 100	98	72	100	0
2.00	80	0 - 100	98	71	100	0
2.25	83	0 - 100	98	69	100	0
2.50	83	0 - 100	98	67	100	0
2.75	83	0 - 100	98	67	100	0

Gambar 10. Hasil pengukuran ketinggian (sumber: Joarder, Ahmed, Price, dan Mourshed, 2009)

Dari hasil pengukuran yang didapat, diambil kesimpulan bahwa *light shelf* dapat bekerja dengan efektif pada ketinggian di atas 2 meter dan dengan ketinggian plafon sekitar 3 meter dari lantai.

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isi publikasi *on-line* ini melalui proses telaah oleh tim penguji dan akhirnya tersampaikan di Perpustakaan UK PETRA. Artikel-artikel yang dimuat adalah hasil penelitian mahasiswa S1 UK PETRA yang akan diwisuda pada periode setelah pemuatannya.

Beberapa hal yang penting diperhatikan oleh penulis:

- 1) Penulis wajib menghindarkan artikelnya dari kemungkinan plagiarisme.
- 2) Jumlah halaman artikel adalah 3-6.
- 3) Penulis terdiri atas mahasiswa S1 dan dosen pembimbing serta dapat ditambah dengan anggota lain yang turut berkontribusi pada penyelesaian artikel. Penulis pertama adalah mahasiswa S1 yang berkepentingan untuk kelulusannya.

- 4) Para penulis wajib menjamin bahwa hasil penelitian dan tulisan yang dimuat memenuhi kaidah ilmiah dan standar penulisan ilmiah yang baik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi

Simulasi program *ecotect* 2011 ini menggunakan beberapa *setting* agar dapat berjalan dengan lancar dan tepat. Berikut adalah beberapa penjelasan *setting software* yang digunakan dalam simulasi ini. Simulasi penelitian dilakukan di kota Surabaya, tanggal 21 Juni, pukul 12:00 WIB. Berikut adalah penjelasan tentang bahan material yang digunakan pada percobaan letak posisi *light shelf*:

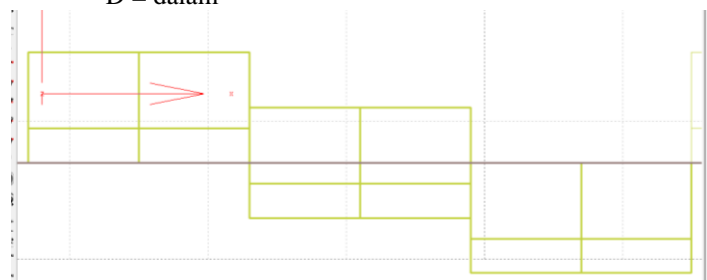
Tabel 2. Bahan material ruang

Elemen Bangunan	Bahan Material
Dinding	Brick TimberFrame
Lantai	ConcSlab OnGround
Plafon	Plaster Insulation Suspended
Jendela	SingleGlazed TimberFrame
<i>Light shelf</i>	Stainless Steel

Berikut adalah penjelasan tentang singkatan dan keterangan pada percobaan letak posisi *light shelf*:

- Posisi luar, tengah, dan dalam berdasarkan posisi *light shelf* berada di luar, d tengah atau di dalam ruangan.

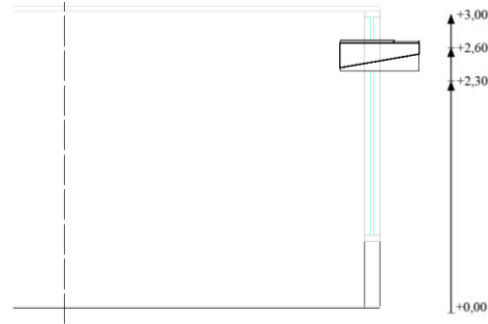
- L = luar
- T = tengah
- D = dalam



Gambar 11. Posisi *light shelf* dari kiri ke kanan (dalam, tengah, luar)

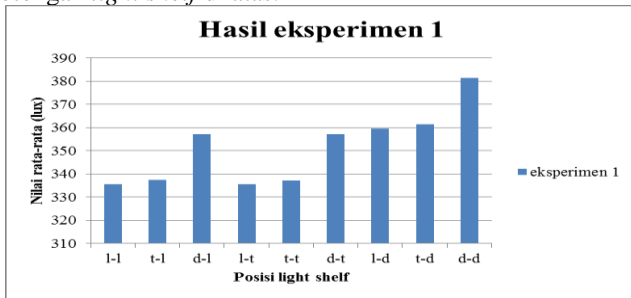
- Kode penempatan *light shelf* akan dibuat : x1 - x2
 X1 = *light shelf* bagian Selatan
 X2 = *light shelf* bagian Timur
 Contoh pemakaian : t-d (Selatan tengah dan Timur dalam)
- Hasil perhitungan nilai keluar dalam nilai *lux* merupakan hasil rata-rata penerangan dalam ruang kantor.
- Nilai *lux* pengukuran pada *ecotect* 2011 berkisar 0-640 *lux*.
- Ketinggian pengukuran 80 cm di atas lantai (meja kerja).

B. Eksperimen 1



Gambar 12. Bentuk 1 eksperimen light shelf

Bentuk eksperimen pertama light shelf memiliki celah pada bagian tengah untuk dilalui sinar matahari. Pada bagian dalam celah memiliki bidang datar pada bagian atas dan bidang miring pada bagian bawah seperti pada contoh gambar potongan light shelf di atas.



Gambar 13. Grafik nilai rata-rata bentuk eksperimen 1

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Percobaan Bentuk Eksperimen 1

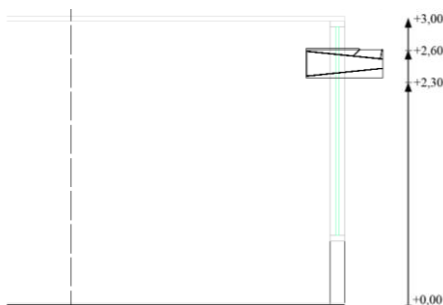
	l-l	t-l	d-l	l-t	t-t	d-t	l-d	t-d	d-d
Eksperimen 1	335,69	337,49	357,25	335,45	337,25	357,04	359,57	361,40	381,40

Satuan dalam nilai lux

Warna : nilai mendekati standar

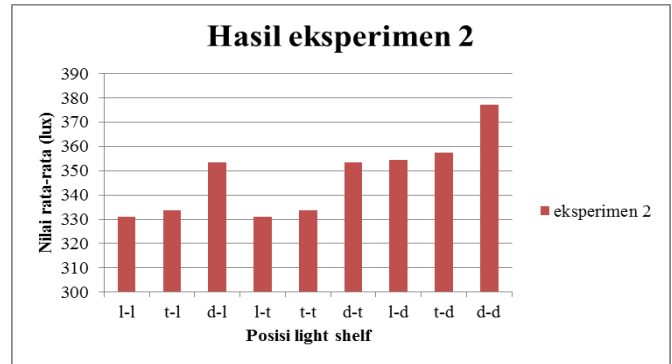
Pada hasil pengukuran simulasi bentuk eksperimen pertama nilai rata-rata tertinggi terdapat pada ruangan dengan kondisi light shelf berada di dalam-dalam ruangan yaitu 381,40 lux. Hasil rata-rata seluruh nilai pengukuran eksperimen 1 adalah 351,39 lux, dan hasil yang mendekati nilai standar pencahayaan ruang kantor adalah ruangan dengan posisi light shelf berada di dalam-tengah (357,04 lux).

C. Eksperimen 2



Gambar 14. Bentuk 2 eksperimen light shelf

Bentuk eksperimen kedua light shelf memiliki celah pada bagian tengah untuk dilalui sinar matahari sama seperti bentuk eksperimen pertama, bedanya pada bagian dalam atas dan bawah memiliki bidang miring pada light shelf untuk memantulkan sinar matahari.



Gambar 15. Grafik nilai rata-rata bentuk eksperimen 2

Tabel 4. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Percobaan Bentuk Eksperimen 2

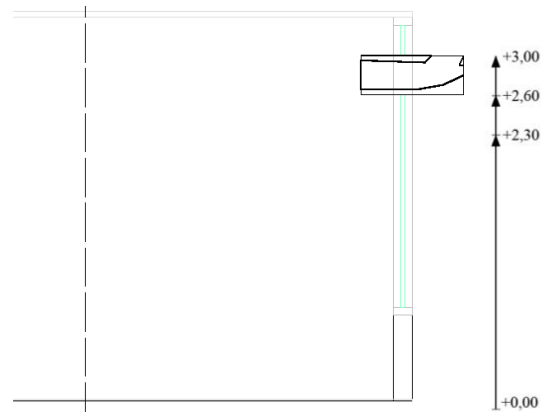
	l-l	t-l	d-l	l-t	t-t	d-t	l-d	t-d	d-d
Eksperimen 2	331,00	333,70	353,47	330,84	333,55	353,35	354,60	357,33	377,35

Satuan dalam nilai lux

Warna : nilai mendekati standar

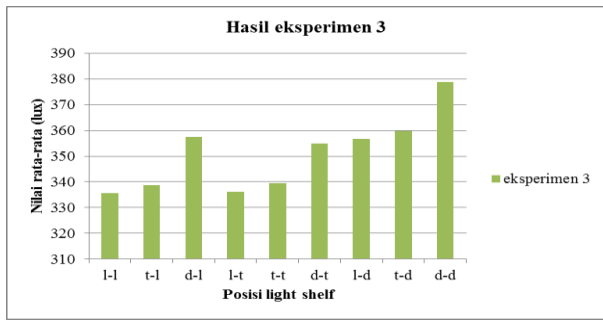
Pada hasil pengukuran simulasi bentuk eksperimen pertama nilai rata-rata tertinggi terdapat pada ruangan dengan kondisi light shelf berada di dalam-dalam ruangan yaitu 377,35 lux. Hasil rata-rata seluruh nilai pengukuran eksperimen 2 adalah 347,24 lux, dan hasil yang mendekati nilai standar pencahayaan ruang kantor adalah ruangan dengan posisi light shelf berada di dalam-tengah (353,35 lux).

D. Eksperimen 3



Gambar 16. Bentuk 3 eksperimen light shelf

Bentuk eksperimen ketiga light shelf hampir sama dengan bentuk eksperimen pertama dan kedua. Pada bagian dalam atas dan bawah celah memiliki bidang miring, tetapi pada bagian bawah memiliki 3 tingkat kemiringan untuk memantulkan sinar matahari.



Gambar 17. Grafik nilai rata-rata bentuk eksperimen 3

Tabel 5. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Percobaan Bentuk Eksperimen 3

	l-l	t-l	d-l	l-t	t-t	d-t	l-d	t-d	d-d
Eksperimen 3	335,51	338,77	357,54	336,09	339,36	354,88	356,64	359,91	378,89

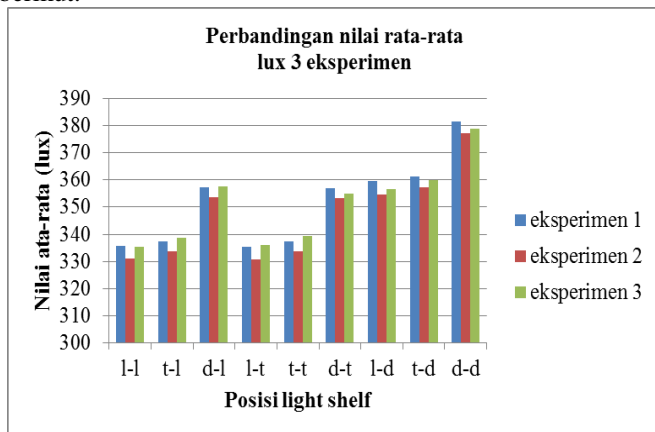
Satuan dalam nilai lux

Warna kuning : nilai mendekati standar

Pada hasil pengukuran simulasi bentuk eksperimen pertama nilai rata-rata tertinggi terdapat pada ruangan dengan kondisi *light shelf* berada di dalam-dalam ruangan yaitu 378,89 lux. Hasil rata-rata seluruh nilai pengukuran eksperimen 3 adalah 350,84 lux, dan hasil yang mendekati nilai standar pencahayaan ruang kantor adalah ruangan dengan posisi *light shelf* berada di dalam-tengah (354,88 lux).

E. Analisis Hasil Eksperimen

Ketiga simulasi menampilkan hasil tingkat pencahayaan yang cukup optimal. Pada bagian ini akan membahas ketiga hasil eksperimen tersebut untuk menentukan hasil yang paling optimal dan sesuai dengan standar penerangan ruang kerja yang ada di bab 2, yaitu 350 lux. Grafik perbandingan hasil rata-rata tingkat pencahayaan masing-masing ruangan sebagai berikut.



Gambar 18. Grafik batang nilai rata-rata bentuk eksperimen 1, 2, 3

Tabel 6. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Percobaan Bentuk Eksperimen 1, 2, 3

	l-l	t-l	d-l	l-t	t-t	d-t	l-d	t-d	d-d
Eksperimen 1	335,69	337,49	357,25	335,45	337,25	357,04	359,57	361,40	381,40
Eksperimen 2	331,00	333,70	353,47	330,84	333,55	353,35	354,60	357,33	377,35
Eksperimen 3	335,51	338,77	357,54	336,09	339,36	354,88	356,64	359,91	378,89

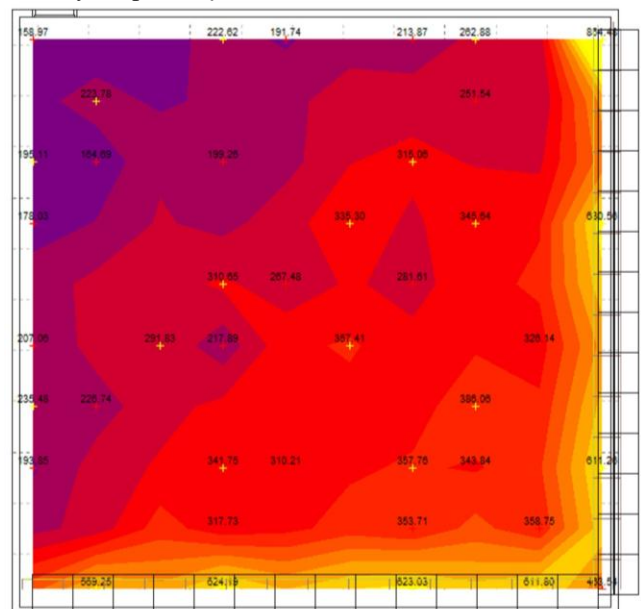
Satuan dalam nilai lux

Warna kuning : nilai mendekati standar

Hasil nilai tertinggi pada grafik tersebut terdapat pada bentuk eksperimen pertama dengan posisi *light shelf* berada di dalam-dalam ruangan (381,40 lux), sedangkan nilai terendah terdapat pada bentuk eksperimen kedua dengan posisi *light shelf* berada di luar-tengah ruangan (330,84 lux). Hal ini membuktikan bahwa bentuk eksperimen *light shelf* yang pertama memantulkan intensitas sinar matahari paling banyak dari dua bentuk eksperimen lainnya, sedangkan bentuk eksperimen *light shelf* kedua memantulkan sinar matahari dengan intensitas tidak sebanyak yang lain.

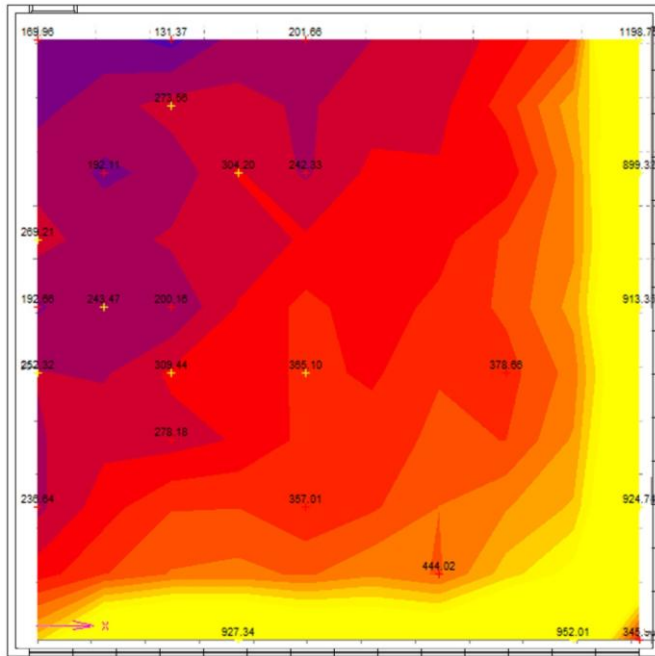
Dari hasil rata-rata tiap bentuk eksperimen, posisi *light shelf* masing-masing bentuk yang paling mendekati adalah posisi dalam-tengah. Peneliti mengambil kesimpulan bahwa posisi *light shelf* yang berada di dalam-tengah merupakan posisi paling ideal untuk menerangi sebuah ruang kerja dengan ukuran 12x12 meter dan jendela menghadap bagian Selatan dan Timur ruang.

Standar nilai pencahayaan ruang kerja yaitu 350 lux akan dipakai oleh peneliti sebagai standar tolak ukur nilai untuk menentukan hasil akhir penelitian. Nilai pengukuran yang paling mendekati standar tolak ukur yang menentukan hasil penelitian adalah bentuk eksperimen kedua dengan posisi *light shelf* dalam-tengah dengan nilai 353,35 lux. Berikut adalah gambar simulasi bentuk eksperimen 2 posisi d-t tingkat pencahayaan pada software ecotect 2011.



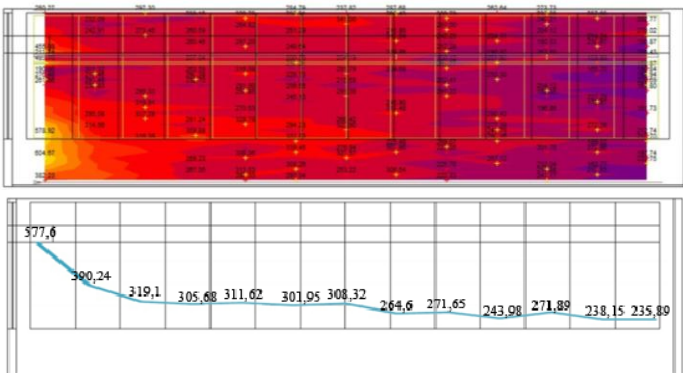
Gambar 19. Simulasi pencahayaan bentuk *light shelf* 2 posisi d-t tampak atas

Tampak dari gambar bila seluruh ruangan sudah mendapatkan pencahayaan yang kurang lebih merata pada tiap titik, sehingga ruangan mendapat pencahayaan yang cukup untuk melakukan pekerjaan. Hanya pada bagian pucuk kiri atas ruang tidak mendapat cahaya yang cukup untuk melakukan pekerjaan, tetapi di bagian sana terdapat pintu untuk keluar masuk ruangan sehingga tidak mungkin ada area yang cukup untuk bekerja. Tingkat pencahayaan ruang yang tidak menggunakan *light shelf* yang memiliki rata-rata *lux* lebih besar.

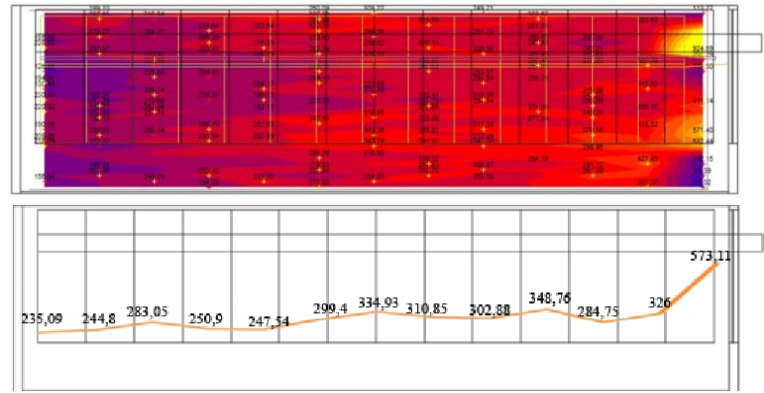


Gambar 20. Simulasi pencahayaan ruang tanpa *light shelf* tampak atas

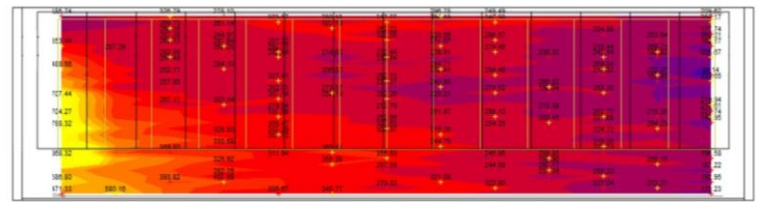
Dilihat dari sisi Timur dan Selatan, nilai *lux* yang keluar pada ketinggian 80cm atau sekitar ketinggian meja kerja mendapat pencahayaan yang cukup untuk melakukan pekerjaan kantor. Bagian samping yang terdapat *light shelf* cahaya terpantulkan ke plafon sehingga membuat daerah dekat jendela tidak silau yang diakibatkan dari banyaknya intensitas cahaya yang menyinari daerah tersebut. Bila keduanya dibandingkan tentu ruangan yang tidak menggunakan *light shelf* mendapatkan pencahayaan yang lebih daripada menggunakan *light shelf*, tetapi ruangan yang menggunakan *light shelf* tentu memiliki kelebihan tersendiri yang bermanfaat bagi pekerja di dalam ruangan tersebut.



Gambar 21. Simulasi pencahayaan bentuk *light shelf* 2 posisi d-t sisi Timur



Gambar 22. Simulasi pencahayaan bentuk *light shelf* 2 posisi d-t sisi Selatan



Gambar 23. Simulasi pencahayaan ruang tanpa *light shelf* sisi Timur

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fungsi kinerja *light shelf* dalam pencahayaan alami pada ruang kerja dan membandingkan hasil simulasinya dengan simulasi ruang kerja tanpa penggunaan sistem tersebut. Tidak hanya menggunakan bentuk *light shelf* yang seperti biasanya, penelitian ini mengubah bentuk sesuai dengan ide dan melakukan eksperimen serta simulasi untuk mengetahui hasilnya.

Berdasarkan hasil simulasi, peneliti menyimpulkan bahwa sistem pencahayaan alami ruang kerja tanpa *light shelf* belum cukup. Ruang kerja yang tidak menggunakan *light shelf* masih terlalu terang dan terdapat masalah silau pada pekerja yang berada pada posisi dekat jendela. Penggunaan sistem *light shelf* dapat membantu mengurangi silau karena sinar matahari dipantulkan ke arah plafon. Para pekerja dapat bekerja dengan nyaman tanpa terganggu rasa silau apabila ruangan sudah dipasang *light shelf* dan ruangan juga mendapat penerangan tanpa menggunakan lampu.

Hasil eksperimen dan simulasi yang menggunakan 3 bentuk berbeda dan posisi yang berbeda-beda, menyimpulkan bahwa bentuk eksperimen *light shelf* ke 2 dengan posisi Selatan berada di dalam jendela dan posisi Timur berada di tengah jendela. Berdasarkan standar pencahayaan ruang kantor dengan intensitas cahaya 350 *lux*, bentuk *light shelf* yang paling tepat untuk ruangan dengan standar dan ketentuan seperti yang digunakan oleh peneliti adalah bentuk ke 2 yang memiliki bidang miring pada bagian dalam *light shelf* untuk memantulkan dan menyebarkan cahaya ke dalam ruangan. Posisi *light shelf* yang paling tepat dengan bentuk ke 2 pada ruangan tersebut adalah posisi dalam (di dalam ruang, menempel pada jendela) pada jendela yang mengarah Selatan, dan juga posisi tengah (berada di tengah jendela, setengah bagian di dalam ruang dan setengah bagian di luar ruang) pada jendela yang mengarah Timur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis E.P.T. mengucapkan terima kasih kepada Ibu Hedy C. Indrani selaku dosen pembimbing I dan ketua program studi Desain Interior yang telah membantu dan membimbing dalam proses penyelesaian jurnal ini, serta Ibu Poppy F. Nilasari selaku dosen pembimbing II yang juga telah membimbing serta mengarahkan dalam proses pembuatan jurnal ini. Penulis juga berterima kasih pada keluarga serta teman-teman desain interior 2011 yang selalu mendukung, membantu dan mengingatkan dalam proses pembuatan hingga penyelesaian sampai akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Frick, Heinz dan Ardiyanto, Antonius dan Darmawan, AMS. 2008. *Ilmu fisika bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [2] Karlen, Mark dan R. Benya, James. 2007. *Dasar-dasar desain pencahayaan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [3] Satwiko, Prasasto. 2004. *Fisika bangunan 1*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- [4] Standar Nasional Indonesia SNI 03-6197-2000. 2000. *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] Manurung, Parmonangan. 2009. *Desain pencahayaan arsitektural*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.