

**EVALUASI DAN OPTIMALISASI PENCAHAYAAN
PADA BANGUNAN PERKANTORAN
(STUDI KASUS : MENARA BALAIKOTA MAKASSAR)**

*EVALUATION AND OPTIMISATION OF LIGHTING
SYSTEM AT AN OFFICE BUILDING
(A CASE STUDY OF MAKASSAR CITY HALL TOWER)*

IRNAWATY IDRUS OMPO



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2014

**EVALUASI DAN OPTIMALISASI PENCAHAYAAN
PADA BANGUNAN PERKANTORAN
(STUDI KASUS : MENARA BALAIKOTA MAKASSAR)**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
TEKNIK ARSITEKTUR

Disusun dan diajukan oleh

IRNAWATY IDRUS OMPO

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2014

TESIS

EVALUASI DAN OPTIMALISASI PENCAHAYAAN PADA BANGUNAN PERKANTORAN (STUDI KASUS : MENARA BALAIKOTA MAKASSAR)

Disusun dan diajukan oleh

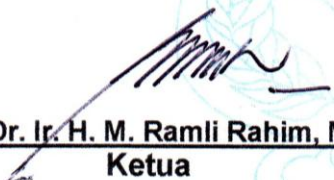
IRNAWATY IDRUS OMPO


Nomor Pokok P3200210010

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 6 Januari 2014
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,


Prof. Dr. Ir. H. M. Ramli Rahim, M.Eng
Ketua


Baharuddin Hamzah, S.T., M.Arch., Ph.D
Anggota

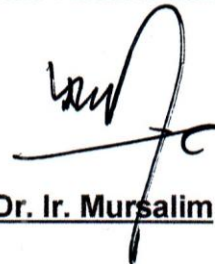
Ketua Program Studi
Teknik Arsitektur



Prof. Dr. Ir. Victor Sampebulu, M.Eng



Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Mursalim

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Irnawaty Idrus Ompo

Nomor Mahasiswa : P3200210010

Program Studi : Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar,

Yang menyatakan

Irnawaty Idrus Ompo

ABSTRAK

IRNAWATI IDRUS OMPO. *Evaluasi dan Optimalisasi Pencahayaan pada Bangunan Perkantoran: Studi Kasus Menara Balaikota Makassar* (dibimbing oleh **Ramli Rahim** dan **Baharuddin Hamzah**)

Penelitian ini bertujuan: (1) mengetahui kualitas pencahayaan alami dan kualitas pencahayaan buatan pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar, (2) mengetahui kualitas pencahayaan ruang apabila digunakan pencahayaan kombinasi alami-buatan secara manual (lampu dinyalakan selang-seling) dan pencahayaan integrasi antara pencahayaan alami, buatan, dan sensor cahaya alami pada tiga kondisi langit, yaitu cerah, berawan, dan mendung, dan (3) mengetahui seberapa besar energi yang dapat dihemat dengan pencahayaan integrasi alami-buatan dan *daylight sensor* untuk memperoleh pencahayaan optimal.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Lokasi penelitian di Menara Balaikota Makassar. Pemilihan lantai lima sebagai lokasi penelitian dilakukan secara *purposive sampling*. Pengumpulan data dilakukan dalam 4 tahap, yaitu pengamatan awal, pengukuran dan pencatatan di lapangan, pengukuran, dan pencahayaan eksisting, kemudian dilakukan simulasi di komputer. Data dianalisis dengan teknik analisis data statistik deskriptif kualitatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi langit cerah dan berawan ataupun mendung, rata-rata kualitas pencahayaan alami belum memenuhi standar ketentuan pencahayaan minimum. Pada kondisi langit cerah dan berawan hanya satu zona dari enam zona yang memiliki pencahayaan alami yang baik, sedangkan pada kondisi mendung kualitas pencahayaan ke seluruh zona masih di bawah standar. Begitu pula dengan pencahayaan buatan juga masih di bawah standar. Pencahayaan kombinasi alami-buatan manual belum efektif karena selain tingkat iluminasi beberapa ruang masih di bawah standar, penyebaran cahaya ruang juga tidak merata. Berbeda halnya dengan sistem pencahayaan integrasi alami-buatan dengan *daylight sensor*, standarisasi iluminasi ruang dapat terpenuhi serta penyebaran cahaya juga merata ke seluruh bagian ruang. Hasil evaluasi energi menunjukkan bahwa pencahayaan integrasi alami-buatan dengan sensor cahaya alami dapat menghemat energi sebesar 42.62% pada kondisi langit cerah, 35.17% pada kondisi langit berawan, dan 24.62% pada kondisi langit mendung. Pencahayaan optimal adalah sistem pencahayaan yang terbaik apabila dilihat dari beberapa aspek dan pencahayaan integrasi alami-buatan dan sensor cahaya alami dapat direkomendasikan sebagai solusi terbaik untuk optimalisasi pencahayaan ruang.



ABSTRACT

IRNAWATY IDRUS OMPO. *Evaluation and Optimisation of Lighting System at an Office Building: a Case Study of Makassar City Hall Tower* (supervised by **Ramli Rahim** and **Baharuddin Hamzah**).

The study aims to (1) investigate the quality of day lighting of the workspace in City Hall Tower of Makassar; (2) determine the quality of lighting when using a combination of natural and artificial lighting manually (lights switched alternately) and lighting integration between natural-artificial lighting and daylight sensors in three sky conditions: clear, intermediate, and overcast, and (3) calculate the amount of energy that can be saved through lighting integration between the natural artificial and daylight sensors, in order to obtain optimal lighting systems.

It is an experimental study conducted in Makassar City Hall Tower. The fifth floor was purposively selected as sample and the data were collected in four stages: initial observation, measurement and recording, measurement of the existing light, and performing lighting in the computer simulation. The data were analysed with quantitative descriptive statistics.

The study reveals that in clear, intermediate, and overcast sky conditions, the average quality of natural lighting does not meet the minimum standard of lighting of lighting provision. In the clear and intermediate sky conditions only one of the six zones has good natural lightings. In the overcast sky condition, the overall lighting condition is below standard zone. Similarly, artificial lighting is also below standard. Natural-artificial lighting manual combination has not been effective because beside some space illumination level is still below standard; the spread of light to the space is uneven. In the case of lighting system natural – artificial combination with daylight sensors, room illumination standard can be fulfilled and light can be evenly distributed throughout the room. The result of energy evaluation shows that the integration of natural artificial lighting with day natural artificial lighting with day light sensor can save energy by 42.62% at clear condition, 35.17% at intermediate sky, and 24.63% in overcast condition. Optimal lighting is the best lighting system when viewed from several aspects, and the integration of Daylighting-Artificial lighting and daylight sensor can be recommended as the best solution to optimise lighting.



PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim,

Syukur *Alhamdulillah*, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya dengan izin dan rahmatNya lah tesis ini dapat terselesaikan.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari keprihatinan penulis akan kondisi sumber daya alam (tidak terbarukan) yang semakin menipis, yang merupakan sumber utama penghasil energi listrik untuk mendukung berbagai aktivitas kita sehari-hari dan juga sebagai penggerak roda pembangunan ekonomi. Seyogyanyalah kita mulai menentukan sikap untuk mempergunakan energi tersebut dengan sebijak mungkin. Sembari terus mengembangkan inovasi sumber daya alternatif yang nantinya akan menggantikan sumber daya energi tak terbarukan tersebut. Dengan menekan tingginya konsumsi energi, berarti juga akan berdampak semakin kecilnya tingkat polusi dan kerusakan alam yang akan dihasilkan. “Sekecil apapun upaya yang kita lakukan, akan berdampak sangat besar terhadap pelestarian lingkungan”. Penulis bermaksud menyumbangkan konsep efisiensi energi khususnya pada sistem pencahayaan ruang. Karena sektor pencahayaanlah, yang merupakan konsumen energi terbesar pada bangunan komersil dan perkantoran.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam penyusunan tesis ini, dan berkat bantuan berbagai pihak maka tesis ini dapat selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada bapak Prof.DR.Ir.H.M.Ramli Rahim, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasihat dan bapak Baharuddin Hamzah, S.T.,M.Arch.,Ph.D sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitiannya sampai dengan penulisan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan terhadap

Walikota Makassar bapak DR. Ir. H. Ilham Arief Sirajuddin, Msi atas rekomendasi penelitian yang diberikan dalam rangka pengumpulan data dan informasi pada Menara Balaikota Makassar. Tak lupa pula, terima kasih yang tak terhingga kepada suamiku Muhammad Iqbal Wahab, ST atas dukungan moral dan materiil serta doa yang telah diberikan. Kedua orang tuaku Ir.H.Muhammad Idrus Ompo,Sp.PSA dan Ny.Hj.Ratna Idrus Ompo, serta anak-anakku Muhammad Rifqi Assyauqi Iqbal dan Rafiqah Putri Rifaya Iqbal atas pengertian, dukungan dan doa dari kalian semua.

Akhir kata, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Semoga apa yang kita lakukan akan bermanfaat di masa yang akan datang. *Amin ya Rabbal Alamin.*

Makassar, Januari 2014

Irnawaty Idrus Ompo

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	
ABSTRAK	
<i>ABSTRACT</i>	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Kegunaan Penelitian	8
E. Ruang Lingkup/ Batasan Penelitian	9
F. Sistematika Penulisan	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Pencahayaan	11
1. Pengertian Cahaya	11
2. Pencahayaan pada Mata Manusia	14
3. Kenyamanan Penglihatan	15

	halaman
B. Pencahayaan Ruang	23
1. Sistem Pencahayaan	23
2. Pencahayaan Alami	26
a. Kriteria Perancangan Pencahayaan Alami	27
b. Ketentuan Dasar Pencahayaan Alami	30
c. Persyaratan Teknis Pencahayaan Alami	40
d. Pengujian Pencahayaan Alami	43
3. Pencahayaan Buatan	47
a. Kriteria Perancangan Pencahayaan Buatan	47
b. Sistem Pencahayaan Buatan	51
c. Sumber Pencahayaan	53
d. Luminair Lampu	62
e. Teknik Pencahayaan	65
f. Warna Cahaya	68
g. Pengoperasian dan Pemeliharaan	69
4. Pencahayaan Integrasi/ Hybrid	71
a. Prinsip Pengendalian Pencahayaan Buatan	72
b. Alat Kontrol	73
c. Sistem Kontrol	77
C. Simulasi Pencahayaan	80
1. Metode Simulasi Pencahayaan	80
2. Program Simulasi Pencahayaan	83

	halaman
D. Penelitian Terdahulu yang Relevan	88
E. Kerangka Pikir Penelitian	95
III. METODE PENELITIAN	96
A. Rancangan Penelitian	96
B. Variabel Penelitian	98
C. Objek Penelitian	99
D. Instrumen Pengumpulan Data	101
1. Jenis Data	101
2. Alat Pengumpul Data	102
3. Teknik Pengumpulan Data	103
E. Defenisi Operasional	108
F. Teknik Analisis Data	109
1. Tabulasi Data Awal	110
2. Analisis Persamaan/ Formulasi	111
3. Analisis Komparasi	112
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	113
A. Gambaran Umum Objek Penelitian	113
1. Letak Geografis dan Kondisi Iklim Kota Makassar	113
2. Lokasi Objek Penelitian	114
3. Orientasi Bangunan	117
4. Bentuk, Komponen dan Bahan Bangunan	117

	halaman
B. Analisis Hasil Penelitian	124
1. Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan	124
a. Kualitas Pencahayaan Alami	124
b. Kualitas Pencahayaan Buatan	182
2. Sistem Pencahayaan Kombinasi/ <i>Hybrid</i>	196
a. Pencahayaan Kombinasi Manual	196
b. Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan yang Diintegrasikan dengan <i>Daylight Sensor</i>	240
C. Rangkuman Analisis Hasil Penelitian	260
1. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Eksisting dan Eksperimen	260
2. Analisis Konsumsi Energi Pencahayaan Buatan dan Pencahayaan Integrasi Alami – Buatan - Daylight Sensor	273
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	275
B. Saran	277
DAFTAR PUSTAKA	278
LAMPIRAN	282

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman	
1.	Panduan untuk Tingkat Iluminasi (<i>IESNA</i>)	19
2.	Nilai <i>Daylight Factor</i> (DF) yang direkomendasikan	36
3.	Nilai faktor langit untuk bangunan umum	42
4.	Tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan	44
5.	Nilai Indeks Kesilauan Maksimum (SNI)	46
6.	Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan	49
7.	Pengelompokan Renderasi Warna	50
8.	Daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan	50
9.	Perbandingan efikasi (efisiensi lampu)	61
10.	Contoh tabel data pengukuran pencahayaan alami dan buatan dengan <i>luxmeter</i>	110
11.	Contoh Tabel Data Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen dengan Simulasi	111
12.	Pembagian Zona Pencahayaan Ruang	116
13.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 20 April 2013)	126
14.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 27 April 2013)	127
15.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 28 April 2013)	128

Nomor		Halaman
16.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 5 Mei 2013)	129
17.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Senin, 8 Mei 2013)	130
18.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Senin, 13 Mei 2013)	131
19.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 26 Mei 2013)	132
20.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 20 April 2013)	135
21.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 27 April 2013)	136
22.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 28 April 2013)	137
23.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 5 Mei 2013)	138
24.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Senin, 8 Mei 2013)	139
25.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Senin, 13 Mei 2013)	140
26.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 26 Mei 2013)	141
27.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 20 April 2013)	144
28.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 27 April 2013)	145
29.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 28 April 2013)	148

Nomor	Halaman
30. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 5 Mei 2013)	147
31. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Senin, 8 Mei 2013)	148
32. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Senin, 13 Mei 2013)	149
33. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 26 Mei 2013)	150
34. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu, 20 April 2013)	153
35. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu, 27 April 2013)	154
36. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu, 28 April 2013)	155
37. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu, 5 Mei 2013)	156
38. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Senin, 8 Mei 2013)	157
39. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Senin, 13 Mei 2013)	158
40. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu, 26 Mei 2013)	159
41. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 20 April 2013)	162
42. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 27 April 2013)	163
43. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 28 April 2013)	164

Nomor	Halaman
44. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 5 Mei 2013)	165
45. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Senin, 8 Mei 2013)	166
46. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Senin, 13 Mei 2013)	167
47. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 26 Mei 2013)	168
48. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 20 April 2013)	171
49. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 27 April 2013)	172
50. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 28 April 2013)	173
51. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 5 Mei 2013)	174
52. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Senin, 8 Mei 2013)	175
53. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Senin, 13 Mei 2013)	176
54. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 26 Mei 2013)	177
55. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Cerah (<i>Clearsky</i>)	179
56. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Berawan (<i>Intermediate Sky</i>)	180
57. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Mendung (<i>Overcast Sky</i>)	181

Nomor		Halaman
58.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-1)	182
59.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-1)	183
60.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-2)	184
61.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-2)	185
62.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-3)	186
63.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-3)	187
64.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-4)	188
65.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-4)	189
66.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-5)	190
67.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-5)	191
68.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-6)	193
69.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux (Zona-6)	194
70.	Rangkuman Kualitas Pencahayaan Buatan	195
71.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 1 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	198

Nomor		Halaman
72.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	200
73.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 1 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	202
74.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 2 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	204
75.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 2 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	206
76.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 2 Tanggal 8 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	208
77.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 3 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	210
78.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 3 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	212
79.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 3 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	214
80.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 4 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	216
81.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 4 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	218

Nomor		Halaman
82.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 4 Tanggal 8 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	220
83.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 5 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	222
84.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 5 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	224
85.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 5 Tanggal 0826 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	226
86.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 6 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	228
87.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 6 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan	230
88.	Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Simulasi Zona 6 Tanggal 8 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	232
89.	Kualitas Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Zona 1-8 pada Kondisi langit Cerah (<i>clearsky</i>)	233
90.	Kualitas Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Zona 1-8 pada Kondisi langit Berawan (<i>Intermediate Sky</i>)	235
91.	Kualitas Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Zona 1-8 pada Kondisi langit Mendung (<i>Overcast Sky</i>)	236
92.	Hasil Perhitungan Energi Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DIALux 4.10	238

Nomor	Halaman
93. Analisis Perhitungan Energi Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan (Manual)	239
94. Pencahayaan Buatan Eksperimen	241
95. Hasil Perhitungan Energi Pencahayaan Buatan Eksperimen	241
96. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-1 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	243
97. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-2 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	246
98. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-3 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	249
99. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-4 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	252
100. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-5 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	255
101. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-6 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung	257
102. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-1, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	260
103. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-1 pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	261

Nomor	Halaman
104. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-2, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	262
105. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-2 pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	262
106. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-3, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	264
107. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-3, pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	265
108. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-4, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	267
109. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-4, pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	268
110. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-5, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	269
111. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-5, pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	270
112. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-6, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>)	271

Nomor	Halaman
113. Perbandingan Sistem Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan dan Pencahayaan Kombinasi Eksperimen Zona-6, pada Kondisi Langit Berawan dan Mendung	272
114. Energi Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-Daylight Sensor pada tiga kondisi	273

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Komposisi penggunaan energi menurut sektor kegiatan	2
2. Persentase konsumsi energi listrik subsektor <i>Commercial building</i> .	2
3. Spektrum Matahari pada permukaan bumi	11
4. Spektrum Cahaya yang terlihat mata	12
5. Cahaya yang jatuh pada retina diteruskan ke otak	15
6. Ukuran dan kedekatan menentukan sudut pandang	16
7. Tingkat penerangan yang tinggi diperlukan untuk menggantikan/ memberi keseimbangan pada kontras yang rendah	17
8. Grafik hubungan performa visual dan tingkat iluminasi	18
9. Tingkat pencahayaan pekerjaan kantor pada beberapa negara	20
10. Sumber Silau Langsung	22
11. Silau Langsung	23
12. <i>Sun Path</i> Kota Makassar	29
13. Tiga komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja	32
14. Masuknya cahaya siang hari ke bidang kerja	34
15. Tinggi dan lebar cahaya efektif	37
16. Penjelasan mengenai jarak d (1)	38
17. Penjelasan mengenai jarak d (2)	39
18. Penjelasan mengenai jarak d (3)	40

Nomor	Halaman
19. Arah Cahaya	52
20. Bagian-bagian lampu pijar tungsten	53
21. Bagian-bagian lampu pijar halogen	55
22. Bagian-bagian lampu fluorescent	56
23. Lampu LED	58
24. Keunggulan lampu LED	60
25. Ilustrasi perbandingan LED dan LHE	61
26. Downlight dan Troffer	62
27. <i>Sconce</i> dan Lampu Gantung	63
28. Lampu Gantung <i>Chandelier</i>	63
29. Contoh aplikasi luminair langsung/tidak langsung pada kamar tidur	64
30. Aplikasi Luminair Asimetris, wallwasher	64
31. Lampu Sorot, lampu banjir	65
32. Aneka jenis saklar	74
33. (a) Auto-dimmer, (b) <i>Dimmable LED</i>	75
34. Sensor Cahaya	76
35. Sensor Gerak	76
36. Metode Radiosity	82
37. Tampilan Software Daysim	83
38. Contoh simulasi Ecotect	85
39. Contoh Analisis Pencahayaan Alami	87

Nomor	Halaman
40. Tampilan software DIALux	87
41. Kerangka Pikir Penelitian	95
42. Foto Udara Menara Balaikota Makassar	99
43. Renovasi Menara Balaikota Makassar	100
44. Menara Balaikota Makassar	101
45. Luxmeter Digital	102
46. Tampilan Program Google Sketchup dan AutoCad 2010	103
47. Tampilan Program Analisis Pencahayaan	103
48. Rencana Penempatan Titik Ukur pada lantai 5	105
49. Metode Penempatan Titik Ukur dalam Ruangan	106
50. Tampilan Program Simulasi DIALux 10.1	107
51. Alur Penelitian	108
52. Site Plan Kantor Balaikota Makassar	114
53. Menara & Kantor Lama Balaikota Makassar	115
54. Zona Pencahayaan Objek Penelitian	117
55. Foto Udara Menara Balaikota Makassar	117
56. Perspektif 3D dan Potongan Menara Balaikota Makassar	118
57. Denah Rencana Instalasi Listrik Menara Balaikota Makassar	119
58. Dinding Interior dan Eksterior Menara Balaikota Makassar	120
59. Keramik Lantai Menara Balaikota	121

Nomor	Halaman
60. Plafond Ruang Pegawai Umum Kantor BKKBN Menara Balaikota Makassar	122
61. Bukaan dinding pada kantor BKKBN Menara Balaikota	123
62. Pencahayaan Buatan pada Objek Penelitian	123
63. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-1, (c) Rg.Bid.Pengendalian Masyarakat, (d) Rg.Bid.Penggerakan Masyarakat.	125
64. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 20 April 2013)	126
65. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 27 April 2013)	127
66. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 28 April 2013)	128
67. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 5 Mei 2013)	129
68. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Rabu, 8 Mei 2013)	130
69. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Senin, 13 Mei 2013)	131
70. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 26 Mei 2013)	132
71. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-1, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	133
72. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-2, (c) Rg.Bid.Pengendalian KB	134
73. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 20 April 2013)	135
74. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 27 April 2013)	136
75. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 28 April 2013)	137
76. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 5 Mei 2013)	138

Nomor	Halaman
77. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Rabu, 8 Mei 2013)	139
78. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Senin, 13 Mei 2013)	140
79. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 26 Mei 2013)	141
80. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-2, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	142
81. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-3, (c) Rg. Sekretariat Umum BKKBN	143
82. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 20 April 2013)	144
83. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 27 April 2013)	145
84. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 28 April 2013)	146
85. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 5 Mei 2013)	147
86. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Rabu, 8 Mei 2013)	148
87. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Senin, 13 Mei 2013)	149
88. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 26 Mei 2013)	150
89. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-3, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	151
90. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-4, (c) Rg.Sekretariat Kepala BKKBN (d) Rg.Sekertaris BKKBN (e)Rg.Bidang Data dan Informasi	152
91. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu, 20 April 2013)	153

Nomor	Halaman
92. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu, 27 April 2013)	154
93. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu, 28 April 2013)	155
94. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu, 5 Mei 2013)	156
95. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Rabu , 8 Mei 2013)	157
96. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Senin, 13 Mei 2013)	158
97. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu, 26 Mei 2013)	159
98. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-4, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	160
99. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-5, (c) Rg. Kepala BKKBN	161
100. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 20 April 2013)	162
101. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 27 April 2013)	163
102. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 28 April 2013)	164
103. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 5 Mei 2013)	165
104. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Rabu, 8 Mei 2013)	166
105. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Senin, 13 Mei 2013)	167
106. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 26 Mei 2013)	168
107. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-5, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	169

Nomor	Halaman
108. (a) Denah Isometri, (b) Penempatan Titik Ukur Zona-6, (c) Rg. Pegawai Umum BKKBN	170
109. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 20 April 2013)	171
110. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 27 April 2013)	172
111. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 28 April 2013)	173
112. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 5 Mei 2013)	174
113. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Rabu, 8 Mei 2013)	175
114. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Senin, 13 Mei 2013)	176
115. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 26 Mei 2013)	177
116. <i>False Colour Rendering</i> Simulasi ZONA-6, Kondisi Langit Cerah (<i>Clear Sky</i>), Berawan (<i>Mixed Sky</i>), dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>), <i>DIALux 10.1 Simulation Program</i>	178
117. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-1)	182
118. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-1	183
119. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-2)	184
120. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-2	185
121. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-3)	186
122. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-3	187
123. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-4)	188

Nomor	Halaman
124. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-4	189
125. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-5)	190
126. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-5	191
127. Isometri Perletakan Lampu pada Plafon (Zona-6)	192
128. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-6	193
129. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-1 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	197
130. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona 1 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah	198
131. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	199
132. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona 1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	200
133. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	201
134 Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona 1 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi langit Mendung	202
135. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-2 Tanggal 20 April 2013, Pukul 09.00-16.00, Kondisi Langit Cerah.	203
136. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH	204
137. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	205
138. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi Langit Berawan	206

Nomor	Halaman
139. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	207
140. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	208
141. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	209
142. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 20 APRIL 2013 kondisi langit Cerah	210
143. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	211
144. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan	212
145. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	213
146. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 08 Mei 2013 Kondisi Langit Mendung	214
147. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	215
148. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 20 April 2013 Kondisi Langit Cerah	216
149. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-4 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	217
150. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan	218
151. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	219

Nomor	Halaman
152. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	220
153. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-5 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	221
154. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	222
155. Pencahayaan Kombinasi Manual Simulasi Zone-5 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan	223
156. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan	224
157. Pencahayaan Kombinasi Manual Simulasi Zone-5 Tanggal 08 Mei 2013 Kondisi Langit Mendung	225
158. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit Mendung	226
159. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah	227
160. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 20 April 2013 Kondisi Langit Cerah	228
161. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-6 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan	229
162. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan	230
163. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-6 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung	231
164. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi Langit Mendung	232

Nomor	Halaman
165. Rendering Tingkat Iluminasi Pencahayaan Buatan Eksperimen Zona-1 sampai Zona-6 Dengan Program Simulasi DIALUX 10.1	242
166. Pembagian <i>daylight area</i> pada Eksperimen Zona-1	243
167. <i>False Colour Rendering</i> Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan- <i>Daylight Sensor</i> Zona-1 Kondisi langit Cerah (<i>Clearsky</i>) Tanggal 20 April 2013, Berawan (<i>Mixed Sky</i>) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>) Tanggal 08 Mei 2013	244
168. Pembagian <i>daylight area</i> pada Eksperimen Zona-2	246
169. <i>False Colour Rendering</i> Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan- <i>Daylight Sensor</i> Zona-2 Kondisi langit Cerah (<i>Clearsky</i>) Tanggal 20 April 2013, Berawan (<i>Mixed Sky</i>) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>) Tanggal 08 Mei 2013	247
170. Pembagian <i>daylight area</i> pada Eksperimen Zona-3	249
171. <i>False Colour Rendering</i> Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan- <i>Daylight Sensor</i> Zona-3 Kondisi langit Cerah (<i>Clearsky</i>) Tanggal 20 April 2013, Berawan (<i>Mixed Sky</i>) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>) Tanggal 08 Mei 2013	250
172. Pembagian <i>daylight area</i> pada Eksperimen Zona-4	252
173. <i>False Colour Rendering</i> Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan- <i>Daylight Sensor</i> Zona-4 Kondisi langit Cerah (<i>Clearsky</i>) Tanggal 20 April 2013, Berawan (<i>Mixed Sky</i>) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>) Tanggal 08 Mei 2013	253
174. Pembagian <i>daylight area</i> pada Eksperimen Zona-5	255
175. <i>False Colour Rendering</i> Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan- <i>Daylight Sensor</i> Zona-5 Kondisi langit Cerah (<i>Clearsky</i>) Tanggal 20 April 2013, Berawan (<i>Mixed Sky</i>) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (<i>Overcast Sky</i>) Tanggal 08 Mei 2013	256

176. *False Colour Rendering* Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-6 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013 258
177. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-6 259

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Denah Instalasi Penerangan Lantai 3-6 Menara Balai kota Makassar	336
2. Energy Evaluation, Summary	337
3. Utilisation Zone 1, Summary	338
4. Utilisation Zone 2, Summary	339
5. Utilisation Zone 3, Summary	340
6. Utilisation Zone 4, Summary	341
7. Utilisation Zone 5, Summary	342
8. Utilisation Zone 6, Summary	343
9. Utilisation Zone 7, Summary	344
10. Utilisation Zone 8, Summary	345

BAB I

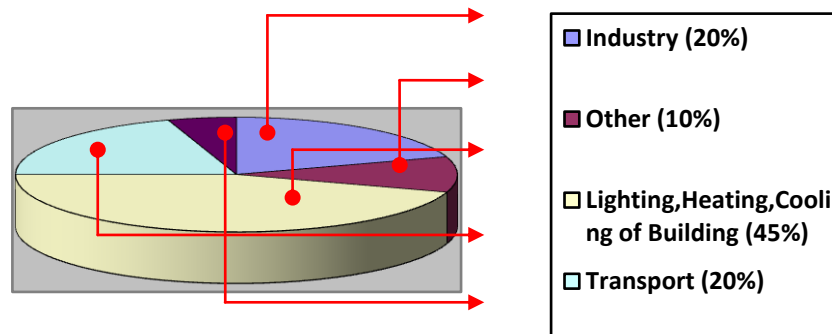
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Krisis energi menjadi topik yang banyak dibahas beberapa tahun ini mengingat kondisi persediaan energi tak terbarukan seperti minyak bumi yang semakin menipis. Krisis energi dunia ternyata memacu dikembangkannya konsep arsitektur baru yang lebih sadar energi. Arsitektur hemat energi adalah arsitektur dengan kebutuhan energi serendah mungkin yang bisa dicapai dengan mengurangi jumlah sumber daya yang masuk akal (Enno, 1994). Dengan demikian arsitektur hemat energi ini berlandaskan pada pemikiran, meminimalkan penggunaan energi tanpa membatasi atau merubah fungsi bangunan, kenyamanan, maupun produktivitas penggunanya. Arsitektur hemat energi mengoptimasikan sistem tata cahaya dan tata udara, integrasi antara sistem tata cahaya buatan-alamiah dan tata udara buatan-alamiah serta sinergi antara metode pasif dan aktif dengan material dan instrumen hemat energi.

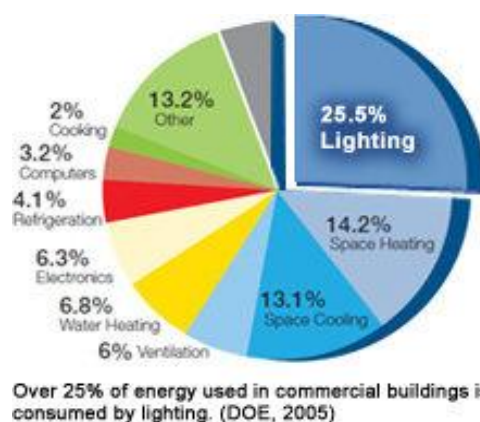
Konsep bangunan dengan efisiensi energi sangat penting karena jika melihat penggunaan energi secara global, sektor bangunan sendiri menyerap 45% dari kebutuhan energi secara global. Pemanfaatan energi dalam bangunan ini khususnya untuk pencahayaan, pendinginan, dan

pemanasan bangunan. Komposisi persentase dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Komposisi penggunaan energi menurut sektor kegiatan.
Sumber : Krishan, Arvin dkk (2001)

Konsumsi energi yang terbesar dalam bangunan baik fungsinya sebagai hunian maupun kantor/komersil adalah untuk memenuhi kebutuhan akan listrik yang digunakan untuk pencahayaan buatan, pendinginan dan pemanasan ruang (Mintorogo,1999). Adapun komposisi pemakaian listrik pada bangunan beberapa subsektor bangunan komersil/perkantoran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase konsumsi energi listrik subsektor *commercial building*. Sumber: http://www.mjinc.com/newsArticle2012_Mar15.html

Menurut data IEA (*International Energy Agency*), sektor penerangan mengonsumsi 20% produksi listrik dunia, menyumbang 6% emisi CO₂ global dan sebanyak 3% permintaan minyak dunia dipakai untuk kebutuhan yang sama. Sehingga diprediksikan, jika dunia tidak beralih ke sistem penerangan yang lebih efisien, kebutuhan akan pencahayaan buatan akan naik lebih dari 60% pada 2030.

Penggunaan sumber daya energi untuk pelayanan suatu bangunan yang semakin bertambah, membuat penggunaan sumber daya energi menjadi suatu permasalahan yang sangat penting dimana optimalisasi adalah suatu hal yang perlu dilakukan. Istilah optimalisasi berasal dari kata optimal dan dari Kamus Besar bahasa Indonesia optimal diterjemahkan sebagai terbaik; tertinggi; paling menguntungkan. Jadi optimalisasi yang dimaksud disini dapat diartikan sebagai suatu usaha penghematan atau efisiensi penggunaan sumber daya energi agar dapat tepat guna, tidak berlebihan ataupun kekurangan, sehingga diperoleh hasil yang maksimal dan bukan hanya suatu usaha meminimalisasi pemakaian sumber daya energi semata saja.

Saat ini kebutuhan perkantoran pemerintah yang modern sudah menjadi tuntutan yang sangat urgen, terutama sebagai usaha untuk memenuhi tuntutan fungsi sebagai tempat pelayanan kepada masyarakat. Pelayanan yang baik tentu perlu ditunjang oleh suasana kerja yang nyaman. Suasana tersebut secara psikologis akan menciptakan lingkungan kerja yang baik dan bisa merangsang kinerja serta

meningkatkan produktifitas dan kreatifitas kerja yang tinggi. Kenyamanan bisa dicapai dengan memperhatikan faktor thermis dan pencahayaan pada ruang, yang akan berpengaruh terhadap fisik dan psikis. Efisiensi pelayanan berhubungan dengan bagaimana fasilitas pemerintah tersebut menjadi tempat yang nyaman bagi yang melayani dalam hal ini pegawai pemerintah maupun yang dilayani dalam hal ini masyarakat. Salah satu cara untuk mendapatkan kenyamanan dan efisiensi kerja pegawai kantor pemerintah, dengan mengontrol sistem pencahayaannya.

Terdapat dua jenis sumber cahaya yang dapat dipergunakan untuk penerangan di dalam ruang, yaitu cahaya alam yang berasal dari kubah langit dan cahaya buatan dari pencahayaan elektrik. Penerangan alam berperan penting dalam pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) karena dapat dimanfaatkan tanpa membutuhkan energi dan tidak menimbulkan polusi sehingga mengurangi polutan (Evans, 1981:18). Ketersediaan cahaya matahari yang melimpah merupakan suatu kelebihan tersendiri bagi bangunan-bangunan di lingkungan tropis. Intensitas penerangan alam di daerah khatulistiwa dapat mencapai ± 10.000 lux dan tersedia sepanjang tahun dengan intensitas yang dipengaruhi kubah langit. Lama waktu penyinaran matahari relatif stabil sepanjang tahun yaitu antara pukul 06.00-18.00 atau antara 11-12 jam (Koenigsberger, 1974:76).

Bangunan yang telah dirancang agar memiliki cahaya alami penuh, tetap membutuhkan sistem pencahayaan elektrik sebagai pendukung.

Pada saat cahaya alami tidak dapat memenuhi standar kebutuhan cahaya pada ruang, pada saat itu pula dibutuhkan pencahayaan buatan untuk memenuhinya. Begitu pula pada bangunan yang relatif gemuk, pencahayaan buatan dibutuhkan pada zona ruang yang letaknya jauh dari sumber masuknya cahaya alami. Dengan mengintegrasikan sistem pencahayaan alami dan buatan, maka akan lebih mudah mencapai tuntutan intensitas cahaya yang dibutuhkan pada setiap zona ruang. Setiap zona tentu berbeda tingkat pencahayaan alaminya ataupun kebutuhan suplemen pencahayaan buatanya. Untuk efisiensi penggunaan energi, maka seyogyanya ada sistem yang digunakan untuk mengendalikan kebutuhan pencahayaan tersebut sehingga tuntutan kenyamanan visual dapat tercapai.

Faktor kenyamanan terhadap pencahayaan dalam ruang perkantoran meliputi, cahaya yang mencukupi standar minimum yang disyaratkan dan tidak menyilaukan mata. Kurangnya tingkat pencahayaan dan silau dalam ruang kerja akan menimbulkan *astenopia* dan akan menimbulkan kelelahan pada mata serta mengurangi kecepatan dan efisiensi membaca yang pada akhirnya akan mengurangi tingkat produktivitas kerja. Dengan kemajuan teknologi, memberikan peluang dalam menganalisis pencahayaan menggunakan komputer. Program komputer dapat menghasilkan perkiraan nilai cahaya siang dan cahaya artificial (lampu) secara cepat dan tepat. Simulasi pencahayaan dalam bangunan dapat dibuat dengan mudah sesuai dengan parameter di

lapangan dan lingkungan objek, dengan hasil pengukuran berupa angka, grafik, dan gambar. Dengan adanya software pencahayaan, dapat diperkirakan desain sistem tata cahaya yang ideal, yang mengintegrasikan secara cermat cahaya alami dan artificial untuk pencahayaan dalam ruang serta efisiensi energi terpakai.

Pemilihan lokasi penelitian sebagai studi kasus, yaitu Menara Balaikota Makassar, yang mana berdasarkan pengamatan awal peneliti pada bangunan tersebut tingkat dan kualitas pencahayaan yang ada belum memenuhi standar pencahayaan ruang kantor. Sementara idealnya sebuah kantor kepala daerah selayaknya dapat menjadi panutan bagi kantor-kantor pemerintah yang lain pada daerah tersebut. Spirit untuk mengoptimalkan sistem pencahayaannya sebagai upaya efisiensi energi diharapkan akan menjadi tolok ukur ataupun percontohan bagi bangunan kantor lain yang ada pada daerah tersebut.

Berdasarkan beberapa bahan pemikiran di atas, maka peneliti merasa tertarik untuk mengangkat judul “Evaluasi dan Optimalisasi Pencahayaan pada Bangunan Perkantoran, Studi Kasus: Menara Balaikota Makassar”. Diharapkan dengan adanya karya tulis ini, menjadi tambahan referensi mengenai analisis pencahayaan serta perancangan yang efektif dalam kenyamanan visual dan efisiensi penggunaan energi, dengan mengintegrasikan secara tepat antara pencahayaan alami dan buatan dalam ruang.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah kualitas pencahayaan alami pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar pada tiga kondisi cahaya langit (cerah, berawan, mendung) dan bagaimana pula kualitas pencahayaan buaatannya pada kondisi eksisting?
2. Bagaimanakah kualitas pencahayaan pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar apabila menggunakan Sistem Pencahayaan Kombinasi Manual (lampu dinyalakan selang-seling) dan Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* (Non-manual) pada tiga kondisi langit yaitu cerah, berawan dan mendung?
3. Seberapa besar energi yang dapat dihemat oleh Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* pada tiga kondisi langit yaitu cerah, berawan dan mendung sehingga dapat diperoleh sistem pencahayaan yang optimal?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah melakukan optimalisasi sistem pencahayaan pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar dengan sasaran:

1. Mengetahui kualitas pencahayaan alami pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar pada tiga kondisi cahaya langit (cerah, berawan, mendung) dan mengetahui pula kualitas pencahayaan buaatannya pada kondisi eksisting.

2. Mengetahui kualitas pencahayaan pada ruang kerja di Menara Balaikota Makassar apabila menggunakan Sistem Pencahayaan Kombinasi Manual (lampu dinyalakan selang-seling) dan Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* (Non-manual) pada tiga kondisi langit yaitu cerah, berawan dan mendung?
3. Mengetahui seberapa besar energi yang dapat dihemat oleh Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* pada tiga kondisi langit yaitu cerah, berawan dan mendung sehingga dapat diperoleh sistem pencahayaan yang optimal?

D. Kegunaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu Arsitektur, dalam merencanakan sistem pencahayaan integrasi alami dan buatan yang efektif pada bangunan.
2. Menghasilkan perbaikan terhadap kelemahan-kelemahan yang ada dan memberikan usulan-usulan untuk peningkatan sistem dalam penggunaan energi untuk pencahayaan ruang kerja di bangunan Menara Balaikota Makassar.

E. Ruang Lingkup/ Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini perlu ditentukan terlebih dahulu agar batas-batas penelitian dan pembahasannya menjadi jelas.

1. Kasus yang akan diteliti adalah mengenai sistem pencahayaan alami (*daylight*), buatan (*artificial light*), dan sistem pencahayaan integrasi alami dan buatan, energi listrik dipilih sebagai sumber energi yang akan diefektifkan. Karena sumber daya energi ini merupakan sumber daya energi yang paling besar dalam pemakaiannya dan relatif mahal harganya.
2. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ruang kantor pada Menara Balaikota Makassar.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa pokok bahasan, yakni sebagai berikut:

1. **Bagian pertama**, bagian ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.
2. **Bagian kedua**, merupakan uraian mengenai teori-teori yang akan dijadikan landasan bagi penelitian ini. Teori-teori tersebut terdiri atas: teori dasar pencahayaan, pencahayaan ruang yang meliputi pencahayaan alami, pencahayaan buatan, dan integrasi pencahayaan

alami dan buatan, simulasi pencahayaan, penelitian terdahulu yang relevan, kerangka konsep penelitian, dan kerangka pikir penelitian.

3. **Bagian ketiga**, berisi penjelasan mengenai metode yang akan digunakan dalam penelitian, meliputi: rancangan penelitian, variabel penelitian, objek penelitian, instrument pengumpulan data, defenisi operasional, serta teknik analisis data.
4. **Bagian keempat**, mengemukakan tentang hasil penelitian dan pembahasannya.
5. **Bagian kelima**, mengemukakan kesimpulan dan saran.

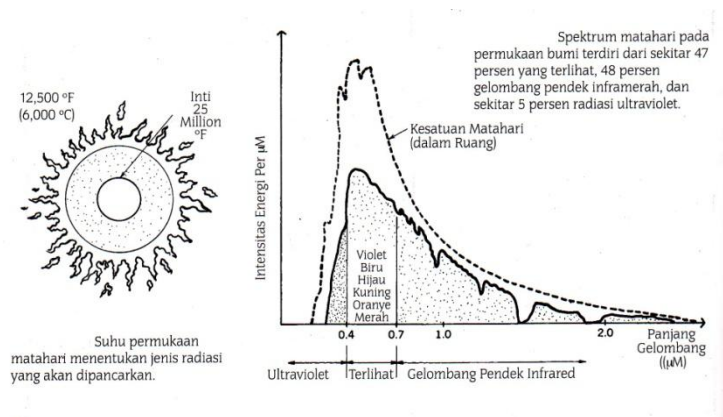
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencahayaan

1. Pengertian Cahaya

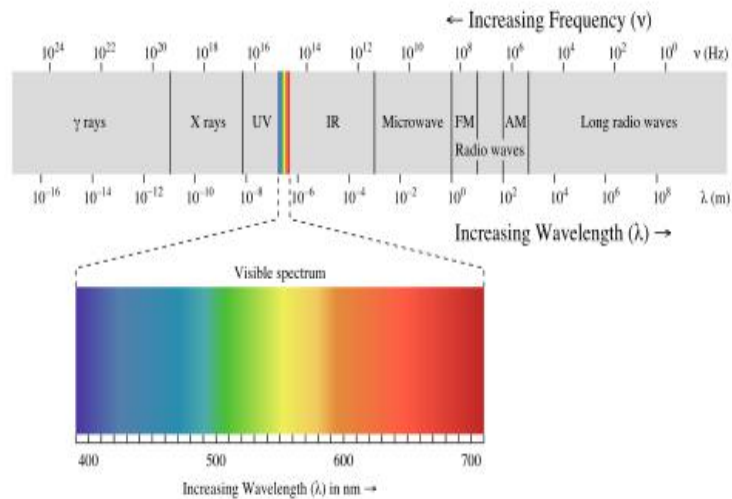
Menurut Lechner (2001), cahaya didefinisikan sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik yang sensitif bagi penglihatan mata kita. Intensitas radiasi sinar matahari mencapai bumi sebagai fungsi panjang gelombang (Gambar 3). Bukan kebetulan jika mata kita berkembang untuk dapat menggunakan bagian dari radiasi sinar matahari yang tersedia.



Gambar 3. Spektrum Matahari pada permukaan bumi
Sumber : Lechner, 2001

Cahaya yang dapat dilihat oleh mata adalah salah satunya bagian yang sangat kecil dari spectrum radiasi elektromagnetik yang luas. Spektrum ini meliputi gelombang radio, radiasi infra merah, cahaya yang terlihat oleh mata, radiasi ultraviolet, sinar X dan sinar gamma. Bagian dari

spectrum cahaya yang terlihat oleh mata berkisar antara frekuensi 4×10^{14} Hz hingga frekuensi 8×10^{14} Hz.



Gambar 4. Spektrum Cahaya yang terlihat mata
Sumber : Lechner, 2001

Menurut Mangunwijaya (2000), cahaya dapat diartikan sebagai arus partikel-partikel atau sebagai arus gelombang magnet elektro. Dari skala panjang gelombang sinar-sinar magnet elektro, spectrum cahaya merupakan salah satu mata rantainya dan semakin beralih juga warnanya, dari jingga violet hingga merah. Perpaduan warna-warna dari violet ke hijau ke kuning ke merah seperti tampak dalam pelangi berkesan netral, putih. Tetangga terdekat dengan sinar merah adalah sinar-sinar dengan frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi merah dan karenanya disebut sinar-sinar infra merah. Sinar infra merah adalah sinar-sinar panas. Tetangga di atas sinar-sinar violet disebut sinar ultra violet dan merupakan sinar-sinar yang berdaya kimia. Pengaruh panas dan kimia masih bekerja dalam daerah sinar cahaya. Semakin jauh dari daerah asal

sinar infra merah & ultra violet, semakin menurun juga pengaruh panas/kimia.

Sinar yang memancar dari matahari dan benda bercahaya mengeluarkan partikel-partikel yang sangat kecil. Radiasi sinar matahari menimbulkan kalor/panas. Di luar spektrum cahaya matahari yang dapat ditangkap mata terdapat cahaya yang tidak dapat ditangkap mata dan menimbulkan kalor. Karena berada di luar spectrum warna yang dapat ditangkap oleh mata maka disebut sinar ultra violet.

Jadi perbedaan prinsip dari cahaya dan sinar matahari adalah bahwa cahaya merupakan spectrum elektromagnetik yang tertangkap oleh mata dan tidak menimbulkan kalor. Sinar Matahari adalah cahaya diluar spectrum warna yang tidak dapat ditangkap oleh mata, berupa sinar infra merah dan menimbulkan kalor. Sumber cahaya dapat berasal dari matahari ataupun lampu listrik. Cahaya akan memantul bila terkena permukaan padat dan benda tersebut akan memancarkan cahaya itu. Kita melihat benda jika cahaya yang dipantulkan memasuki mata. Tanpa cahaya kita tidak dapat melihat apapun.

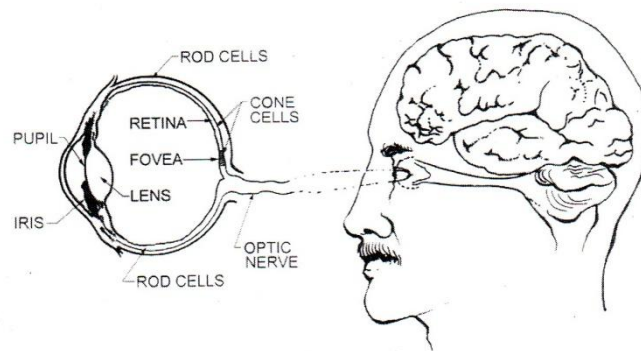
Cahaya dan terang adalah syarat untuk penglihatan manusia. Dalam kegelapan kita tidak dapat melihat apa-apa, sebaliknya dalam terang yang sangat berlebihan kita tidak tahan terhadap kesilauannya. Suatu daerah optimum antara terang maksimum dan minimum kita butuhkan untuk melihat dengan nyaman.

2. Pencahayaan Pada Mata Manusia

Mangunwijaya (2000) berpendapat bahwa penerangan yang baik adalah apabila mata kita dapat melihat apa yang ada di sekitar kita dengan jelas dan nyaman, atau dengan kata lain penerangan harus dapat memenuhi persyaratan fungsional dan persyaratan keamanan. Kurangnya cahaya yang diterima atau cahaya yang berlebih ditangkap oleh mata merupakan penyimpangan terhadap pencahayaan.

Menurut Ronny (1998), penerangan yang memadai bisa mencegah terjadinya astenopia (WHO: keluhan atau kelelahan visual subjektif atau keluhan-keluhan yang dialami seseorang akibat menggunakan matanya) dan mempertinggi kecepatan dan efisiensi membaca. Penerangan yang kurang tidak menyebabkan penyakit mata, tetapi menyebabkan kelelahan mata. Arah datang cahaya yang tidak tepat pada posisi membaca atau menulis akan menyebabkan silau.

Penglihatan adalah kemampuan untuk mengumpulkan informasi sinar yang masuk ke dalam mata (Lechner, 2001). Penglihatan sangat bergantung pada ketersediaan cahaya. Mata adalah organ kompleks yang pada dasarnya berperan untuk mengkonversi cahaya menjadi sinyal sensorik yang dapat ditafsirkan dalam otak.



Gambar 5. Cahaya yang jatuh pada retina diteruskan ke otak,
 Sumber: Lechner,2001

Lapisan luar mata disebut *sclera* dan memiliki bagian yang transparan di bagian depan yang disebut kornea. Cahaya masuk melalui kornea, melewati diafragma yang disebut iris. Bagian berwarna dari mata yang berupa lubang yang ukurannya bisa berubah-ubah disebut pupil. Lensa Kristal dibelakang iris (didukung dengan permukaan kornea yang melengkung) bekerja untuk memfokuskan cahaya ke permukaan kembali ke dalam mata yang berisi retina. Pupil adalah penerima cahaya sensitive yang mencakup sekitar dua pertiga dari permukaan internal mata. Sel-sel di retina kemudian terhubung langsung ke otak melalui saraf optik.

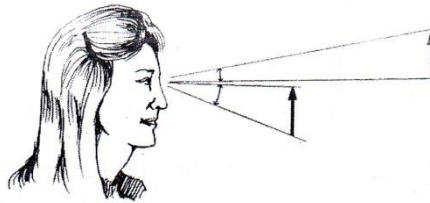
3. Kenyamanan Penglihatan

Banyak faktor yang mempengaruhi penampilan pada kegiatan visual. Beberapa faktor ini tidak saling terkait, beberapa menerangkan kondisi pencahayaan dan yang lainnya menjelaskan kondisi pengamat. Faktor dasar yang dapat mempengaruhi performa visual, dikategorikan ke dalam tiga tinjauan (Lechner, 2001).

a. Ditinjau dari kegiatan visual.

1) Ukuran/jarak kedekatan

Hal terpenting dari karakteristik kegiatan visual adalah keterbatasan sudut pandang, fungsi untuk melihat ukuran dan jarak objek.



Gambar 6. Ukuran dan kedekatan menentukan sudut pandang,
Sumber: Lechner,2001

Keterbatasan sudut pandang akan meningkat ketika objek tersebut diperbesar atau didekatkan. Jika dimungkinkan, perancang harus memperbesar ukuran benda, karena jika ukuran bertambah besar, meski hanya sedikit, akan sebanding dengan penambahan tingkat iluminasi.

2) Keterbatasan Waktu

Faktor lain dari performa visual dapat keluar karena pendeknya keterbatasan waktu, tetapi seperti ukuran peningkatan iluminasi yang sangat tinggi diperlukan untuk mengimbangi pengurangan keterbatasan waktu.

3) Tingkat terang

Peningkatan performa visual dapat dilakukan dengan mengurangi terangnya latar belakang. Pengurangan tingkat terang belakang meningkatkan sensitivitas mata terhadap cahaya dan membuat objek lebih mudah terlihat. Teknik ini biasa digunakan pada museum.

4) Kontras

Perbedaan tingkat terang dengan detail dan latar belakang dinamakan kontras. Objek visual paling kritis akan menguntungkan ketika kekontrasan antara objek dengan media sekelilingnya maksimal. Adapun hubungan antara kontras dan iluminasi yang berpengaruh pada performa visual dapat dilihat pada gambar 7.

TINGKAT KONTRAS TINGGI Iluminasi 1 Footcandle Cukup	TINGKAT KONTRAS RENDAH Iluminasi Lebih Dari 100 Footcandles diperlukan
----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

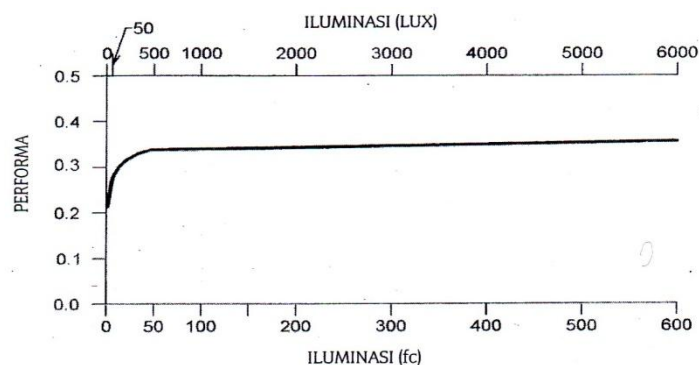
Gambar 7. Tingkat penerangan yang tinggi diperlukan untuk menggantikan/memberi keseimbangan pada kontras yang rendah. Sumber: Lechner,2001

Penting untuk diingat, faktor kontras ini merujuk pada objek detail visual (*foveal vision*), misalnya tulisan/cetakan pada selembar kertas, dan tidak merujuk pada hubungan tingkat terang yang lebih luas misalnya kertas dengan meja.

b. Ditinjau dari kondisi pencahayaan.

1) Tingkat Iluminasi

Menurut Mangunwijaya (2000) tingkat pencahayaan (iluminasi) adalah jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan bidang kerja, dengan satuan lux. Satu lux sama dengan satu lumen/m². Satu footcandle (fc) sama dengan sepuluh lux.



Gambar 8. Grafik hubungan performa visual dan tingkat iluminasi.
Sumber: Lechner,2001

Grafik pada gambar 8 mendeskripsikan hubungan antara performa visual dan iluminasi. Ketika cahaya meningkat sampai 50 *footcandle*, akan terdapat perubahan signifikan dalam performa visual. Tetapi di atas 100 *footcandle*, hanya mengakibatkan perubahan kecil pada performa visual. Alasannya adalah pupil mata akan mengecil ketika iluminasi meningkat. Jadi peningkatan jumlah cahaya yang mencapai retina bertambah, tetapi tidak banyak. Oleh karena itu, biasanya perlu untuk menjaga area iluminasi di bawah 30 *footcandle*, dan menyediakan tingkat cahaya yang

lebih tinggi jika ada keperluan spesifik yang diinginkan. Ketidakteraturan pendekatan cahaya disebut dengan “Pencahayaan Setempat”.

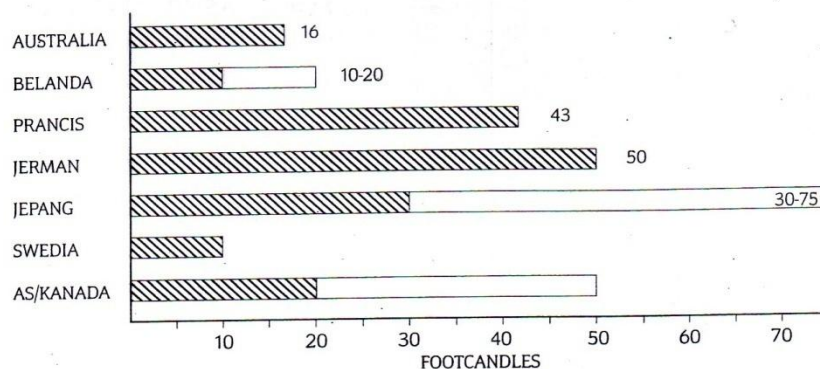
IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*) merekomendasikan tingkat iluminasi untuk berbagai aktivitas (Tabel 1). Nilai ini berdasarkan pada faktor seperti jenis aktivitas, usia pelaku, kecepatan yang diinginkan, keakuratan yang diinginkan, dan faktor pemantulan oleh permukaan ruang (ruang gelap memerlukan cahaya lebih banyak). Standar ASRAE 90-75, merekomendasikan beberapa hal, antara lain:

- a) Pencahayaan harus konsisten sesuai dengan rekomendasi IESNA.
- b) Pencahayaan umum harus sepertiga dari pencahayaan setempat.
- c) Sirkulasi cahaya nonkritis harus sepertiga dari pencahayaan umum.

Tabel 1. Panduan untuk Tingkat Iluminasi (*IESNA*).
Sumber: Lechner, 2001

No	Perkiraan Jenis Kegiatan	Footcandles
1	Pencahayaan Umum pada Seluruh Ruangan	
	a. Ruang publik dengan lingkungan yang gelap	3
	b. Orientasi sederhana untuk kunjungan yang singkat dan jarang	8
	c. Ruang kerja dimana kegiatan visual jarang dilaksanakan	15
2	Iluminasi pada kegiatan	
	a. Performa dari kegiatan visual berukuran besar atau tingkat kontras tinggi	30
	b. Performa dari kegiatan visual berukuran kecil atau tingkat kontras sedang	75
	c. Performa dari kegiatan visual berukuran sangat kecil atau tingkat kontras rendah	150

Contoh kasus, pada sebuah kantor, pencahayaan setempat 75 fc, pencahayaan umum 25 fc, dan pada koridor 8 fc. Berikut perbandingan tingkat pencahayaan pekerjaan kantor biasa dalam footcandle horizontal (Gambar 9).



Gambar 9. Tingkat pencahayaan pekerjaan kantor pada beberapa negara. Sumber: Lechner, 2001

2) Rasio tingkat terang/keseragaman

Rasio tingkat atau distribusi iluminansi dan luminasi adalah ukuran dari variasi pencahayaan dari titik ke titik di suatu bidang atau permukaan. Untuk visibilitas yang baik, beberapa tingkat keseragaman diperlukan pada beberapa bidang. Tingkat visibilitas rendah dan ketidaknyamanan visual dapat terjadi jika mata dipaksa untuk beradaptasi terlalu cepat untuk berbagai tingkat cahaya. Rasio iluminansi dan luminasi seperti nilai maksimum terhadap nilai rata-rata ataupun nilai rata-rata terhadap nilai minimum digunakan untuk mengukur keseragaman pencahayaan. Rasio

ini biasanya diukur pada bidang pekerjaan horizontal pada ketinggian 0,75 atau 0,8 m di atas lantai untuk pekerjaan yang berhubungan dengan kertas atau membaca di atas meja.

3) Silau (*glare*)

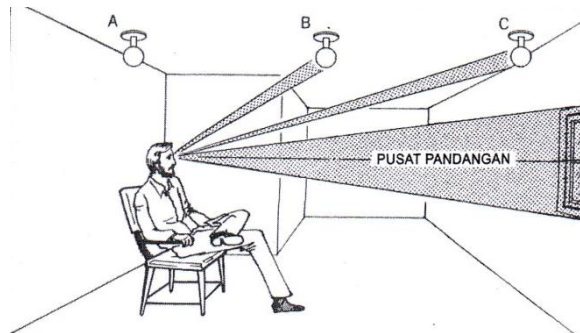
Silau merupakan gangguan visual yang mempengaruhi performa visual. Silau (*glare*) adalah kondisi penglihatan dimana terdapat ketidaknyamanan atau pengurangan dalam kemampuan melihat suatu objek, karena luminasi objek terlalu besar, distribusi luminasi yang tidak merata atau terjadinya kontras yang berlebihan.

Ada dua macam silau, yaitu silau langsung dan silau pantulan.

a) Silau langsung.

Silau langsung disebabkan oleh sumber cahaya terang yang mengganggu, tidak nyaman, atau hilang pada performa visual. Disebut ketidaknyamanan silau (*discomfort glare*) ketika menghasilkan ketidaknyamanan fisik, dan disebut ketidakmampuan silau (*disability glare*) ketika mengurangi performa visual dan penglihatan. *Disability glare* ini kebanyakan terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh di atas luminansi obyek yang dilihat. Oleh karenanya terjadi penghamburan cahaya di dalam mata dan perubahan adaptasi sehingga dapat menyebabkan pengurangan kontras obyek. Pengurangan kontras ini cukup dapat membuat beberapa detail penting menjadi tidak terlihat sehingga kinerja tugas visual juga akan terpengaruh. Sumber *disability glare* di dalam ruangan yang paling sering

dijumpai adalah cahaya matahari langsung atau langit yang terlihat melalui jendela.



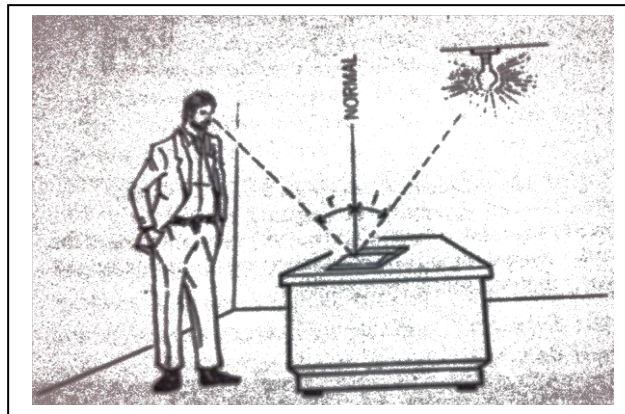
Gambar 10. Sumber Silau Langsung.
Sumber: Lechner,2001

Ketidaknyamanan penglihatan (*discomfort glare*) terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh di atas luminansi elemen interior lainnya. Tingkatan ketidaknyamanan ini tergantung pada luminansi dan ukuran sumber silau, luminansi latar belakang, dan posisi sumber silau terhadap medan penglihatan. *Discomfort glare* akan makin besar jika suatu sumber mempunyai luminansi yang tinggi, ukuran yang luas, luminansi latar belakang yang rendah dan posisi yang dekat dengan garis penglihatan.

b) Silau tidak langsung dan lapisan pemantul

Silau tidak langsung adalah silau yang disebabkan oleh pantulan cahaya dari benda dengan permukaan mengkilat/licin atau dengan kaca lain merupakan lapisan pemantul. Silau tidak langsung ini sebaiknya dihindari dengan menggunakan permukaan rata ataupun dengan penyelesaian matte serta dengan mengatur sistem pencahayaannya.

Lapisan pemantul berada dalam kondisi maksimum ketika sudut datang yang dibuat oleh sumber cahaya sama dengan sudut pantul yang ditentukan oleh lokasi mata.



Gambar 11. Silau Langsung.
Sumber: Lechner,2001

B. Pencahayaan Ruang

1. Sistem Pencahayaan

Seperti yang telah diutarakan sebelumnya, cahaya adalah bagian mutlak dari hidup kita, karena kehidupan manusia sangat bergantung pada cahaya. Penyelidikan menunjukkan bahwa sekitar 80% dari semua informasi yang diterima oleh otak kita ternyata melalui mata. Proses ini hanya dapat terjadi bila ada cahaya, baik cahaya alami yaitu cahaya matahari langsung (*day light*) / cahaya matahari yang dipantulkan oleh bulan (*moon light*) maupun cahaya buatan (*artificial light*) (Darmasetiawan & Puspakesuma, 1991).

Sejak dari awal desain suatu bangunan, sudah perlu dipikirkan hubungan timbal balik antara tata cahaya alami siang hari dan tata cahaya buatan. Desain awal bangunan akan menentukan peranan dan bobot dari masing-masing sumber tata cahaya tersebut. Ada kalanya tata cahaya buatan perlu menunjang dan melengkapi tata cahaya alami siang hari, apabila tata cahaya alami tidak mencukupi.

Saat ini, ketika energi fosil semakin mahal dan langka, kita perlu lebih serius mempertimbangkan mengenai sistem pencahayaan yang efektif pada ruang. Di daerah khatulistiwa yang beriklim tropis lembab seperti Indonesia, matahari hadir dalam suasana yang mendua. Matahari dicintai karena memberikan energi (panas dan cahaya) berlimpah, namun juga dibenci karena menyebabkan ketidaknyamanan. Dalam banyak kesempatan matahari dianggap sebagai gangguan yang harus diminimalkan dampaknya.

Walaupun demikian, tidak dapat dipungkiri bagaimanapun matahari adalah sumber energi yang sangat besar dan gratis. Rancangan arsitektur bangunan menjadi sangat penting untuk mengubah potensi negatif energi surya menjadi potensi positif.

Beberapa kelebihan cahaya dan sinar matahari antara lain, adalah sebagai berikut (Satwiko, 2009):

- a. Bersifat alami (natural);
- b. Tersedia berlimpah;
- c. Tersedia gratis;

- d. Terbarukan (tidak habis-habisnya);
- e. Memiliki spektrum cahaya yang lengkap;
- f. Memiliki daya panas dan kimiawi yang diperlukan bagi makhluk hidup di bumi;
- g. Dinamis, arah sinar matahari selalu berubah sesuai rotasi bumi maupun peredarannya saat mengelilingi matahari. Intensitas cahaya yang berubah-ubah oleh adanya halangan awan yang melintas akan memberikan efek gelap-terang yang menambah kesan dinamis;
- h. Dapat digunakan untuk pengobatan (heliotherapy)
- i. Lebih alami fotografi alami

Sedangkan beberapa kelemahan cahaya matahari untuk dipergunakan mencahayai ruangan adalah sebagai berikut (Satwiko, 2009):

- a. Pada bangunan berlantai banyak dan gemuk (berdenah rumit) sulit untuk memanfaatkan cahaya alami matahari (walau ada teknologi serat kaca yang dapat menyalurkan cahaya jauh ke dalam ruangan);
- b. Intensitasnya tidak mudah diatur, dapat sangat menyilaukan atau sangat redup;
- c. Pada malam hari tidak tersedia;
- d. Sering membawa serta panas masuk ke dalam bangunan;
- e. Dapat memudarkan warna.

Karena sinar matahari langsung membawa serta panas, maka cahaya yang dimanfaatkan adalah cahaya bola langit. Sinar matahari langsung hanya diperkenankan masuk ke dalam ruangan untuk keperluan tertentu atau bila hendak digunakan untuk mencapai efek tertentu.

Untuk keseluruhan bangunan pencahayaannya tidak dapat hanya mengandalkan pencahayaan alami saja, tetapi juga pencahayaan buatan. Begitupun sebaliknya, untuk pencahayaan suatu bangunan, tidak dapat mengandalkan sepenuhnya pencahayaan buatan, mengingat bahan bakar energi yang semakin menipis.

2. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang bersumber dari matahari, pencahayaan ini sangat baik untuk hampir semua ruang interior. Pencahayaan matahari sangat baik untuk kantor, sekolah dan ruang kerja yang membutuhkan cahaya siang hari secara maksimal. Jumlah dari cahaya matahari yang tersedia bervariasi tergantung pada hari, tahun, cuaca, tingkat polusi dan lain sebagainya. Jumlah maksimum dari cahaya matahari siang hari adalah sekitar 10.000 *foot-candle* pada musim panas (Karlen&Benya, 2007). Untuk menghemat energi pada bangunan, hanya sekitar 5% dari cahaya matahari atau maksimum 500 *foot-candle* yang dibolehkan masuk. Cahaya matahari yang lebih banyak dari jumlah tersebut di atas akan menimbulkan panas yang berlebihan dalam

bangunan sehingga energi bangunan akan terbang untuk mengoperasikan pendingin bangunan (Karlen&Benya, 2007).

a. Kriteria Perancangan Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami siang hari dimaksudkan untuk memperoleh pencahayaan di dalam bangunan pada siang hari dari cahaya alami. Manfaat pencahayaan alami dapat memberikan lingkungan visual yang menyenangkan dan nyaman dengan kualitas cahaya yang mirip kondisi alami di luar bangunan. Selain itu juga dapat mengurangi atau bahkan meniadakan pencahayaan buatan sehingga dapat mengurangi penggunaan listrik (Soegijanto,1998).

Untuk merancang pencahayaan alami perlu diketahui ketersediaan cahaya alami yang diterima di lokasi yang bersangkutan. Yang dimaksud cahaya alami siang hari di sini adalah cahaya matahari dan cahaya langit.

Menurut Soegijanto (1998), kondisi langit berdasarkan jumlah dan jenis awan dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Langit yang seluruhnya tertutup awan putih atau abu-abu putih atau awan tebal sebagian atau seluruhnya (*overcast sky*)
- 2) Langit yang sebagian tertutup awan dengan berbagai jenis dan jumlah awan (*intermediate sky*)
- 3) Langit tanpa awan (*clear sky*)

Pengelompokan tersebut dapat pula dinyatakan dalam jumlah awan yang menutupi langit yang diberi satuan octas, dinyatakan dalam angka 0 sampai 8. Langit tanpa awan adalah 0-1 octas, langit yang sebagian

tertutup awan adalah 2-6 octas, dan langit yang seluruhnya tertutup awan adalah 7-8 octas.

Menurut Lippsmeier (1994), pancaran cahaya matahari pada suatu tempat ditentukan oleh:

- 1) Durasi radiasi

Durasi radiasi matahari tergantung pada musim, garis lintang geografis tempat pengamatan, dan density awan. Salah satu ciri khas daerah tropis adalah waktu remang pagi dan senja yang pendek, semakin jauh sebuah tempat dari khatulistiwa, semakin panjang waktu remangnya. Pada saat bumi beredar mengelilingi matahari, sumbu bumi tidak selalu tegak lurus terhadap garis sumbu antara inti bumi dengan inti matahari.

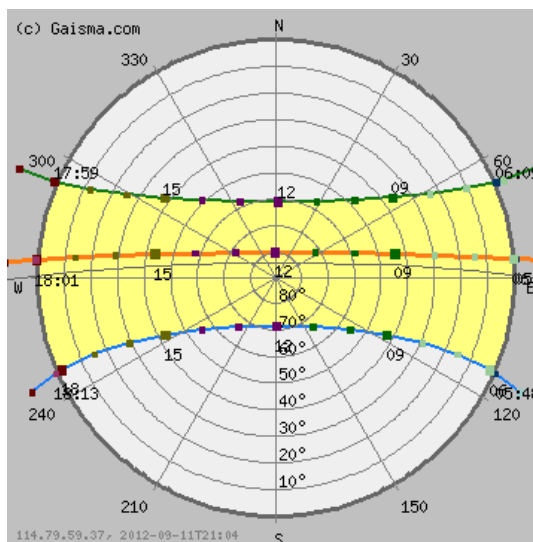
Pergeseran garis edar matahari akan menyebabkan terjadinya perubahan panjang hari atau lama penyinaran yang diterima pada tempat-tempat di permukaan bumi. Selama satu tahun peredaran mengelilingi matahari durasi penyinaran matahari berbeda-beda dengan interval waktu setiap 3 bulanan (Lippsmeier, 1994).

2) Intensitas matahari

Intensitas radiasi matahari ditentukan oleh energi radiasi absolut, hilangnya energi pada atmosfer, sudut jatuh pada bidang yang disinari dan penyebaran radiasi.

3) Sudut jatuh matahari

Sudut jatuh matahari ditentukan berdasarkan pada posisi relative matahari, tempat pengamatan di permukaan bumi (sudut lintang geografis pengamat), musim dan lamanya penyinaran matahari (yang ditentukan oleh garis bujur geografis). Salah satu cara menentukan sudut jatuh matahari adalah melalui diagram matahari. Diagram matahari digunakan dengan ketentuan dasar harus mengikuti ketentuan letak objek pengamatan yang berkaitan dengan letak garis lintang dari lokasi objek pengamatan.



Gambar 12. Sun Path Kota Makassar
Sumber <http://www.gaisma.com/en/location/makasar.html>
Akses: 12 September 2012

Tinggi matahari, yang ditunjukkan pada arah B-T, merupakan simulasi terhadap lintasan matahari dan mulai terbit sampai terbenam pada satu hari. Posisi pengamat dalam diagram ini adalah di pusat diagram. Garis jam, yang terletak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing garis mewakili spasi tiap jam. Garis yang berada tepat pada sumbu U-S menunjukkan waktu tengah hari (12.00) waktu setempat.

Dengan bantuan diagram pengukur sudut bayangan, diagram matahari ini digunakan untuk mengetahui pembayangan suatu fasade bangunan secara horizontal dan vertikal.

b. Ketentuan Dasar Pencahayaan Alami

1) Pencahayaan Alami Siang Hari yang Baik

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik (SNI 03-2396-2001) apabila:

- a) Pada siang hari antara pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.
- b) Distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

2) Tingkat Pencahayaan Alami dalam Ruang

Menurut SNI 03-2396-2001, tingkat pencahayaan alami dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat

pencahayaan alami dalam ruangan dan pencahayaan alami bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh:

- a) Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
- b) Ukuran dan posisi lubang cahaya
- c) Distribusi terang langit
- d) Bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

3) Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari

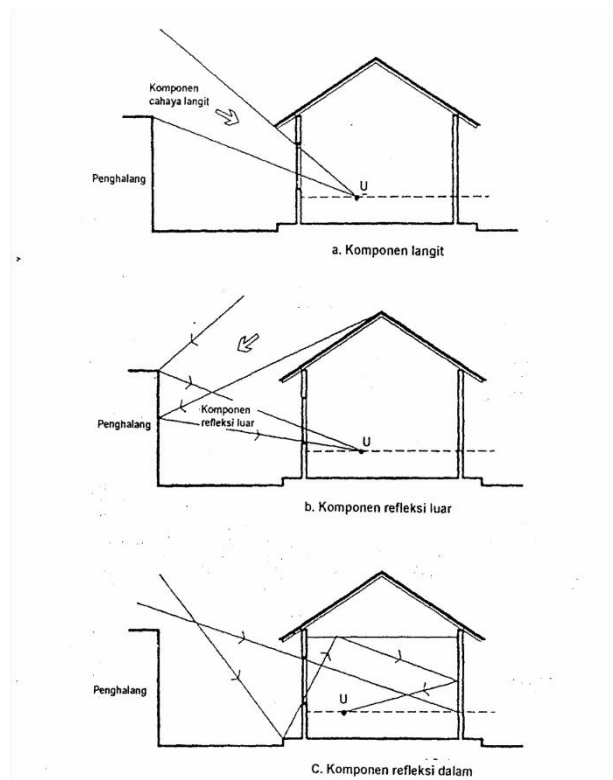
Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut.

Menurut SNI 03-2396-2001, faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi:

- a) Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit. Besarnya komponen langit dipengaruhi oleh ukuran lubang cahaya, penghalang yang berada di luar bangunan, penghalang yang berupa bagian dari bangunan misalnya peneduh, transmitansi cahaya dari kaca penutup lubang cahaya. Komponen langit tidak dipengaruhi oleh reflektansi cahaya dari permukaan di dalam dan di luar ruangan, serta posisi titik tersebut pada bidang kerja.
- b) Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang

berada di sekitar bangunan yang bersangkutan. Besarnya komponen refleksi luar dipengaruhi oleh ukuran lubang cahaya, ukuran penghalang, reflektansi cahaya dari permukaan penghalang, posisi titik tersebut pada bidang kerja, KRL tidak dipengaruhi oleh reflektansi cahaya dari permukaan di dalam bangunan.

SNI 03-2396-2001



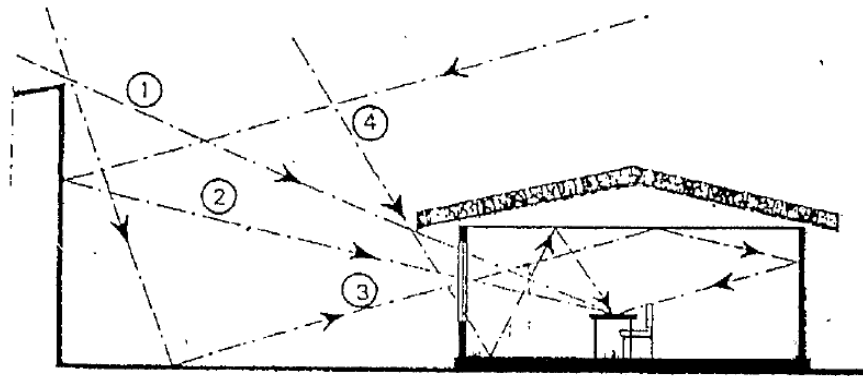
Gambar 13. Tiga komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja

- c) Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam-frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dan cahaya yang masuk ke dalam

ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit. Cahaya yang dipantulkan dapat berupa cahaya langsung dari langit maupun cahaya yang dipantulkan lebih dahulu oleh permukaan luar, baik berupa penghalang ataupun permukaan tanah di sekitar lubang cahaya. Besarnya komponen refleksi dalam dipengaruhi oleh reflektansi cahaya dari semua permukaan dalam dan luar ruangan, ukuran ruangan dan ukuran lubang cahaya.

Menurut Mangunwijaya (2000), cahaya siang hari terdiri dari banyak macam unsur, yaitu:

- a) Unsur penerangan yang datang langsung dari langit, termasuk pantulan-pantulan awan,
- b) Unsur refleksi luar, yaitu pemantulan cahaya dari benda-benda yang berdiri di luar ruangan dan masuk melalui jendela,
- c) Unsur refleksi dalam, yaitu cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang terletak rendah dan masuk melalui jendela dan lubang-lubang lain serta menerangi langit-langit atau bagian atas ruangan, kemudian terpantul lagi dan menerangi bidang kerja,
- d) Unsur bahan jendela, misalnya jenis kaca, kemudian tingkat kebersihan kaca dan sebagainya.



1. Cahaya langsung dari matahari pada bidang kerja
2. Cahaya pantulan dari benda-benda sekitar
3. Cahaya pantulan dari halaman, yang kemudian dipantulkan oleh plafond atau dinding ke arah bidang kerja
4. Cahaya yang jatuh di lantai dan dipantulkan lagi oleh langit-langit

Gambar 14. Masuknya cahaya siang hari ke bidang kerja.
Sumber: Mangunwijaya (2000)

4) Langit Perancangan

Dalam SNI 03-2396-2001 ditetapkan beberapa ketentuan mengenai langit perancangan, antara lain:

- a) Ketentuan terang langit dinyatakan dalam lux
- b) Karena langit menunjukkan variabilitas yang besar, maka syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh keadaan langit untuk dipilih dan ditetapkan sebagai langit perancangan adalah bahwa langit yang demikian sering dijumpai, memberikan tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka, dengan nilai dekat minimum, sedemikian rendahnya hingga frekuensi kegagalan untuk mencapai nilai tingkat pencahayaan ini cukup rendah tetapi tidak boleh terlampau

rendah sehingga persyaratan tekno konstruktif menjadi terlampau tinggi.

- c) Sebagai langit perancangan ditetapkan, langit biru tanpa awan, atau langit yang seluruhnya tertutup awan abu-abu putih.
- d) Langit perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya (*uniform luminance distribution*).

5) Faktor Langit / *Daylight Factor*

Faktor langit (fl) suatu titik pada suatu bidang di dalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat pencahayaan langsung dari langit di titik tersebut dengan tingkat pencahayaan oleh terang langit pada bidang datar di lapangan terbuka. Pengukuran kedua tingkat pencahayaan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai berikut :

- a) Dilakukan pada saat yang sama.
Keadaan langit adalah keadaan langit perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- b) Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Tabel 2. Nilai *Daylight Factor* (DF) yang direkomendasikan

Tipe Bangunan	Tipe Ruang	DF
Rumah dan Hotel	Ruang Keluarga	1% utk min. 8 m ²
	Kamar Tidur	0,5% utk.min. 6m ²
	Dapur	2% utk.min 5 m ²
	Kantor umum	2%
Kantor	Ruang pengetikan, ruang mesin bisnis	4%
Sekolah, universitas	Rg.Pertemuan	2%
	Rg.Kesenian	4%
	Laboratorium	3%
	Ruang Staff,Ruang biasa	1%

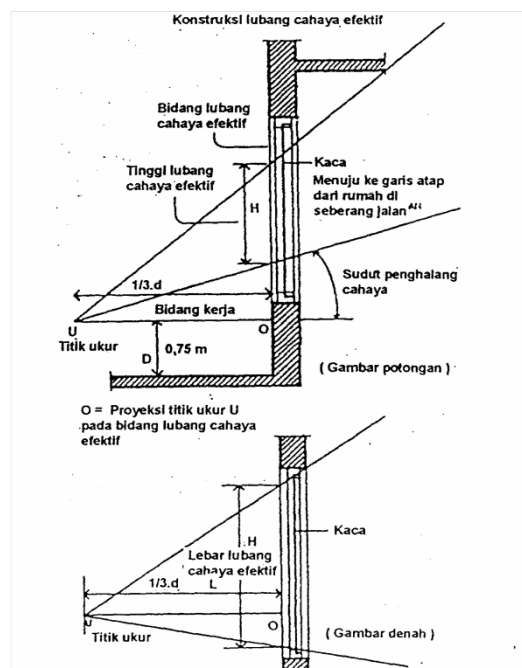
Sumber: Szokolay (1980)

Suatu titik pada suatu bidang tidak hanya menerima cahaya langsung dari langit tetapi juga cahaya langit yang direfleksikan oleh permukaan di luar dan di dalam ruangan. Perbandingan antara tingkat pencahayaan yang berasal dari cahaya langit baik yang langsung maupun karena refleksi, terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka disebut faktor pencahayaan alami siang hari. Dengan demikian faktor langit adalah selalu lebih kecil dari faktor pencahayaan alami siang hari. Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena fl merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur.

6) Titik Ukur

Berikut ini adalah beberapa persyaratan pengambilan titik ukur (SNI 03-2396-2001), yaitu:

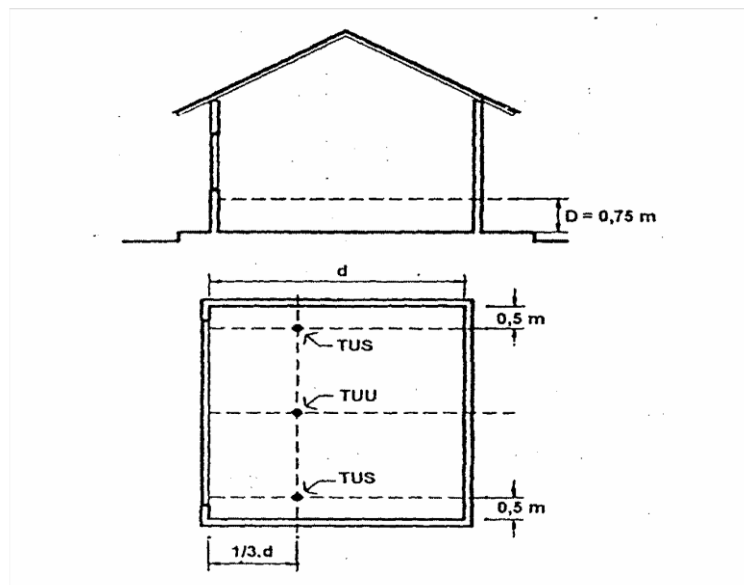
- a) Titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja.



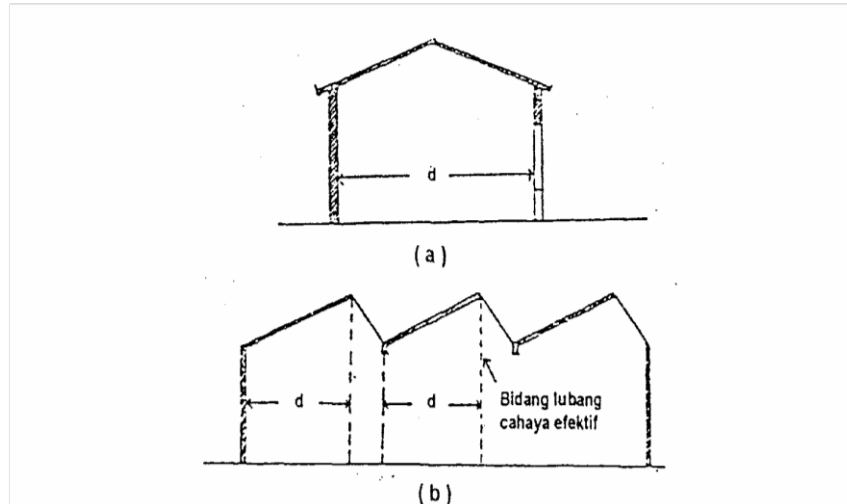
Gambar 15. Tinggi dan lebar cahaya efektif

- b) Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan pencahayaan yang cukup memuaskan, maka Faktor Langit (f_l) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangnya.

- c) Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur :
- (1) Titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berada pada jarak $1/3 d$ dari bidang lubang cahaya efektif.
 - (2) Titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping, yang juga berada pada jarak $1/3 d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu (lihat gambar 2.14 dan 2.15).



Gambar 16. Penjelasan mengenai jarak d



Gambar 17. Penjelasan mengenai jarak d

d) Jarak " d " pada dinding tidak sejajar

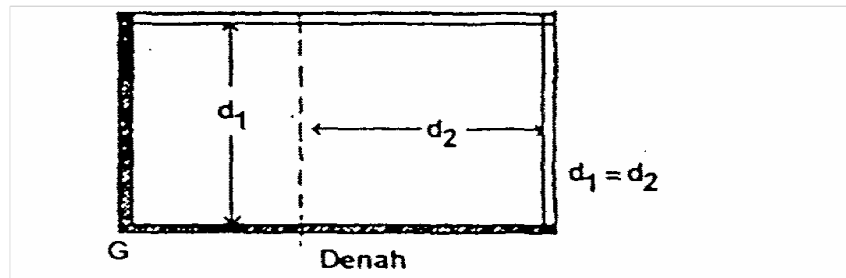
Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak di tengah antara kedua dinding samping tadi, atau diambil jarak rata-ratanya.

e) Ketentuan jarak " $1/3.d$ " minimum

Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang daripada 6 meter, maka ketentuan jarak $1/3.d$ diganti dengan jarak minimum 2 meter.

7) Lubang Cahaya Efektif

Bila suatu ruangan mendapatkan pencahayaan dari langit melalui lubang-lubang cahaya di beberapa dinding, maka masing-masing dinding ini mempunyai bidang lubang cahaya efektifnya sendiri-sendiri.



Gambar 18. Penjelasan mengenai jarak d

Umumnya lubang cahaya efektif dapat berbentuk dan berukuran lain daripada lubang cahaya itu sendiri. Hal ini, antara lain dapat disebabkan oleh:

- a) Penghalangan cahaya oleh bangunan lain dan atau oleh pohon.
- b) Bagian-bagian dari bangunan itu sendiri yang karena menonjol menyempitkan pandangan ke luar, seperti balkon, konstruksi "sunbreakers" dan sebagainya.
- c) Pembatasan-pembatasan oleh letak bidang kerja terhadap bidang lubang cahaya.
- d) Bagian dari jendela yang dibuat dari bahan yang tidak tembus cahaya.

c. Persyaratan Teknis Pencahayaan Alami

- 1) Klasifikasi berdasarkan kualitas pencahayaan

Klasifikasi kualitas pencahayaan dapat digolongkan sebagai berikut (SNI 03-2396-2001):

- a) Kualitas A : kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat, terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- b) Kualitas B : kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- c) Kualitas C : kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- d) Kualitas D : kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

2) Persyaratan faktor langit dalam ruangan

Nilai faktor langit adalah suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1) Sekurang-kurangnya memenuhi faktor-faktor langit minimum ($f_{l_{min}}$) yang tertera pada tabel 3, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.
- 2) Nilai $f_{l_{min}}$ dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam Bangunan Umum untuk TUUnya adalah seperti tertera pada tabel 3; dimana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif ke dinding yang diseberangnya, dinyatakan dalam meter.

Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dari $f_{l_{min}}$ untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10d.

Tabel 3. Nilai faktor langit untuk bangunan umum

Klasifikasi Pencahayaan	$F_{l_{min}}$ TUU
A	0,45d
B	0,35d
C	0,25d
D	0,15d

- 3) Ruang dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di satu dinding nilai f_l ditentukan sebagai berikut:
 - a) Dari setiap ruangan yang menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di satu dinding saja, harus diteliti f_l dari satu TUU dan dua TUS.
 - b) Jarak antara dua titik ukur tidak boleh lebih besar dari 3 meter. Misalnya untuk suatu ruangan yang panjangnya lebih dari 7 m, harus diperiksa (f_l) lebih dari tiga titik ukur (jumlah TUU ditambah).

d. Pengujian Pencahayaan Alami

Pengujian pencahayaan alami bertujuan untuk melihat tingkat ketersediaan cahaya matahari pada suatu ruang. Apakah kondisi pencahayaan di dalam ruang tersebut telah sesuai dengan standar baku yang telah ditetapkan. Pada SNI 03-2396-2001, telah diatur mengenai langkah pengujian pencahayaan alami, yaitu dilakukan dengan mengukur atau memeriksa:

1) Tingkat Pencahayaan

a) Tingkat pencahayaan di Titik Ukur Utama (TUU), Titik Ukur Samping (TUS), titik di luar ruangan di tempat terbuka dan pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan.

b) Menghitung faktor langit pada TUU dan TUS

Nilai tingkat pencahayaan dapat diukur langsung dengan menggunakan alat ukur. Alat untuk mengukur tingkat pencahayaan/iluminasi dinamakan luksmeter.

Standar besarnya tingkat pencahayaan dapat dilihat pada tabel 4. Tabel tersebut menjelaskan tingkat pencahayaan rata-rata yang harus dipenuhi oleh berbagai jenis ruang pada beberapa fungsi bangunan. Nilai ini juga berlaku sama untuk pencahayaan buatan.

Tabel 4. Tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna yang direkomendasikan.

Sumber SNI 03-6197-2000

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur warna		
			warm white < 3.300 K	cool white 3.300 K- 5.300 K	daylight > 5.300 K
PERKANTORAN					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		√	√
Ruang Kerja	350	1 atau 2		√	√
Ruang Komputer	350	1 atau 2		√	√
Ruang rapat	300	1	√	√	
Ruang Gambar	750	1 atau 2		√	√
Gudang Arsip	150	1 atau 2		√	√
Ruang Arsip Aktif	300	1 atau 2		√	√

2) Indeks Kesilauan

Silau terjadi diakibatkan oleh masuknya cahaya matahari langsung atau adanya bantulan benda-benda reflektif seperti yang telah dikemukakan pada pembahasan sebelumnya. Menurut SNI 03-2396-2001 faktor-faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi sumber cahaya, posisi sumber cahaya terhadap penglihatan pengamat, dan adanya kontras pada bidang kerja.

Menurut CIE (1983) terdapat empat variabel utama dalam penentuan parameter kesilauan, yaitu :

- a) Nilai iluminasi (L_1) sumber silau (nilai iluminasi langit yang terlihat dari jendela). Jika langit yang terlihat dari jendela lebih cerah, maka indeks kesilauan akan semakin tinggi

- b) Nilai solid angle (ω_s) sumber silau terhadap pemerhati (ukuran langit yang dapat dilihat dari mata pemerhati). Jika area yang terlihat lebih luas, maka indeks kesilauan akan semakin besar.
- c) Nilai sudut perubahan (ψ) dari sumber silau ke pandangan penglihatan, yakni posisi langit yang dapat dilihat dalam visual field pemerhati (faktor posisi). Jika jarak dari pusat penglihatan semakin jauh, maka indeks kesilauan akan semakin rendah.
- d) Nilai rata-rata luminasi pada area penelitian (L_2), yakni rata-rata luminasi yang terdapat dalam ruang, tidak termasuk kecerahan langit. Apabila ruang semakin cerah, maka indeks kesilauan akan semakin rendah.

Terdapat banyak metode yang digunakan untuk menentukan nilai kesilauan, antara lain : *BRS glare formula* (BRS atau BGI), *Cornell formula* atau *Daylighting Glare Index* (DGI), *CIE Glare Index* (CGI), *Unified Glare Rating* (UGR), *Guth Visual Comfort Probability* (VCP), *Comfort, Satisfaction & Performance Index* (CSP) dan *New Daylighting Glare Index* (DGI_N).

Tabel 5. Nilai Indeks Kesilauan Maksimum (SNI)

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau lugas yang tidak dilakukan secara terus-menerus	28	Perbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan
Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	25	Gudang, cold storage, bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, plant rooms
Tugas visual dan interior normal	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan, pemeriksaan dan pengujian (pek.kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
Pengendalian silau sangat penting	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pek.sedang), lobby, ruangan kantor
Tugas visual dsangat teliti- Pengendalian silau tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian(pek.teliti)
Sumber SNI 03-2396-2001		

Dari beberapa formula yang telah disebutkan, hanya formula CGI, DGI dan DGI_N yang sesuai digunakan untuk menganalisis kesilauan akibat cahaya siang dengan perangkat komputer (Belinda, 2011).

3. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan merupakan upaya manusia untuk menciptakan sumber cahaya selain dari cahaya matahari, mengingat ketersediaan cahaya alami dari matahari tidak tersedia secara terus menerus. Sebelum abad ke-18, manusia sudah menciptakan sistem pencahayaan buatan. Dengan bahan bakar minyak yang berasal dari lemak hewani (*tallow*) diciptakanlah lampu minyak, sayangnya hanya sebahagian kecil masyarakat yang dapat menikmatinya dikarenakan harga yang mahal. Tetapi seiring dengan peningkatan peradaban manusia, maka pada tahun 1880 Thomas Edison menemukan ide lampu pijar elektrik. Sejak saat itu, pencahayaan buatan diidentikkan dengan pencahayaan elektrikal.

Pencahayaan buatan terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Makna pencahayaan buatan bukan lagi hanya sekedar menyediakan lampu dan terangnya, tetapi juga untuk membentuk suasana. Jadi pencahayaan bukan hanya masalah praktis, tetapi juga estetis.

a. Kriteria Perancangan Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan diperlukan karena kita tidak dapat sepenuhnya tergantung pada ketersediaan pencahayaan alami, misalnya pada malam hari atau di ruang yang tak terjangkau oleh cahaya alami. Dengan demikian sudah semestinya pencahayaan buatan bersifat saling mendukung dengan pencahayaan alami, tidak dapat dikatakan mana yang

lebih unggul. Menurut Satwiko (2009) pencahayaan buatan diperlukan bila:

- 1) Tidak tersedia cahaya alami siang hari; saat antara matahari terbenam dan terbit
- 2) Tidak tersedia cukup cahaya alami dari matahari; saat mendung tebal, intensitas cahaya bola langit akan berkurang
- 3) Cahaya alami dari matahari tidak dapat menjangkau tempat tertentu di dalam ruangan yang jauh dari jendela
- 4) Diperlukan cahaya merata pada ruang lebar; pada ruangan yang lebar, hanya lokasi di sekitar jendela saja yang terang, sedang bagian tengah akan menjadi redup. Hal ini terutama terjadi pada ruangan lebar, luas dan terletak di bawah lantai lain sehingga tidak dapat dibuat lubang cahaya di atap. Namun tidak begitu disarankan penggunaan atap transparan pada daerah tropis, karena dapat menyebabkan ruangan menjadi sangat panas.
- 5) Diperlukan intensitas cahaya konstan. Ruang operasi misalnya, memerlukan cahaya yang konstan pada intensitas tertentu. Cahaya alami akan tergantung oleh cuaca/awan yang tentu akan menyebabkan suatu saat terang dan redup dalam waktu berdekatan dan tak terkendali sehingga akan mengganggu jalannya operasi.

- 6) Diperlukan cahaya dengan warna dan arah penyinaran yang mudah diatur, contohnya ruang pameran dan ruang pertunjukan.
- 7) Cahaya buatan diperlukan untuk fungsi khusus; bayi manusia ataupun binatang yang baru lahir kadang memerlukan kehangatan. Lampu dapat menyediakan kehangatan.
- 8) Diperlukan cahaya dengan efek khusus; misalnya pada pencahayaan dengan lampu ungu-ultra untuk memendarkan cat berlapis fosfor.

Pencahayaan buatan harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut (SNI, 03-6575-2001):

- 1) Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada tabel 6.

Tabel 6. Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang Direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Keterangan
Perkantoran :			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang Kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2	

Tabel 7. Pengelompokan Renderasi Warna

Kelompok Renderasi Warna	Rentang Indeks Renderasi Warna (Ra).	Tampak Warna
1	Ra > 85	dingin
		sedang
		hangat
2	70 < Ra < 85	dingin
		sedang
		hangat
3	40 < Ra < 70	
4	Ra < 40	

- 2) Daya listrik maksimum per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana tercantum pada tabel 8.

Tabel 8. Daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan (SNI 03-6575-2001)

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m ² (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit :	
Ruang Pasien.	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

3) Penggunaan energi yang sehemat mungkin dengan mengurangi daya terpasang, melalui :

- a) Pemilihan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Diajarkan menggunakan lampu fluoresen dan lampu pelepasan gas lainnya.
- b) Pemilihan armatur yang mempunyai karakteristik distribusi pencahayaan sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu.

b. Sistem Pencahayaan Buatan

Sistem Pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi (SNI 03-6575-2001):

1) Sistem pencahayaan merata.

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama. Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.

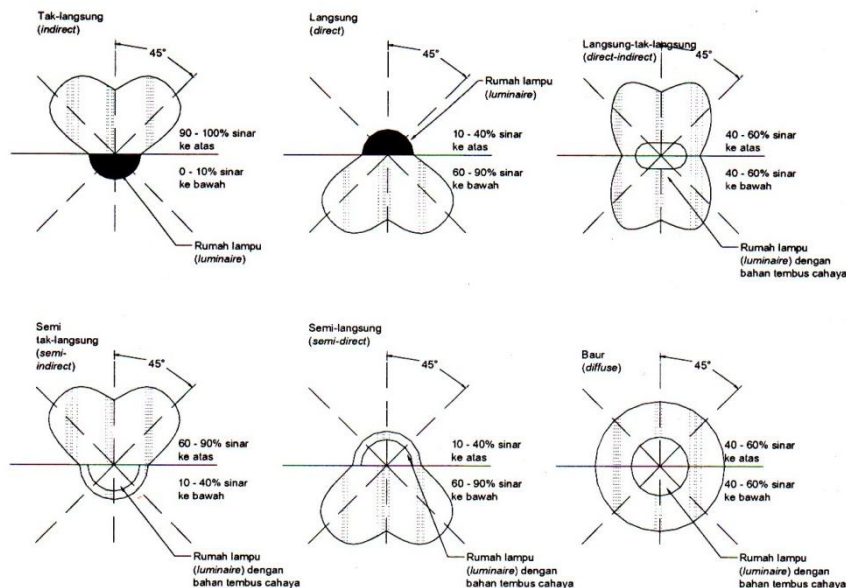
2) Sistem pencahayaan setempat

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini

diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit di atas tempat tersebut.

3) Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual. Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu, pencahayaan merata terhalang sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut, tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.



Gambar 19. Arah Cahaya (Satwiko,2009)

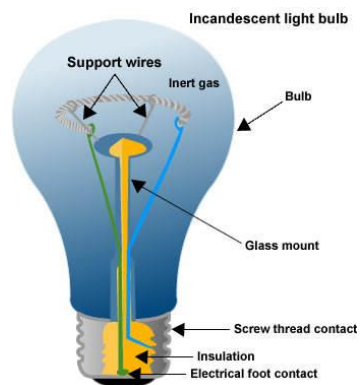
c. Sumber Pencahayaan

Setiap jenis lampu memiliki prinsip kerja, warna, dan ambien tersendiri, bahkan daya tahannya pun berbeda-beda. Berikut ini akan dijelaskan sifat dan karakter masing-masing jenis lampu :

1) Golongan lampu pijar (*incandescent lamp*)

Cahaya yang diperoleh dari lampu ini berasal dari kawat filamen. Sesuai dengan namanya, lampu jenis ini mengeluarkan cahaya berdasarkan prinsip pemijarannya, yaitu mampu menghasilkan panas. Kawat filamen yang ada dalam tabung lampu bisa menghasilkan cahaya jika sudah panas karena adanya aliran listrik. Lampu pijar dapat dibagi menjadi dua, yaitu (Khalis, 2012):

a) Lampu Pijar Tungsten



Gambar 20. Bagian-bagian lampu pijar tungsten
Sumber : <http://www.techlinea.com>

Lampu pijar ini merupakan jenis lampu yang banyak dikenal masyarakat, mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan jenis lampu ini antara lain:

- (1) harga jauh lebih murah,
- (2) barangnya sangat gampang diperoleh,
- (3) mudah digunakan karena menggunakan arus AC/DC,
- (4) tidak mengandung bahan kimia dan ramah lingkungan,
- (5) mampu menghasilkan cahaya yang “hangat”,
- (6) menghasilkan cahaya asli seperti pada titik sumber cahaya,
- (7) mempunyai watt yang bervariasi, serta
- (8) memiliki penampang lampu beragam.

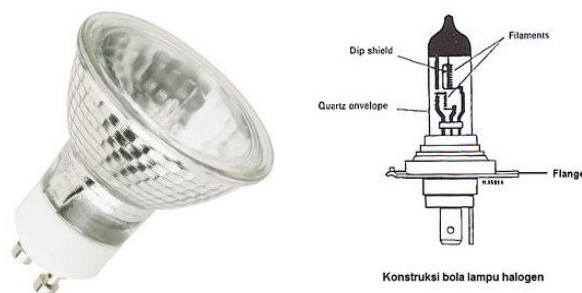
Kekurangan jenis lampu tungsten, antara lain :

- (1) Pada lampu tungsten, energi listrik diubah menjadi energi panas, sehingga penggunaan watt tidak efisien dan membuat lampu sangat panas saat dipegang,
- (2) lampu tidak bisa diletakkan pada objek yang mudah terbakar karena panas yang dikeluarkan berlebihan,
- (3) tidak dapat digunakan di luar ruang lantaran kondisi cuaca sering kali berubah, yang mempermudah tabung lampu cepat pecah,
- (4) tidak tahan lama dibandingkan jenis lampu lainnya.

b) Lampu Pijar Halogen

Cahaya yang dihasilkan oleh lampu halogen berasal dari kawat filamen yang terdapat dalam tabung gelas yang disertai dengan gas halogen, seperti *iodine*, *chlorine*, dan *bromine*. Cahaya yang dihasilkan jauh lebih terang dan putih dibandingkan dengan lampu pijar tungsten.

Oleh karena itu, lampu pijar halogen dapat menghasilkan warna asli dari objek yang dikenai cahaya. Penyebab kurangnya penggunaan lampu pijar halogen dalam masyarakat adalah faktor harga yang cukup mahal dibandingkan dengan lampu pijar tungsten. Dan biasanya, lampu halogen hanya digunakan oleh kalangan menengah ke atas.



Gambar 21. Bagian-bagian lampu pijar halogen
Sumber : <http://www.astudioarchitect.com>

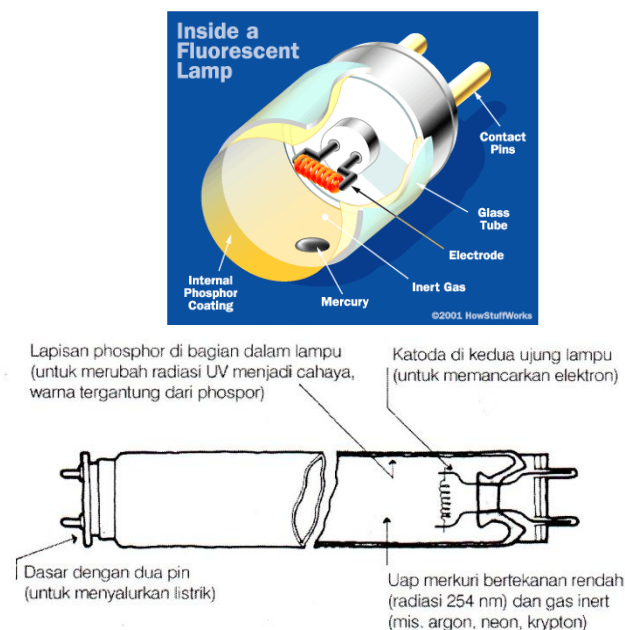
2) Golongan lampu berpendar (*Discharge Lamps*)

Lampu berpendar adalah sebuah jenis lampu yang sumber cahayanya masih menggunakan gas merkuri yang diikutsertakan ke dalam tabung lampu. Ada beberapa jenis lampu berpendar, yaitu lampu *low-pressure* (pada tabung *fluorescent*), lampu *high pressure mercury*, lampu *the blended light*, dan lampu *metal halide* (Khalis, 2012). Seluruh lampu *discharge* memerlukan alat tambahan yang disebut *ballast*, yang pertama menangkap cahaya dengan tegangan tinggi dan kemudian membatasi listrik sesuai dengan keperluan saat pengoperasian. Beberapa jenis ballast dapat menyalakan empat lampu sekaligus. Ada dua jenis ballast, yaitu ballast magnetik dan ballast elektronik. Ballast elektronik

umumnya lebih efisien energinya, lebih tenang suaranya dan banyak mengurangi kedipan pada lampu.

a) Lampu *Fluorescent*

Lampu *fluorescent* adalah sumber cahaya yang sangat baik untuk bangunan komersial dan institusi (Karlen/Benya, 2007). Lampu *fluorescent* menggunakan prinsip dari proses berpendarnya mineral (*fluorescence*) dimana bahan mineral diekspos terhadap sinar ultraviolet hingga berpendar. Energi listrik bereaksi dalam gas di dalam lampu, yang menghasilkan cahaya ultraviolet. Cahaya ultraviolet kemudian bereaksi dengan fosfor, yang merupakan campuran mineral yang melapisi bagian dalam dari bola lampu. Fosfor dirancang untuk memancarkan warna-warna khusus dari cahaya putih, yang memungkinkan pilihan untuk temperatur warna dan indeks penampilan warna (CRI) lampu.



Gambar 22. Bagian-bagian lampu fluorescent
Sumber : [berbagai](#) sumber.

Lampu fluorescent dapat diredupkan dengan memakai ballast peredupan elektronik. Kebanyakan ballast elektronik membutuhkan saklar dimmer yang spesifik. Kisaran peredupan umumnya adalah 10 hingga 100 persen dari cahaya lampu.

b) Lampu Merkuri (*High Pressure Mercury*)

Lampu jenis ini, memiliki efficacy yang rendah jika dibandingkan dengan lampu discharge yang lain. Selain itu juga memiliki *color rendition* yang buruk. Lampu ini banyak mengeluarkan cahaya yang dingin, kaya akan warna hijau dan biru, sedikit warna merah dan orange pada spektrumnya. Oleh karena itu lampu merkuri hanya cocok digunakan pada pencahayaan taman.

c) Lampu Metal-Halida

Jenis lampu ini membutuhkan daya yang sangat besar. Cahaya yang dikeluarkan oleh lampu tersebut berwarna putih. Lampu metal halide cocok digunakan untuk pertokoan, perkantoran, industri, ataupun ruang luar ketika *color-rendition* menjadi penting. Adapun karakteristik lampu ini, antara lain *efficacy* tinggi (80-125 lumens/watt), umur panjang (10.000 – 20.000 jam), *color rendition* sangat baik, dan ukuran kecil untuk pengendali optikal.

d) Lampu Sodium

Jika *efficacy* tinggi (70-140 lumens/watt) dan umur panjang merupakan hal terpenting, lampu sodium bertekanan tinggi (*high pressure sodium/HPS*) biasanya menjadi pilihan rancangan. Pada lampu ini, *color*

rendering yang dihasilkan sangat rendah dan memiliki cahaya berwarna orange dan kuning kecoklatan pada bagian bawah lampunya. Pencahayaan HPS paling cocok digunakan untuk aplikasi ruang luar, seperti jalan, area parkir, area olahraga, dan *building flood lighting*.

3) Golongan Lampu LED (*Lighting Emitting Diodes*)



Gambar 23. Lampu LED

Lampu LED merupakan sirkuit semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Sifatnya berbeda dengan filamen yang harus dipijarkan (dibakar) atau lampu TL yang merupakan pijaran partikel. Lampu LED memancarkan cahaya lewat aliran listrik yang relatif tidak menghasilkan panas. Karena itu lampu LED terasa dingin dipakai dan tidak menambah panas ruangan seperti lampu pijar. Lampu ini merupakan jenis *solid-state lighting* (SSL) yang berarti lampu yang menggunakan kumpulan LED, benda padat, sebagai sumber pencahayaannya sehingga

tidak mudah rusak bila terjatuh atau bohlamnya pecah. Kumpulan LED diletakkan dengan jarak yang rapat untuk memperterang cahaya.

Keunggulan yang dimiliki oleh lampu jenis ini, antara lain (sumber: <http://led-lampu.blogspot.com>):

- a) Daya Tahan; lampu LED hingga 50.000 jam, 30 kali lebih lama dari lampu pijar atau 10 kali lebih lama daripada lampu hemat energi (LHE).
- b) Efisiensi tinggi; menghemat hingga 90% pada penggunaan daya, dibandingkan dengan halogen dan lampu pijar. Sebuah lampu LED dengan daya sebesar 3,5W akan mampu menghasilkan cahaya sebesar 50W lampu halogen, jadi dapat mengurangi pemakaian energi listrik.
- c) Ramah lingkungan; karena tidak menggunakan merkuri dan tidak menghasilkan radiasi IR dan UV yang sangat berbahaya bagi mata manusia.
- d) Tidak panas; panas yang dihasilkan lampu LED jauh lebih rendah daripada lampu lain, sehingga dapat mengurangi beban AC.
- e) Warna yang indah; sinar yang jernih dan *Colour Rendering Index* (CRI) dari lampu LED yang tinggi menghasilkan warna alami.
- f) Ukuran kecil; lampu LED menyediakan fleksibilitas desain, diatur dalam baris, cincin, kelompok atau individu poin.

g) Fungsi dimmer; LED dapat diredupkan dengan menggunakan *pulse width modulation* (PWM) dengan cara memutar lampu on dan off sangat cepat dalam berbagai interval. Hal ini juga memungkinkan pencampuran warna penuh pada lampu dengan LED dengan warna yang berbeda.

❖ Ramah Lingkungan (NO MERKURI)
 ❖ Tegangan 180-240 Volt
 ❖ Jauh Lebih Hemat Energi & Tahan Lama

11 w = 1.8 w

8 x 6.000 h = 48.000 - 50.000 h

(Lihat Tabel Perbandingan Dibawah)

❖ Mengurangi Panas Ruang (Beban AC Berkurang)
 ❖ Jatuh Tidak Mudah Pecah
 ❖ Garansi 1 Tahun
 ❖ Model Elegan
 ❖ Harga Sangat Terjangkau
 ❖ Produk Lokal Kebanggaan Anak Bangsa

Tabel Perbandingan LED Technology :

TIPE	WATT	LUMENS	QTY	JAM/HARI	WATT/HARI	RP/KWH	RP/HARI	RP/TAHUN	RESPON
CFL	11 Watt	600	10 Pcs	12 Jam	1.320 Watt	Rp. 900,-	Rp. 1.188,-	Rp. 433.620,-	
LED	1,8 Watt	550	10 Pcs	12 Jam	216 Watt	Rp. 900,-	Rp. 195,-	Rp. 70.956,-	

Produk LED Technology telah tersedia di toko-toko sekitar Anda

Gambar 24. Keunggulan lampu LED

Sumber : <http://led-lampu.blogspot.com>

Selain kelebihan, lampu LED tentu saja mempunyai kelemahan. Kelemahan lampu ini adalah menyangkut harga satuan lampu yang jauh lebih mahal dibandingkan dengan lampu pijar ataupun lampu hemat TL. Akan tetapi apabila ditinjau dari biaya operasional secara keseluruhan,

penggunaan lampu LED dapat menghemat energi dan biaya sampai 80%. Mengingat masa pakai lampu jenis ini hingga 25 tahun tanpa penggantian.

	COMPACT FLOUR. 13 W MINI TWIST	CC VIVID PLUS 36 LED 2,5 W
Usia Maksimal	8.000 Jam	60.000 Jam
Jumlah Bohlam dalam 60.000 Jam	7,5	1
Biaya Bohlam (Perkiraan dalam Rupiah)	7,5 x Rp. 50.000 = Rp. 375.000	Rp. 450.000
Energi (Selama 60.000 Jam)	780 kWh	150 kWh
Biaya Listrik (Rp. 700/kWh)	780 kWh x Rp. 700 = Rp. 546.000	Rp. 105.000
TOTAL BIAYA	Rp. 921.000	Rp. 555.000

Gambar 25. Ilustrasi perbandingan LED dan LHE
Sumber : <http://led-lampu.blogspot.com>

Untuk lebih jelasnya pada Tabel 9 diperbandingkan *efficacy* (efisiensi lampu) dari beberapa jenis lampu yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 9. Perbandingan efikasi (efisiensi lampu)
Sumber: Satwiko, 2009

Sumber	Efikasi (lm/watt)
Lilin	0,1
Lampu minyak	0,3
Lampu edison yang pertama	1,4
Lampu edison tahun 1910	4,5
Lampu pijar modern	14-18
Lampu halogen tungsten	16-20
Lampu Fluorescent	50-85
Lampu mercury	40-70
Lampu halide-metal	60-80
Lampu sodium bertekanan tinggi	90-100
Light emitting diode (LED)	115-180

Catatan: Dengan kemajuan teknologi yang cepat, angka-angka di atas dapat terlalu kecil.

d. Luminair Lampu

Sebuah luminair lampu meliputi rumah lampu dan alat listrik lain yang mendukungnya. Perlengkapan lampu permanen (*fixtures*) adalah luminair yang terpasang pada bangunan secara tetap. Sedangkan *armatur* adalah rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendalian listrik (SNI 03-6575-2001).

Menurut Lechner (2001), luminair (*luminaire*) memiliki tiga fungsi utama, yaitu mendukung lampu dengan sejenis socket, menyediakan power bagi lampu, dan memodifikasi cahaya lampu sehingga mencapai pola cahaya yang diinginkan dan mengurangi silau. Luminair lampu dikelompokkan oleh cara pendistribusian cahayanya, yaitu (Karlen & Benya, 2007):

- 1) Luminair langsung, memancarkan cahaya ke bawah. Jenis ini meliputi sebagian besar jenis luminair tersembunyi termasuk downlight dan troffer.



Gambar 26. Downlight dan Troffer
Sumber : [berbagai](#) sumber

- 2) Luminair tidak langsung, memancarkan cahaya ke arah atas, memantulkan cahaya dari langit-langit ke ruangan. Jenis ini meliputi banyak perlengkapan lampu gantung, *sconce*, dan beberapa model lampu portable.



Gambar 27. *Sconce* dan Lampu Gantung
Sumber : [berbagai](#) sumber

- 3) Luminair pancar, memancarkan cahaya ke segala arah dengan intensitas cahaya yang sama. Jenis ini meliputi sebagian besar jenis dari lampu terbuka, lampu bulat, *chandelier*, dan beberapa model lampu meja dan lampu berdiri.



Gambar 28. Lampu Gantung *Chandelier*
Sumber : [berbagai](#) sumber

- 4) Luminar langsung/ tidak langsung, memancarkan cahaya ke arah atas dan ke bawah tetapi tidak ke samping. Jenis ini meliputi beberapa jenis perlengkapan lampu gantung, beberapa model lampu meja dan

lampu berdiri. Luminair jenis ini, dapat berfungsi secara semi-langsung atau semi-tidak langsung tergantung proporsi cahaya yang didistribusikan ke arah atas dan bawah.



Gambar 29. Contoh aplikasi luminair langsung/tidak langsung pada kamar tidur. Sumber : [berbagai](#) sumber

- 5) Luminair asimetris, biasanya didesain untuk aplikasi khusus. Pencahayaan asimetris arah atas adalah perlengkapan lampu yang mendistribusikan cahaya tidak langsung lebih kuat ke satu arah, misalnya menjauh dari dinding. *Wallwasher* adalah bentuk dari perlengkapan lampu dengan distribusi pencahayaan yang lebih kuat ke satu sisi untuk menerangi dinding.



Gambar 30. Aplikasi Luminair Asimetris, wallwasher. Sumber : [berbagai](#) sumber

- 6) Perlengkapan lampu yang dapat disetel adalah perlengkapan lampu dengan pencahayaan langsung yang dapat diubah-ubah arah cahayanya. Perlengkapan ini meliputi lampu track, lampu banjir, dan lampu sorot.



Gambar 31. Lampu Sorot, lampu banjir.
Sumber : [berbagai](#) sumber

e. Teknik Pencahayaan

Dalam merencanakan instalasi pencahayaan, ada 5 kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan pencahayaan yang baik, yaitu yang memenuhi fungsi supaya mata kita dapat melihat dengan jelas dan nyaman. Kelima kriteria ini saling mempengaruhi dan tidak dapat berdiri sendiri secara terpisah karena masing-masing bergantung satu sama lain dalam menghasilkan kualitas pencahayaan yang optimal (Darmasetiawan & Puspakesuma, 1991).

- 1) Kuantitas atau jumlah cahaya pada permukaan tertentu (*lighting level*) atau tingkat kuat penerangan.

Tingkat Kuat Penerangan (*illumination*/illuminasi) sebahagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada suatu luas bidang atau permukaan, dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata

adalah tingkat kuat penerangan rata-rata yang diukur secara horizontal dan vertikal untuk suatu ruangan atau untuk suatu bidang kerja, biasanya diukur secara horizontal 75 cm di atas lantai. Tingkat kuat penerangan yang diperlukan sangat bergantung pada jenis kegiatan yang kita lakukan. Semakin tinggi derajat kesulitan penglihatan, semakin tinggi pula diperlukan tingkat kuat penerangannya.

2) Distribusi kepadatan cahaya (*luminance distribution*)

Kepadatan cahaya atau luminasi (L) adalah ukuran kepadatan radiasi cahaya yang jatuh pada suatu bidang dan dipancarkan ke arah mata sehingga mendapatkan kesan terang (*brightness*). Semakin tinggi kepadatan cahaya suatu permukaan, semakin jelas pula permukaan itu tampak oleh mata.

3) Pembatasan agar cahaya tidak menyilaukan mata (*limitation of glare*).

Silau terutama disebabkan oleh distribusi cahaya yang tidak merata, misalnya akibat lampu yang salah, bergantung pada kepadatan cahaya, besarnya sumber cahaya yang terdapat di depan sudut penglihatan, posisi muka itu sendiri, dan perbedaan kontras antara permukaan yang relatif gelap dan terang termasuk jendela.

Silau akan mengakibatkan daya penglihatan berkurang dan dapat menyebabkan keletihan, perasaan tidak enak, serta dapat pula menurunkan semangat kerja.

4) Arah pencahayaan dan pembentukan bayangan (*light directionally and shadows*).

Arah pencahayaan mempengaruhi pembentukan bayangan. Arah pencahayaan secara garis besar terbagi atas lima kategori, yaitu (Istiawan & kencana. 2006) :

a) Down light (arah cahaya ke bawah)

Arah pencahayaan ini berasal dari atas dengan tujuan untuk memberikan cahaya pada obyek di bawahnya. Pada umumnya setiap ruangan di rumah tinggal memerlukan pencahayaan down light agar cahaya dapat tersebar merata. Lampu yang digunakan biasanya berasal dari lampu yang dipasang di langit-langit rumah dengan posisi lampu menjorok ke luar, masuk ke dalam, menempel pada tembok, atau berupa lampu gantung.

b) Up light (arah cahaya ke atas)

Posisi sumber cahaya dihadapkan ke atas sehingga arah cahaya berasal dari bawah ke atas. Up light umumnya berperan untuk dekoratif dengan kesan yang megah, dramatis dan memunculkan dimensi. Contoh aplikasi pencahayaan ini misalnya pada kolom rumah yang biasanya memakai lampu halogen. Pencahayaan ini kadang-kadang disebut juga sebagai valance lighting.

c) Back light (arah cahaya dari belakang)

Arah pencahayaan berasal dari belakang obyek. Back light ini bertujuan untuk memberi aksentuasi pada obyek seperti menimbulkan

siluet. Jenis pencahayaan memberikan pinggiran cahaya yang menarik pada obyek dan bentuk obyek jadi lebih terlihat.

d) Side light (arah cahaya dari samping)

Fungsi arah pencahayaan dari samping ini sama dengan pencahayaan jenis back light, yaitu untuk memberikan aksen pada obyek tertentu. Biasanya side light digunakan pada benda-benda seni untuk menonjolkan nilai seninya.

e) Front light (arah Cahaya dari depan)

Front light berarti sumber cahaya berada di depan obyek dan biasanya diaplikasikan pada obyek dua dimensi seperti lukisan atau foto. Itulah sebabnya cahaya front light sebaiknya merata sehingga dapat membuat obyek terlihat apa adanya, kecuali jika ada bagian tertentu yang ingin ditonjolkan.

f. Warna cahaya

Warna dari benda yang kita lihat adalah relatif karena bergantung dari pada pencahayaan. Benda yang bisa dilihat mempunyai warna dengan panjang gelombang masing-masing. Warna benda bisa dilihat karena benda tersebut merefleksikan atau memantulkan panjang gelombang dari warna masing-masing benda ke mata.

Pada umumnya cahaya untuk penerangan hanya terbagi atas tiga macam warna cahaya, yaitu kuning (*warm light*), putih (*day light*) dan putih kebiruan (*cool light*). Selain ketiga warna utama tersebut, sinar juga dapat dimodifikasi menjadi berbagai macam warna tergantung pada warna

bohlam lampunya. Warna yang ditimbulkan bermacam-macam seperti hijau, biru, merah, ungu, oranye, dan sebagainya (Istiawan & Kencana, 2006).

g. Pengoperasian dan Pemeliharaan

Pada pengoperasian instalasi sistem pencahayaan dalam suatu bangunan, maka perencanaan penempatan alat pengendali perlu mendapatkan perhatian sehingga tata cahaya dapat dikendalikan dengan baik (SNI 03-6575-2001). Berikut ini adalah beberapa syarat penempatan alat kendali, yaitu :

- 1) Semua alat pengendali pencahayaan harus ditempatkan pada tempat yang mudah dilihat dan dijangkau.
- 2) Sakelar yang melayani meja atau tempat kerja, bila mudah dijangkau merupakan bagian armatur yang digunakan untuk menerangi meja atau tempat kerja tersebut.
- 3) Sakelar yang mengendalikan sistem pencahayaan pada lebih dari satu lokasi tidak boleh dihitung sebagai tambahan jumlah sakelar pengendali.
- 4) Setiap ruangan yang terbentuk karena pemasangan partisi harus dilengkapi sedikitnya satu sakelar ON/OFF.
- 5) Ruangan dengan luas maksimum 30 m² harus dilengkapi dengan satu sakelar untuk satu macam pekerjaan atau satu kelompok pekerjaan.

6) Setiap sakelar maksimum melayani total bahan daya sebagaimana yang dianjurkan dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) edisi terakhir.

Mekanisme alat pengendali mempunyai fungsi utama untuk (Darmasetiawan & Puspakesuma, 1991):

- 1) Memungkinkan lampu menyala (start) dengan menyediakan tegangan awal yang lebih tinggi untuk menyalakan lampu di atas tegangan operasi normal.
- 2) Menstabilkan lampu supaya tetap menyala walaupun pada setiap siklus arus bolak-balik tegangannya dua kali melalui nol.
- 3) Mengendalikan arus lampu untuk melindungi lampu dari kerusakan terhadap naik turunnya tegangan listrik
- 4) Meredam gangguan gelombang radio (*radio interference*) yang mungkin dihasilkan oleh sistem pencahayaan.

Berikut ini adalah beberapa syarat pengendalian sistem pencahayaan yaitu (SNI 03-6575-2001):

- 1) Semua sistem pencahayaan bangunan harus dapat dikendalikan secara manual atau otomatis kecuali yang terhubung dengan sistem darurat.
- 2) Pencahayaan luar bangunan dengan waktu pengoperasian terus menerus kurang dari 24 jam, sebaiknya dapat dikendalikan secara otomatis dengan timer, photocell atau gabungan keduanya.

- 3) Armatur-armatur yang letaknya paralel terhadap dinding luar pada arah datangnya cahaya alami dan menggunakan sakelar otomatis atau saklar terkendali harus juga dapat dimatikan dan dihidupkan secara manual.
- 4) Daerah dimana pencahayaan alami tersedia dengan cukup sebaiknya dilengkapi dengan sakelar pengendali otomatis yang dapat mengatur penyalaan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan yang dirancang.

Pemeliharaan terhadap sistem pencahayaan dimaksudkan untuk menjaga agar kinerja sistem selalu berada pada batas-batas yang ditetapkan sesuai perancangan dan untuk memperoleh kenyamanan. Jika faktor pemeliharaan ini dilakukan sejak tahap perancangan, maka beban listrik dan biaya awal dapat diminimalkan. Pemeliharaan ini mencakup penggantian lampu-lampu dan komponen listrik dalam armatur yang rusak atau putus atau sudah menurun kemampuannya, pembersihan armatur dan permukaan ruangan secara terjadwal.

4. Pencahayaan Integrasi / Hybrid

Sistem pencahayaan hybrid adalah sistem pencahayaan yang menggabungkan dua atau lebih sumber pencahayaan. Dalam hal ini, digabungkan antara sumber pencahayaan alami dan buatan. Sistem pencahayaan ini merupakan cara ideal untuk mencukupi kebutuhan

pencahayaan ruang dan menghemat penggunaan energi, dengan mengoptimalkan dan mengendalikan pencahayaan buatan.

a. Prinsip Pengendalian Pencahayaan Buatan

Salah satu prinsip pencahayaan yang telah diutarakan sebelumnya adalah prinsip penghematan. Optimalisasi cahaya alami pada ruang di siang hari merupakan cara yang sangat efektif. Sinar alami yaitu sinar matahari sudah sewajarnya adalah sinar yang dipakai untuk menerangi suatu ruangan, apalagi dalam menghadirkannya tidak diperlukan biaya sama sekali. Penataan dan penggunaan energi listrik yang cermat dapat menghasilkan cahaya optimal tanpa mengkesampingkan penghematan. Cermat berarti mengurangi biaya, tetapi tanpa mengurangi kebutuhan pencahayaan (Istiawan & Kencana, 2006).

Sistem penerangan (*lighting system*) dewasa ini banyak menyerap penggunaan energi pada bangunan sekitar 30% sampai 50% dari konsumsi energi listrik, sehingga diperlukan efisiensi mengingat sistem ini merupakan pengguna energi yang besar. Efisiensi penggunaan energi listrik pada sistem penerangan buatan dapat dilakukan dengan beberapa cara (Lyberg, 1987):

- 1) Mengurangi penggunaan dari lampu-lampu yang tidak diperlukan.

Mengurangi penggunaan dari lampu bisa dilakukan dengan strategi-strategi seperti : menggunakan terang langit sebagai penerangan yang tidak diperlukan, menggunakan *Building Automation System* (BAS),

menggunakan kontrol cahaya yang dapat dilakukan secara manual dengan mempekerjakan manusia, dengan pengaturan saklar lampu-lampu yang ada serta sensor.

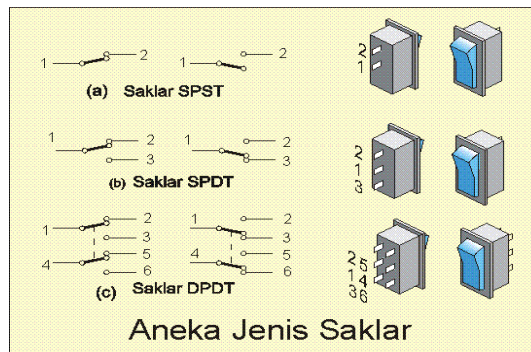
2) Mengurangi beban lampu.

Beban lampu bisa dikurangi dengan cara melakukan pemeliharaan (*maintenance*) yang baik yang bisa mereduksi penggunaan energi yaitu dengan melakukan penggantian lampu secara berkala, dengan penggantian lampu biasa dengan lampu hemat energi yang tetap memperhatikan *colour rendering* sehingga tidak mengubah kualitas pencahayaan yang diterima serta dengan perbaikan interior desain dengan warna-warna yang tergolong warna-warna ringan, karena interior yang menggunakan warna ringan lebih efisien penggunaan lampunya dibandingkan ruangan kecil dengan interior berwarna gelap.

b. Alat Kontrol

Beberapa alat kontrol yang biasanya dipakai dalam sistem pencahayaan buatan, antara lain (Karlen&Benya, 2007):

- 1) Saklar, adalah alat untuk menyalakan dan mematikan lampu. Kebanyakan dari saklar adalah alat mekanik yang membuka dan menutup sambungan elektrik dalam sirkuit yang langsung mengakomodasikan listrik ke lampu.



Gambar 32. Aneka jenis saklar.

Sumber: <http://www.gemar-elektronika.com>

- 2) Dimmer, adalah alat kontrol yang dapat memberikan tingkat cahaya lampu dan daya lampu yang bervariasi. Dimmer hampir selalu menggabungkan peredup elektronik dengan sebuah saklar, sehingga gabungan keduanya disebut saklar-dimmer. Berikut adalah jenis dimmer yang umum, antara lain (Karlen&Benya, 2007):
- a) Dimmer standar untuk lampu pijar.
 - b) Dimmer untuk lampu pijar bertegangan rendah.
 - c) Dimmer untuk lampu fluorescent.
 - d) Dimmer untuk lampu neon dan lampu katoda dingin
 - e) Dimmer yang berintegrasi dengan lampu LED, bahkan menyatu pada lampu (*Dimmable LED*).



Gambar 33. (a) Auto-dimmer, (b) *Dimmable LED*.
Sumber : [berbagai](#) sumber

3) Sensor Cahaya

Pengertian sensor cahaya menurut <http://www.wikipedia.org> adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Prinsip kerja dari alat ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron.

Adapun jenis-jenis dari sensor cahaya, yaitu (<http://www.m-edukasi.net>):

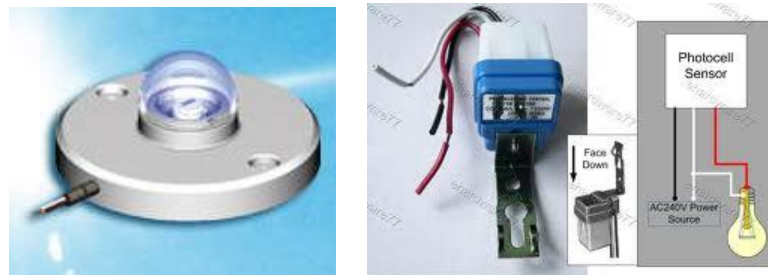
a) Fotovoltaic (*Solar Cell/Fotocell*)

Berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi arus listrik DC. Tegangan yang dihasilkan sebanding dengan intensitas cahaya yang mengenai permukaan solar cell. Semakin kuat sinar matahari, maka tegangan dan arus listrik DC yang dihasilkan semakin besar.

b) Fotoconductiv

Berfungsi untuk mengubah intensitas cahaya menjadi perubahan konduktivitas. Sensor jenis ini terbagi atas 3 tipe yaitu LDR (*Light Dependent Resistor*), Fotodiode, dan Fototransistor. LDR merupakan sensor cahaya yang biasa juga kita sebut dengan sensor *fotoelektrik*. LDR

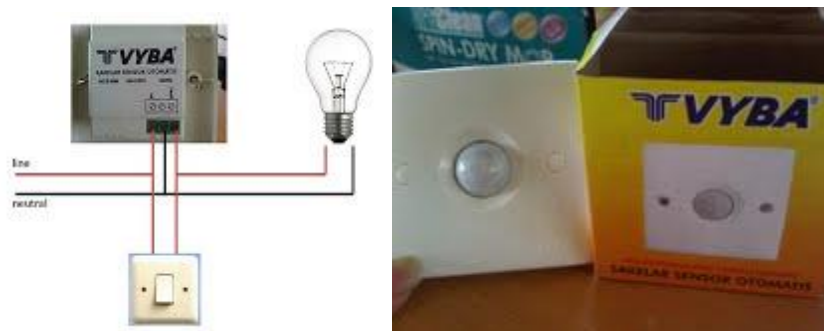
berfungsi untuk mengubah intensitas cahaya menjadi hambatan listrik. Semakin banyak cahaya yang mengenai permukaan LDR hambatan listrik akan semakin besar.



Gambar 34. Sensor Cahaya
Sumber : [berbagai](#) sumber

4) Sensor Gerak

Sensor gerak adalah saklar otomatis yang menyalakan lampu ketika mendeteksi gerakan dan akan terus membuat lampu menyala hingga beberapa waktu setelah gerakan terakhir.



Gambar 35. Sensor Gerak
Sumber : <http://www.alat-otomatis.blogspot.com>

5) Time Clock

Time clock waktu adalah jam elektromekanis yang membuka dan menutup sirkuit pada waktu tertentu setiap harinya. Dengan kata lain, penyalan ataupun pemadaman lampu dijadwal secara otomatis.

6) Timer

Timer (pengatur waktu) adalah saklar yang memadamkan cahaya lampu secara otomatis setelah periode waktu tertentu.

7) Saklar Foto

Untuk kontrol pencahayaan lampu dari pagi hingga sore hari, dimungkinkan untuk menggunakan saklar jenis ini. Saklar foto (*photoswitches*) paling sering digunakan pada lampu jalan dan lampu di area parkir, tetapi dapat pula diaplikasikan pada ruang interior, terutama pada ruang yang banyak memanfaatkan cahaya siang seperti mall dan lobi.

c. Sistem Kontrol

Pada bangunan yang besar, sebaiknya digunakan alat-alat pengontrol pencahayaan buatan, agar pencahayaan buatan dapat bekerja sebagai sebuah sistem (Karlen&Benya, 2007). Beberapa sistem kontrol yang dapat diterapkan antara lain :

1) Sistem Relay

Sistem kontrol bertegangan rendah dapat digunakan untuk mengontrol pencahayaan lampu melalui relay. Relay adalah perlengkapan yang mengontrol daya pencahayaan dengan pembukaan atau penutup

yang bekerja secara mekanik sesuai dengan sinyal yang dikirim dari saklar bertegangan rendah, jam waktu, atau sistem manajemen energi berbasis komputer. Sistem relay biasa digunakan pada bangunan institusi dan komersial yang besar seperti gedung kantor tingkat tinggi, pusat pertemuan, dan bandar udara.

Pada sistem kontrol relay, tiap kelompok pada cahaya lampu yang disaklarkan bersama harus dihubungkan pada relay yang sama. Banyak relay ditempatkan bersama pada satu panel, biasanya disamping panel sirkuit pemutus. Sistem relay sangat baik untuk fasilitas besar dengan ruangan yang luas yang tidak memerlukan peredupan, seperti sekolah, laboratorium, pabrik dan pusat pertemuan.

2) Sistem manajemen energi

Sistem manajemen energi menggunakan komputer untuk mengontrol banyak panel relay. Perbedaan mendasar antara sistem relay dengan sistem manajemen energi adalah bahwa pada sistem manajemen energi tidak hanya mengatur energi pencahayaan lampu tetapi seluruh energi yang digunakan dalam bangunan.

3) Sistem peredupan preset

Sistem peredupan preset memiliki beberapa dimmer, biasanya diletakkan dalam lemari yang didesain untuk bekerja bersama menciptakan pencahayaan tertentu. Sistem yang rumit ini digunakan pada ruang fungsional hotel. Bandar udara, pusat pertemuan, kasino dan fasilitas lain dimana sejumlah kamar atau ruang dikontrol dari pusat alat

kontrol preset berbasis komputer. Sistem ini sangat berguna dan meliputi fitur-fitur berikut ini :

- a) Pengaturan dimmer dari tiap saluran pencahayaan untuk setiap nuansa pencahayaan
- b) Kelompok dari nuansa pencahayaan yang unik untuk tiap ruangan
- c) Kemampuan untuk memilih dan mengganti pengaturan pencahayaan secara manual
- d) Saklar sekat, yang memungkinkan sistem kontrol pencahayaan untuk bekerja secara tergabung pada ruang dengan sekat yang dapat diubah-ubah, seperti pada ballroom hotel.
- e) Operasi otomatis yang dapat terprogram secara menyeluruh berdasarkan pada waktu hari, waktu astronomi, gerakan, cahaya siang, atau bila perlu dapat pula diprogram secara manual

4) Sistem kontrol cahaya matahari

Sistem kontrol cahaya matahari otomatis mengandalkan sensor *fotoelektrik* yang membangkitkan sinyal untuk meredupkan pencahayaan ruang ketika cahaya matahari cukup terang masuk ke dalam ruangan melalui jendela atau skylight. Sensor modern didesain untuk menghubungkan secara langsung ke ballast peredup, memungkinkan peredupan otomatis pada hampir semua bangunan kantor, sekolah,

fasilitas perawatan kesehatan, atau bangunan lain dengan ruang berukuran kecil dan sedang yang dekat dengan jendela.

C. Simulasi Pencahayaan

1. Metode Simulasi Pencahayaan

Dalam dunia permodelan bangunan dan analisa pencahayaan dengan simulasi komputer dapat dilakukan dengan dua cara yaitu teknik iluminasi lokal maupun teknik iluminasi global.

a. Teknik Iluminasi Lokal

Teknik iluminasi lokal atau teknik iluminasi cahaya langsung merupakan teknik yang ditemukan pertama kali untuk menciptakan simulasi pencahayaan dengan sistem komputerisasi. Teknik ini dapat mensimulasikan intensitas, sifat spektral (warna), serta distribusi cahaya yang dipantulkan dari sebuah permukaan dengan cepat dan efisien. Namun teknik kerja iluminasi lokal hanya didasarkan atas perkiraan, dimana hasil simulasi ditampilkan hanya untuk menyampaikan satu rancangan atau ide permodelan pencahayaan. Teknik ini lebih mementingkan hasil akhir simulasi dalam menampilkan objek yang dikehendaki dibandingkan dengan ketepatan simulasi dalam menampilkan perilaku cahaya.

b. Teknik Iluminasi Global

Pada teknik iluminasi global, pengaruh pantulan cahaya dan objek turut diperhitungkan. Hal ini sesuai dengan kenyataan di lapangan, karena

cahaya yang menerangi suatu objek dapat berasal dari berbagai sumber, baik yang berasal langsung dari matahari, lampu maupun dari cahaya yang dipantulkan oleh permukaan benda-benda di sekitar objek. Hasil simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi. Terdapat dua jenis simulasi pada teknik iluminasi global yakni metode *ray tracing* dan *radiosity* (IEA, 2011)

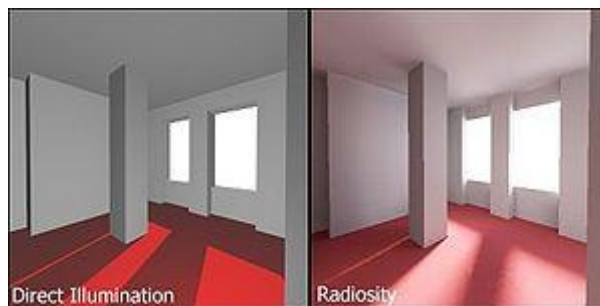
1) Metode Ray Tracing

Metode Ray Tracing merupakan metode simulasi yang terbaik dalam mensimulasikan kondisi cahaya pada objek dan sekitarnya. Cara kerjanya sama dengan mata manusia, yakni dengan menangkap jutaan photon cahaya dan interaksi cahaya yang berpendar pada objek yang berada di sekitar area yang akan disimulasi, serta menampilkannya secara tiga dimensi pada layar komputer. Cahaya yang ditangkap terdiri atas 4 jenis, yaitu cahaya yang berasal dari sinar mata (*eye rays*), sinar bayang-bayang (*shadow rays*), sinar pantulan (*reflection rays*) dan sinar pancaran (*transmission rays*).

Metode *ray tracing* unggul dalam simulasi titik sumber cahaya, refleksi dari bidang yang mengkilap dan efek pembiasan. Namun, metode *ray tracing* adalah sebuah proses tergantung pandangan (*view dependent*), karena setiap kali posisi tampilan berubah, sebagian besar proses komputerisasi harus diulang (Ming dalam Belinda, 2011)

2) Metode Radiosity

Metode radiosity bekerja berdasarkan metode finite element. Pada proses simulasi dengan menggunakan metode ini, seluruh permukaan ruang dibagi menjadi elemen-elemen kecil (*mesh patch*) yang saling berkaitan dan setiap elemen berfungsi sebagai titik pantulan cahaya. Kuantitas cahaya yang dipantulkan oleh permukaan ruang akan ditentukan dan disimpan sebagai data pada tiap-tiap elemen. Hasil simulasi dapat ditampilkan dan dianalisa secara bergerak atau animasi (view independent), hanya dengan sekali rendering untuk setiap sudut tampilan.



Gambar 36. Metode Radiosity
Sumber: berbagai sumber

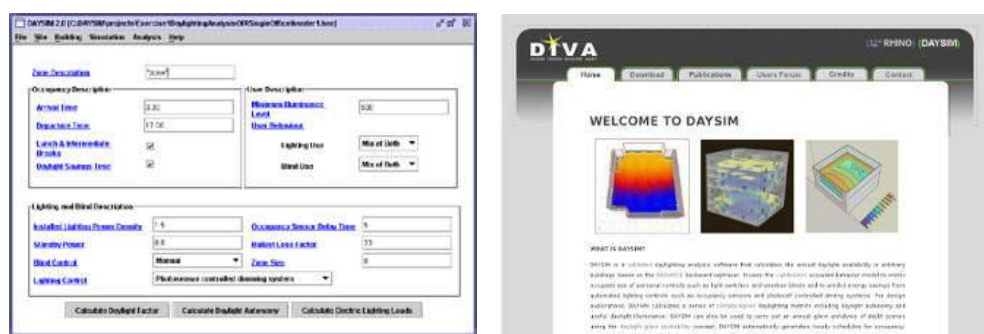
Waktu yang diperlukan dalam metode radiosity untuk mensimulasikan pencahayaan suatu daerah lebih singkat jika dibandingkan metode ray tracing. Namun dalam proses simulasi, metode *radiosity* hanya dapat menganalisis perilaku cahaya pada permukaan menyebar dan tidak dapat mensimulasikan pantulan cahaya pada permukaan mengkilap seperti pada metode *ray tracing*.

2. Program Simulasi Pencahayaan

a. Daysim

Daysim telah dikembangkan di Harvard University, National Research Council Kanada dan Institut Fraunhofer untuk Sistem Energi Matahari. Pengembangan keseluruhan Daysim telah dikoordinasikan oleh Christopher Reinhart sejak tahun 1998.

Daysim adalah program pertama yang menyediakan prediksi akurat penggunaan energi pencahayaan di kantor dengan mempertimbangkan kontrol penghuni pencahayaan dan tirai. Model pengguna yang mendasari perilaku didasarkan pada studi lapangan. Alat ini digunakan untuk memperkirakan potensi penghematan energi dari sistem pencahayaan yang diterapkan. Prediksi Pencahayaan tahunan sangat akurat karena mereka didasarkan pada simulasi RADIANCE, memerlukan data masukan yang sama dalam mengatur parameter simulasi.



Gambar 37. Tampilan Software Daysim

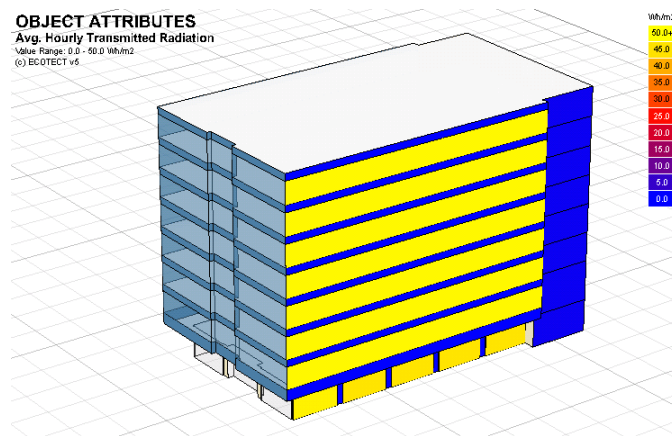
b. Desktop Radiance

Radiance pertama kali dikembangkan pada pertengahan 1980an oleh LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory), California USA dengan versi Unix. Software ini dapat digunakan untuk menganalisis cahaya siang hari maupun cahaya buatan (elektrik). Untuk analisis pencahayaan siang hari, Radiance dilengkapi dengan program Genski yang memudahkan pengguna software menentukan waktu dan kondisi langit pada saat simulasi dilaksanakan. Pada analisis pencahayaan siang hari menggunakan Desktop Radiance, program ini menyediakan fasilitas penentuan kedudukan geografis dan berbagai kondisi langit. Metode analisis cahaya secara radiosity maupun ray tracing dapat bekerja dengan baik. Hasil simulasi memiliki tingkat keterpaan tinggi, namun simulasi tidak dapat dilakukan dengan animasi.

c. Autodesk Ecotect

Software Ecotect bermula dari tesis doctoral Dr. Andrew Marsh pada *School of Architecture and Fine Arts, University of Western Australia*. Setelah tesisnya, Software Ecotect banyak mengalami perubahan, versi 2.5 merupakan versi komersial pertama yang dirilis tahun 1996, diikuti versi 3.0 tahun 1998, versi 4.0 tahun 2000, versi 5 tahun 2002, versi 5.5 tahun 2006 dan versi 5.6 tahun 2008. Selanjutnya Ecotect dibeli oleh Autodesk dengan menelorkan Autodesk Ecotect 2009 bulan Januari 2009, dan Autodesk Ecotect Analysis 2010 bulan Maret 2009. Saat ini sudah ada keluaran versi 2011.

Dengan Ecotect, perhitungan fisika bangunan yang cukup rumit akan secara otomatis dilakukan oleh komputer. Ecotect berhasil memadukan cara kerja arsitek yang lebih intuitif melalui fasilitas 3D nya dengan kemasannya perhitungan fisika bangunan yang mampu ditampilkan secara grafis sehingga mudah dipahami. Konten analisis yang lebih ilmiah melalui berbagai simulasi fisika bangunan mulai dari *shading*, *lighting*, *solar radiation*, *thermal*, *green material* maupun *green energy* (Ismail Zain, 2011).



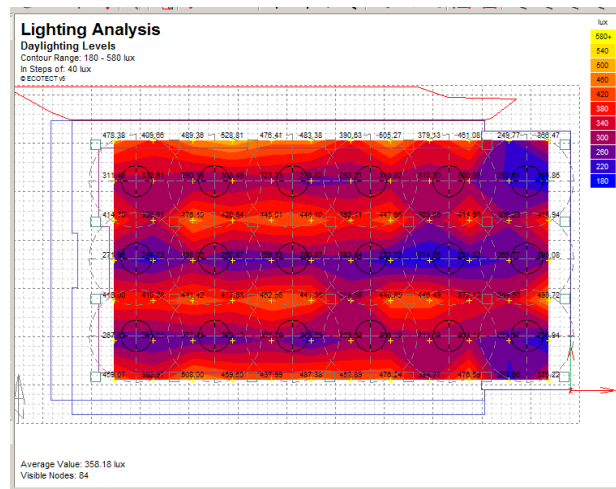
Gambar 38. Contoh simulasi Ecotect

Berbagai simulasi tersebut memerlukan sejumlah input seperti letak geografis, data iklim, karakteristik material seperti *properti termal*, tingkat CO₂ serta *Embodied Energy* (energi yang dihabiskan dalam memproduksi suatu material), dan yang terakhir adalah input persyaratan ruangan (jumlah penghuni, jenis kegiatan, waktu pemakaian, jenis pakaian yang dipakai penghuni, level cahaya yang diinginkan, kelembaban dan kecepatan angin, tingkat infiltrasi udara, sistem AC – apakah *Full Air*

Conditioning, Natural Ventilation atau Mix-Mode, setting comfort band dan juga tingkat efisiensi AC) . Data iklim yang diperlukan meliputi suhu udara, kelembaban relatif, radiasi matahari langsung maupun tak langsung, kecepatan angin dan periode penyinaran. Data ini bisa diperoleh dari data BMG setempat, namun untuk tingkat radiasi memerlukan diagram khusus untuk mengukur tingkat radiasi yang diterima permukaan Bumi pada koordinat tertentu.

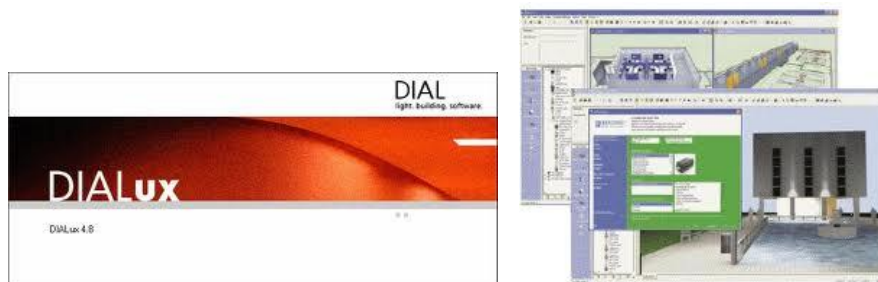
Selain melalui penggunaan lampu hemat energi, pemanfaatan cahaya alami diharapkan dapat menurunkan beban pencahayaan buatan. Dalam GreenShip pemanfaatan cahaya alami harus diaplikasikan untuk sekurang-kurangnya 30% dari luas lantai keseluruhan dengan intensitas cahaya alami minimal sebesar 300 lux. Penggunaan *lux sensor* untuk mengoptimalkan integrasi antara pencahayaan buatan dengan pencahayaan alami juga akan menambah poin.

Tingkat *efikasi* lampu (lumens per watt) atau tingkat efisiensi energinya dapat dicek melalui *properti lampu* dalam Ecotect. Ecotect juga akan dengan mudah mensimulasikan tingkat intensitas cahaya di seluruh ruangan melalui tampilan visual yang menarik. Pengukuran efisiensi lux sensor juga dapat dihitung dalam Ecotect.



Gambar 39. Contoh Analisis Pencahayaan Alami

d. DIALux



Gambar 40. Tampilan software DIALux

DIALux merupakan program pencahayaan buatan Jerman. Kelebihan dari software ini adalah tidak hanya mengandalkan dari sisi engineer-nya saja, namun juga dari sisi visualisasi. Dengan menggunakan DIALux, dapat disimulasi ruang dengan menggunakan lampu yang tersedia pada industri lampu dunia. Oleh karena itu hasil kalkulasi dan rendering akan menyerupai dengan keadaan yang sebenarnya. Pada software ini, kita juga dapat memilih spesifikasi lampu yang kita inginkan, baik dari segi distribusi cahayanya, klasifikasi lampu atau melihat diagram

polar dari lampu tersebut, sehingga kita dapat memutuskan, jenis lampu seperti apa yang kita butuhkan, jenis lampu seperti apa yang kita butuhkan pada project yang ingin digarap.

D. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Berikut ini beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kondisi pencahayaan, khususnya mengenai optimalisasi energi :

1. Pengendalian Cahaya Alami Sebagai Upaya Penghematan Energi pada Bangunan Perkantoran, Studi Kasus Gedung Setwilda Kabupaten Dati II Kudus oleh Ronny Adityananda Baskara Wardhana (1999)
 - a. Tujuan
 - 1) Untuk mengetahui seberapa besar output mampu menghasilkan sistem pencahayaan alami yang sesuai standar persyaratan minimum
 - 2) Untuk mengkaji apakah ada pengaruh efisiensi energi yang dihasilkan oleh perencanaan desain
 - 3) Untuk mencari pemecahan-pemecahan yang mungkin dilakukan dengan pendekatan disain dan teknologi sistem penerangan sebagai upaya meningkatkan kenyamanan pencahayaan alami dan penghematan energi.

b. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruang kantor gedung Setwilda Kudus. Penelitian dilakukan dengan mengambil pengukuran pencahayaan tiap jam mulai dari pukul 08.00-14.00, pengukuran dilakukan selain dalam ruang juga dilakukan pengukuran di luar ruang berupa data kecerahan matahari.

c. Analisa Pengolahan Data

Analisis untuk mencari tingkat intensitas cahaya pada obyek penelitian, terdapat tiga bagian observasi:

- 1) Posisi titik ukur, dibagi berdasarkan lebar ruangan
- 2) Intensitas cahaya pada tiap titik-titik ukur dalam ruang
- 3) Intensitas cahaya matahari langsung

Hasil pengukurannya kemudian ditabulasi dan diberi nilai.

d. Hasil Penelitian

Dari hasil pengukuran terhadap intensitas ruang dan kuesioner pengguna bangunan, maka didapat kesimpulan bahwa:

Indikasi ketidaknyamanan visual pada ruang disebabkan karena pencahayaan yang kurang, ketidaknyamanan visual tersebut disebabkan oleh karena :

- 1) Dimensi lebar ruang yang terlalu lebar mencapai 12 meter sehingga secara teoritis pencahayaan alami hanya akan mencapai jarak 3 meter dari lubang sumber cahaya,

- 2) Letak ruangan di lantai 2 menyebabkan tidak adanya bidang reflektor terhadap cahaya alami di luar bidang ruang, *daylight factor* yang terjadi dalam ruangan hanya berasal dari *sky component*,
- 3) Posisi jendela terhadap pematah matahari terlalu pendek, sehingga menyebabkan lubang cahaya efektif menjadi sangat kecil,
- 4) Tata letak furniture yang sangat padat dan penataan posisi yang kurang tepat menghalangi bidang kerja dari cahaya matahari siang hari.

e. Kesimpulan

Desain inovatif dengan menggunakan bidang skylight, pembatasan bidang ruang, konsep ruang open plan, bidang bukaan di sepanjang sisi bangunan dan pemilihan warna ruang dominan putih ternyata mampu meningkatkan intensitas pencahayaan alami dalam ruang.

2. Optimalisasi Sistem Tata Cahaya Buatan, Studi Kasus Ruang Rawat Inap RS.Spesialis Husada Utama Surabaya oleh Tanto Gunawan (2008).

a. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimalisasi sistem tata cahaya buatan ruang rawat inap di rumah sakit spesialis Husada Utama.

b. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruang rawat inap bangunan rumah sakit spesialis Husada Utama Surabaya. Pengukuran dilakukan pada waktu siang hari, dan penelitian dilakukan dari bulan Februari 2008 sampai dengan Oktober 2008.

c. Analisa Pengolahan Data

Adapun tahapan analisis data yang dilakukan meliputi beberapa tahap, antara lain:

- 1) Pengukuran tingkat pencahayaan alami (simulasi dengan DIAL indonesia, pengukuran dengan luxmeter)
- 2) Menginventarisasi data dan melakukan pengukuran terhadap tingkat pencahayaan buatan (simulasi DIAL indonesia, pengukuran dengan luxmeter, dan mengamati perilaku pasien dalam menyalakan dan mematikan lampu),
- 3) Mengevaluasi agar tercapai optimalisasi sistem tata cahaya buatan.
- 4) Penjadwalan sistem on/off
- 5) Penggantian lampu
- 6) Perbaikan formasi lampu
- 7) Rancangan tata letak lampu tambahan

d. Hasil Penelitian

- 1) Dari hasil pengukuran dengan menggunakan simulasi maupun luxmeter, diketahui bahwa ruang rawat inap VVIP memiliki nilai

mean *daylight factor* yang terbesar yaitu 15,9% atau 1590 lux dan dapat disimpulkan bahwa tingkat pencahayaan alami pada seluruh ruang rawat inap Rumah sakit Husada Utama Surabaya adalah bagus dan melebihi tingkat pencahayaan alami yang direkomendasikan untuk ruang rawat inap yaitu 250 lux.

- 2) Dari hasil pengukuran langsung dengan menggunakan simulasi maupun luxmeter pada beberapa ruang rawat inap, dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata tingkat pencahayaan buatan pada ruang rawat inap rumah sakit Husada Utama adalah sangat rendah yaitu 20-60 lux (<100 lux), dan tidak memenuhi standar kuat penerangan ruang rawat inap yaitu 250 lux.

e. Kesimpulan

Secara umum dapat disimpulkan bahwa tingkat pencahayaan buatan keseluruhan ruang rawat inap di rumah sakit spesialis Husada Utama Surabaya adalah kurang bagus. Evaluasi agar tercapai optimalisasi sistem tata caha buatan, melalui :

- 1) Penjadwalan sistem on/off lampu akan diperoleh penghematan per bulan sebesar Rp.1.000.000,- apabila ada timer atau kontrol otomatis yg mengaturnya.
- 2) Dengan penggantian lampu dengan type sejenis dan lumen yang lebih tinggi, yaitu Compact Fluorescent Integrated merk

Philips 18 Watt lumen 1200,tingkat cahaya buatan telah memenuhi standar yang direkomendasikan (250 lux).

- 3) Membuat rancangan mengenai tata letak lampu dengan menambahkan titik lampu pada area sekitar kepala pasien untuk membaca dengan tingkat pencahayaan sebesar 300lux, dan di atas tempat tidur untuk dokter memeriksa pasien sebesar 500lux.

3) Analisis Pencahayaan pada Ruang Ibadah Masjid Agung Al-Kautsar Kendari oleh Siti Belinda A (2011)

a. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat pencahayaan pada kondisi eksisting Masjid Agung Al-Kautsar Kendari, serta menguji beberapa elemen pengendali cahaya terhadap kualitas pencahayaan masjid.

b. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruang ibadah masjid Agung Al-Kautsar Kendari Sulawesi Tenggara. Waktu pengukuran pencahayaan siang hari ditentukan berdasarkan waktu efektif pengunjung masjid, yakni pukul 09.00 hingga pukul 17.00. Pengukuran dilakukan tiap jam untuk mengetahui ketersediaan cahaya sepanjang hari. Sedangkan untuk pengukuran pencahayaan buatan dilakukan satu kali saja pada malam hari, karena kondisi pencahayaan buatan pada malam hari bersifat konstan dan tidak dipengaruhi oleh kondisi luar bangunan.

c. Analisa Pengolahan Data

Penelitian dimulai dengan mengadakan pengamatan langsung di lapangan, melakukan pengukuran fisik objek secara teliti dan sistematis. Selain itu, dilakukan pengukuran data intensitas cahaya dengan menggunakan luksmeter. Selanjutnya, penentuan intensitas cahaya dilakukan dengan eksperimen (simulasi) terhadap beberapa variabel pengendali cahaya pada objek penelitian dengan bantuan program komputer. Hasil data pengukuran kemudian didistribusikan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik kemudian dievaluasi.

d. Hasil Penelitian

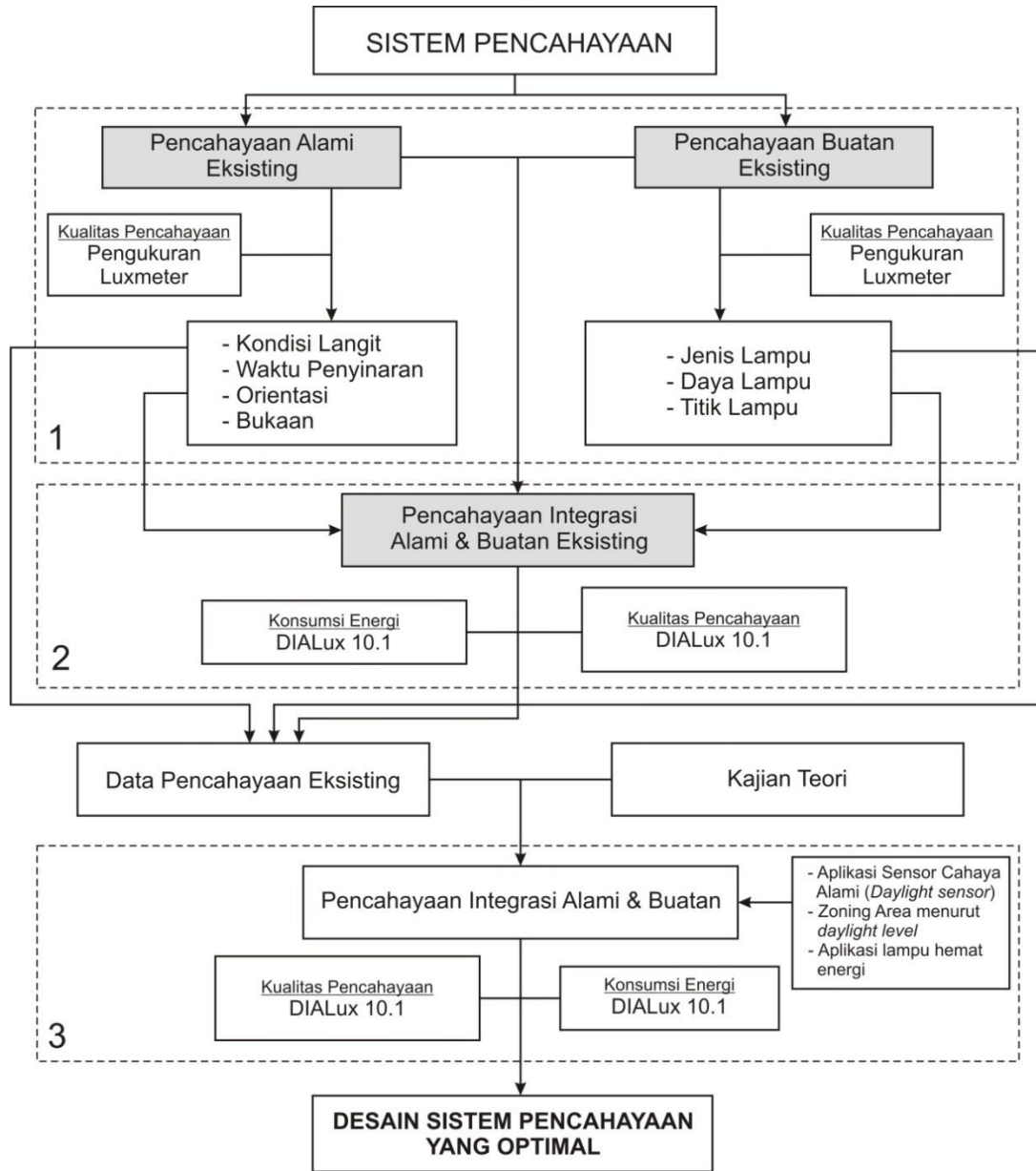
Kualitas pencahayaan alami baik pengukuran luksmeter dan simulasi:

- 1) Iluminasi rata lantai 2 lebih baik, berada di atas 200 lux, lantai 1 di bawah 200 lux
- 2) Faktor pencahayaan alami umumnya bernilai kurang dari 1%
- 3) Rasio keseragaman iluminasi umumnya berada di atas nilai 1:40
- 4) Karakteristik pencahayaan iluminasi meningkat saat cerah dan tengah hari dan menurun saat mendung dan sore hari
- 5) Pola penyebaran cahaya : bagian tepi (bukaan) cukup terang dan berangsur gelap pada tengah bangunan

e. Kesimpulan

Simulasi varian pencahayaan alami terbaik diperoleh pada varian kaca bening dan terburuk pada varian peneduh 70 cm penuh.

E. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 41. Kerangka Pikir Penelitian

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental dapat didefinisikan sebagai metode yang dijalankan dengan menggunakan suatu perlakuan (*treatment*) tertentu. Dimulai dengan mengadakan pengamatan langsung di lapangan, melakukan pengukuran fisik objek secara teliti dan sistematis, dan mengukur langsung intensitas pencahayaan objek/eksisting pencahayaan, baik alami maupun buaatannya dengan menggunakan *luxmeter*. Kemudian selanjutnya penentuan intensitas cahaya dilakukan dengan eksperimen (simulasi) pada objek penelitian dengan bantuan program komputer. Melalui simulasi, peneliti dapat mengaudit energi untuk pencahayaan buatan dengan beberapa variabel kontrol. Sehingga dapat ditemukan suatu pola dan keterkaitan terhadap efektifitas penggunaan *artificial light* pada obyek terpilih.

Dalam penelitian ini, data yang dipakai adalah kuantitatif. Data yang diperoleh dari observasi dan pengukuran akan dibandingkan dengan ketentuan standar nasional yang mengatur mengenai pencahayaan bangunan (SNI).

Penelitian dilakukan dengan studi simulasi eksperimental, melakukan observasi dan pengukuran ruang, bukaan, *overhang*, dan pendalaman studi kasus melalui gambar kerja, serta memasukkan data iklim setempat ke dalam program simulasi. Input permodelan beserta penyederhanaannya harus disesuaikan terhadap kemampuan program *software*.

B. Variabel Penelitian

Menurut Widi (2010), variabel adalah konsep yang mempunyai nilai dan dapat diukur. Variabel dapat digolongkan menjadi tiga jenis, antara lain:

1. Variabel Bebas (*independent*)

Variabel bebas adalah suatu variabel yang variasinya mempengaruhi variabel yang lain atau variabel yang pengaruhnya terhadap variabel lain ingin diketahui. Dalam pencahayaan alami, yang termasuk variabel bebas adalah:

- a. Geometri Ruang yaitu luas ruangan dan ketinggian plafon.
- b. Material Ruang yaitu bahan, warna, tekstur dari dinding, plafon dan lantai.
- c. Elevasi Lantai.
- d. Ukuran Bukaan, Material Kusen dan Bahan Penutup Jendela.
- e. Kondisi Langit.

- f. Waktu Penyinaran.
- g. Arah Orientasi Bangunan ataupun Ruang.

Sedangkan dalam pencahayaan buatan, variabel bebasnya terdiri dari:

- a. Geometri Ruang
- b. Material Ruang
- c. Penempatan Titik Lampu
- d. Jenis Armaturnya (Rumah Lampu)
- e. Jenis dan Daya Lampu

2. Variabel terikat (*dependent*)

Variabel terikat adalah variabel penelitian yang diukur untuk mengetahui besarnya efek atau pengaruh variabel lain. Pada pencahayaan alami, variabel terikatnya terdiri atas iluminasi (tingkat kecerahan) dengan satuan Lux.

Sedangkan pada pencahayaan buatan, yaitu iluminasi dengan satuan *lux* dan daya listrik dengan satuan *kWh* (*kilo watt per hour*).

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang berfungsi sebagai kendali variabel bebas dan terikat. Variabel kontrol dari penelitian ini adalah:

- a. Nilai standarisasi tingkat pencahayaan pada bangunan perkantoran (SNI 03-6197-2000) yang telah dibahas pada Bab II, Tabel 4 dan Tabel 6.

- b. Ketentuan mengenai Daya Listrik Maksimum untuk pencahayaan (SNI-03-6575-2001), dapat dilihat pada Bab II Tabel 8.

C. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kantor Menara Balaikota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Bangunan tersebut, terletak di jalan Ahmad Yani No.2 Makassar, tepatnya di halaman tengah gedung kantor Balaikota yang lama. Lokasi sekitar objek penelitian, merupakan daerah perkantoran, beberapa bank dan instansi berada di sekitarnya. Menara ini mulai dibangun sejak tahun 2004, kemudian mulai rampung dan terpakai pada tahun 2011. Bangunan tersebut merupakan salah satu *high-rise building* di Kota Makassar yang didesain dengan arsitektur Minimalis Tropis.



Gambar 42. Foto Udara Menara Balaikota Makassar.
Sumber: Google Earth, akses: 30 Maret 2013



Gambar 43. Renovasi Menara Balaikota Makassar, Desember 2012. Sumber: Peneliti.

Menara ini memiliki 12 lantai, dengan luas lantai keseluruhan \pm 7.062 m² dan tinggi bangunan \pm 177,93 ft. Pada akhir tahun 2012, menara ini mengalami renovasi pada bagian eksteriornya, yaitu pemasangan *Alluminium Composite Panel* (alcoupan) dan kaca eksterior anti air pada dinding keliling bangunan. Sehingga tampilan menara Balaikota menjadi lebih dinamis dan elegan.

Pengukuran dilakukan pada ruang yang terdapat pada lantai 5 (mewakili denah lantai tipikal 3-8), yang diperuntukkan untuk ruang kerja

pegawai kantor pemda Kotamadya Makassar bagian BKKBN. Pemilihan objek penelitian dilakukan dengan metode *Purposive Sampling*.



Gambar 44. Menara Balaikota Makassar. Sumber: Pemkot-Bagian Umum Setko Makassar, 2013

D. Instrumen Pengumpulan Data

1. Jenis Data

Data yang akan diteliti bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan serta pengukuran dengan simulasi komputer. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen-

dokumen dan referensi yang dianggap relevan dengan masalah yang diteliti. Dalam penelitian ini, jenis data yang dibutuhkan disesuaikan dengan variabel pencahayaan yang digunakan.

2. Alat Pengumpul data

Berikut adalah alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian:

- a. Luxmeter digital, untuk mengukur nilai iluminasi atau jumlah cahaya yang jatuh pada suatu objek.



Gambar 45. Luxmeter Digital
Sumber: <http://www//indonetwork.com>

- b. Meteran, untuk mengukur dimensi ruang, jarak, dan ukuran jendela
- c. Alat tulis, untuk mencatat data hasil pengukuran
- d. Kamera digital, untuk mendokumentasikan objek penelitian
- e. Laptop, untuk mengolah data dan simulasi pencahayaan.

Adapun software yang akan dipakai dalam simulasi adalah:

- a. Program komputer untuk membuat objek 3D atau objek simulasi yaitu dengan AutoCAD dan Google Sketchup 8.



Gambar 46. Tampilan Program Google Sketchup dan AutoCad 2010.

- b. Program komputer untuk menganalisis pencahayaan yaitu DIALux 10.1.



Gambar 47. Tampilan Program Analisis Pencahayaan.

- c. Program komputer untuk menganalisis konsumsi energi juga menggunakan DIALux 10.1

3. Teknik Pengumpulan Data

Tahapan pelaksanaan pengumpulan data, khususnya data primer, dilaksanakan dalam beberapa tahap, yakni:

a. Tahap I, Pengamatan Awal.

Pengamatan awal terhadap objek penelitian melalui pengamatan langsung terhadap kuantitas pencahayaan ruang secara kualitatif. Penilaian dilakukan tanpa menggunakan peralatan tertentu tapi melalui

penilaian subyektif secara visual. Data yang dikumpulkan adalah data-data mengenai jenis material pada elemen bangunan, seperti dinding, lantai, plafond, jendela, dan warna serta tekstur dari material tersebut. Data tentang elemen dan material ini digunakan sebagai pilihan material yang akan disimulasikan agar simulasi semakin mendekati kondisi sesungguhnya.

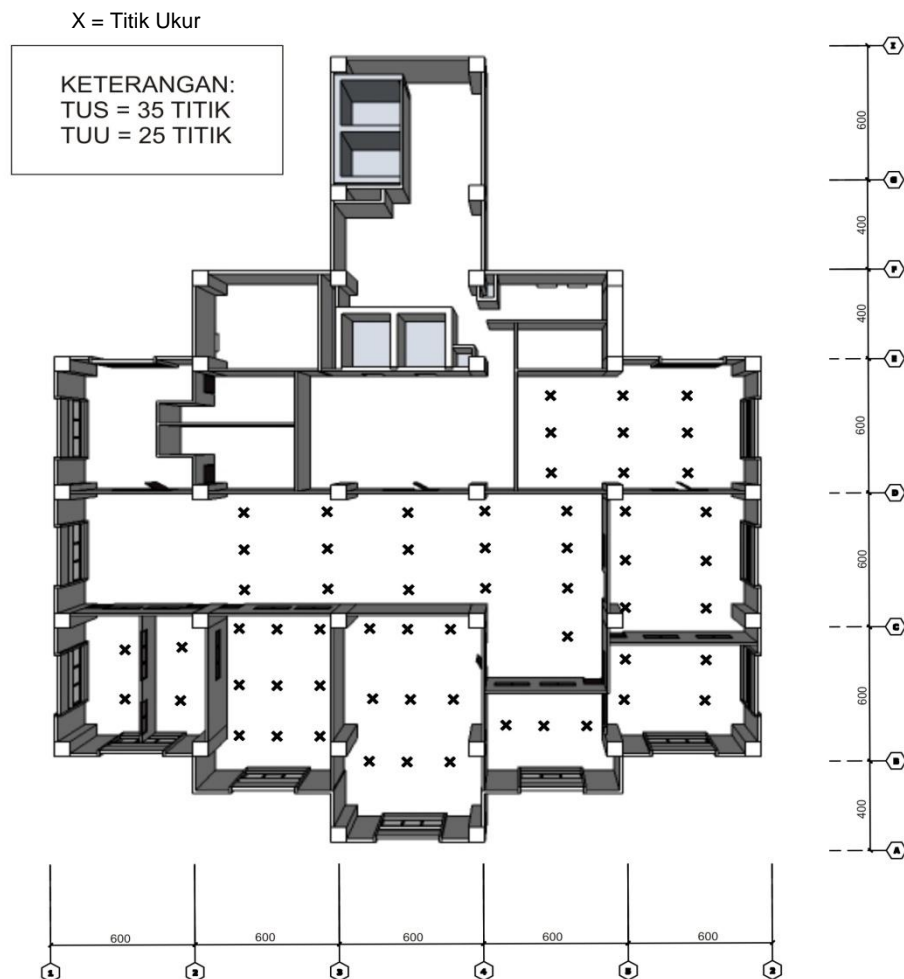
b. Tahap II, Pengukuran dan Pencatatan di Lapangan.

Pengumpulan data fisik bangunan dilakukan dengan metode pengukuran elemen-elemen pembentuk ruangan dan bukaan-bukaan yang berpotensi mempengaruhi kuantitas pencahayaan alami dalam ruangan. Data fisik meliputi data ukuran geometri bangunan dan ruang-ruang, baik jarak dan ketinggian bangunan serta overhang. Pengukuran fisik menggunakan alat berupa meteran untuk mengukur dimensi ruang. Hal ini diperlukan untuk pembuatan gambar model 3 dimensi yang akan digunakan sebagai gambar dasar dalam program simulasi.

c. Tahap III, Pengukuran Pencahayaan Eksisting.

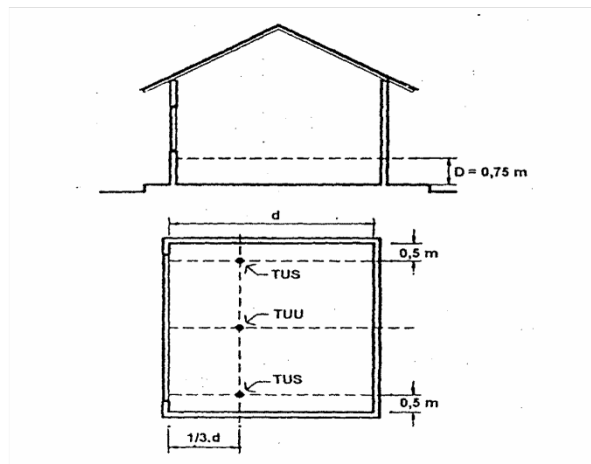
Pelaksanaan pengukuran pencahayaan pada ruang objek penelitian dengan menggunakan luxmeter. Pengukuran dilakukan untuk 2 sistem pencahayaan, yaitu pencahayaan alami eksisting dan pencahayaan buatan eksisting. Adapun metode penempatan titik ukur, dilakukan mengikuti ketentuan SNI yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Gambar penempatan titik ukur dapat dilihat pada gambar berikut.

Pengukuran dilakukan terhadap pencahayaan alami eksisting dan pencahayaan buatan eksisting dalam ruang. Untuk pengukuran pencahayaan alami, pengambilan data dilakukan tiap jam mulai pukul 09.00 sampai dengan 16.00. Selanjutnya pengukuran dilakukan terhadap pencahayaan buatan, untuk mengetahui tingkat pencahayaan dalam ruang tanpa adanya faktor luar ruangan yang mempengaruhi, dilakukan pada malam hari sekitar pukul 19.00.



Gambar 48. Rencana Penempatan Titik Ukur pada lantai 5
Sumber : Peneliti

Alat ukur diletakkan setinggi 0,75 m di atas permukaan lantai, dengan pertimbangan bahwa bidang kerja horizontal setinggi meja kerja. Jarak alat ukur satu dan lainnya adalah 3 meter, TUS berjarak $1/3d$ dari dinding bukaan (Gambar 51), dan TUU berada pada pertengahan ruangan (SNI 03-2396-2001).



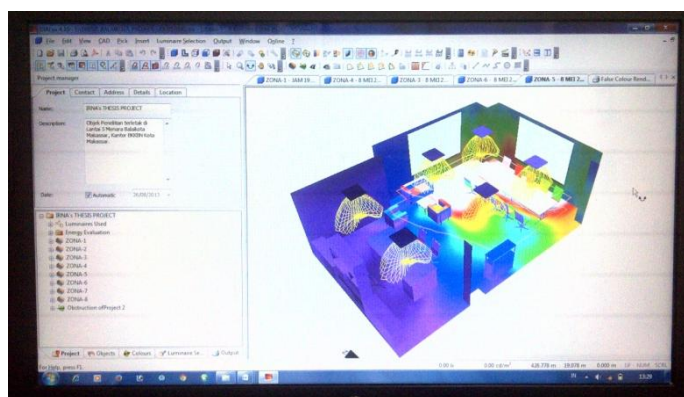
Gambar 49. Metode Penempatan Titik Ukur dalam Ruangan

Mengingat kondisi langit yang sangat bervariasi, pengukuran dilaksanakan pada tiga kondisi langit yaitu langit cerah, berawan dan mendung. Besarnya prosentase *cloud cover* dilihat berdasarkan pengamatan langsung terhadap keberadaan awan pada langit. Kondisi langit yang tertutup awan dengan persentase dibawah 30% merupakan Langit Cerah, langit yang tertutup awan dengan persentase 30-80% merupakan langit Berawan dan langit yang tertutup awan tebal atau persentase di atas 80% merupakan langit Mendung. Alat bantu yang dapat dipakai memotret langit keseluruhan untuk penentuan *Cloud Cover* disebut Kamera/Lensa "Fish Eye".

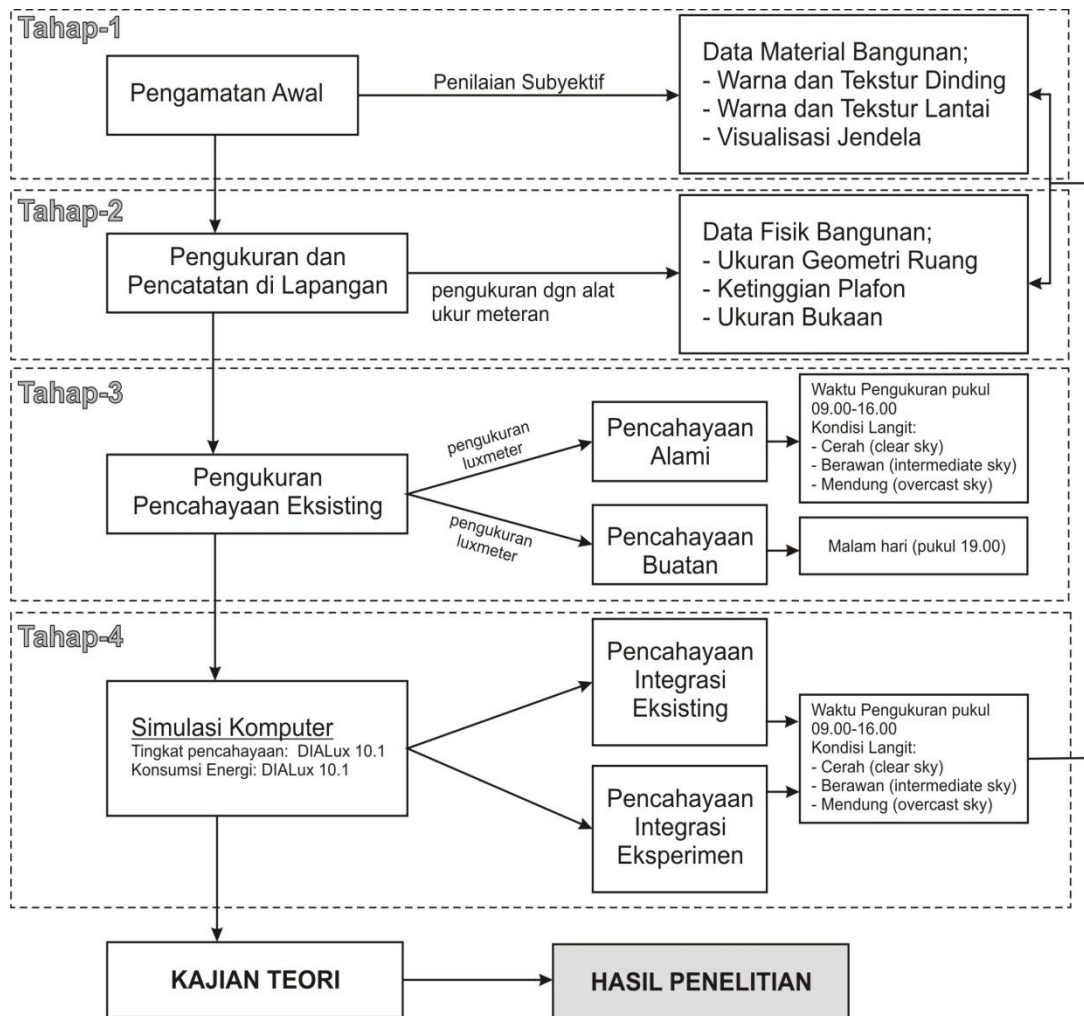
d. Tahap IV, Simulasi Komputer

Fenomena pencahayaan alam ini ditinjau dengan melihat fluktuasi pencahayaan alam di luar dan melihat bagaimana pengaruh lingkungan yang terdapat di sekitar bangunan pada kualitas pencahayaan di dalam hunian. Data yang harus dimasukkan untuk dapat melakukan simulasi meliputi: model 3 dimensi, kondisi langit, waktu pengukuran (bulan, tanggal dan jam), data lokasi, zona yang disimulasikan, orientasi, titik referensi atau grid referensi sebagai posisi titik ukur dan kamera sebagai titik acuan dalam menampilkan hasil pencahayaan secara meruangs. Untuk model simulasi dibuat gambar 3 dimensi Autocad ataupun 3D Google Sketchup 8 dengan penyederhanaan bentuk dan elemen bangunan untuk memudahkan running program simulasi.

Untuk mengetahui kualitas pencahayaan integrasi serta mengetahui energi yang terpakai dipakai program *DIALux 10.1*.



Gambar 50. Tampilan Program Simulasi DIALux 10.1



Gambar 51. Alur Penelitian

E. Defenisi Operasional

Berikut ini adalah defenisi operasional yang digunakan dalam penelitian :

1. Cahaya siang hari, adalah cahaya yang langsung berasal dari cahaya matahari, cahaya pantulan, dan cahaya difus. Cahaya matahari dapat menyebabkan kesilauan dan membawa panas.

2. Cahaya langit (*sky light*) adalah cahaya bola langit. Cahaya inilah yang digunakan untuk penerangan alami ruangan, bukan cahaya matahari langsung.
3. Cahaya buatan (*artificial light*) adalah cahaya yang bersumber dari lampu. Terang dari cahaya lampu dipengaruhi oleh daya lampu itu sendiri dan jenis armatur.
4. Kondisi langit berupa jumlah dan jenis awan yang menutupi langit. Kondisi langit dapat dikelompokkan menjadi : langit cerah (*clearsky*), langit berawan sebagian (*intermediate sky*) dan langit berawan total/mendung (*overcast sky*). Adapun persentase rasio awan yang dimaksud yaitu tidak lebih dari 30% untuk *clearsky*, 30-80% untuk *intermediate sky*, dan diatas 80% untuk *overcast sky* (Baharuddin, 2009)
5. Iluminan (*illuminance* (E) diukur dengan lux, lumen/m²) adalah banyaknya arus cahaya yang datang pada satu unit bidang.
6. Daya listrik pencahayaan (N) adalah jumlah daya dari sumber pencahayaan per satuan luas. Dalam upaya penghematan energi listrik terdapat standar maksimum yang direkomendasikan.

F. Teknik Analisis Data

Data dan informasi penelitian yang diperoleh diolah dengan mentabulasi hasil pengukuran dan mengevaluasi data-data yang ada berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan simulasi komputer,

Tabel. 11. Contoh tabel data pengukuran pencahayaan kombinasi alami-buatan dan pencahayaan kombinasi eksperimen dengan simulasi

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		Ea	Eb	Ec	En	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00								
2	12.00								
3	15.00								

2. Analisis Persamaan/ Formulasi

a. Iluminasi (E)

Untuk penentuan E, iluminasi yang digunakan disini adalah iluminasi rata-rata dari beberapa titik pengukuran.

$$E_{avg} = \frac{E1 + E2 + E3 + E\dots + En}{n} \quad (1)$$

Dimana:

E_{avg} = Iluminasi rata-rata titik pengukuran dalam ruang

E_{1-n} = Iluminasi pada titik ukur

n = jumlah titik ukur dalam ruangan

Selain itu juga dari beberapa titik ukur, perlu ditentukan iluminasi maksimal (E_{max}) dan iluminasi minimum (E_{min}).

b. Daya Listrik Pencahayaan (N)

Daya listrik untuk pencahayaan dalam ruang dapat dihitung dengan persamaan :

$$N = \frac{n \times W}{A} \quad (2)$$

Dimana:

N = Daya listrik untuk pencahayaan (watt/m²)

n = jumlah titik lampu

W = daya listrik yang dikeluarkan lampu

A = luas ruangan (m²)

3. Analisis Komparasi

Tahapan analisis ini dilakukan dengan membandingkan data-data indikator kualitas pencahayaan yang diperoleh baik dari pengukuran luxmeter maupun simulasi komputer dengan standar yang telah ditetapkan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Objek Penelitian

1. Letak Geografis dan Kondisi Iklim Kota Makassar

Kota Makassar merupakan kota terbesar keempat di Indonesia dan terbesar di kawasan Timur Indonesia memiliki luas areal 175,77 km² dengan penduduk 1.112.688, sehingga kota ini sudah menjadi kota Metropolitan.

Secara geografis Kota Metropolitan Makassar terletak di pesisir pantai barat Sulawesi Selatan pada koordinat 119°18'27,97" - 119°32'31,03" Bujur Timur dan 5°00'30,18" - 5°14'6,49" Lintang Selatan yang berbatasan sebelah Utara dengan Kabupaten Pangkajene Kepulauan, sebelah Timur dengan Kabupaten Maros, sebelah Selatan Kabupaten Gowa dan sebelah Barat adalah Selat Makassar. Secara administrasi Kota Makassar terbagi atas 14 kecamatan dan 143 kelurahan (Makassar dalam Angka, 2010).

Ketinggian Kota Makassar bervariasi antara 0-25 meter dari permukaan laut, dengan suhu udara antara 20°C - 32°C. Berdasarkan pencatatan Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, secara rata-rata kelembaban udara sekitar 77 persen dan rata-rata kecepatan angin 5.2 knot.

2. Lokasi Obyek Penelitian

Kantor Balaikota Makassar terletak di Jl. Ahmad Yani No.2 Kelurahan Baru Kecamatan Ujung Pandang, adapun lebih detailnya batas site diuraikan sebagai berikut :

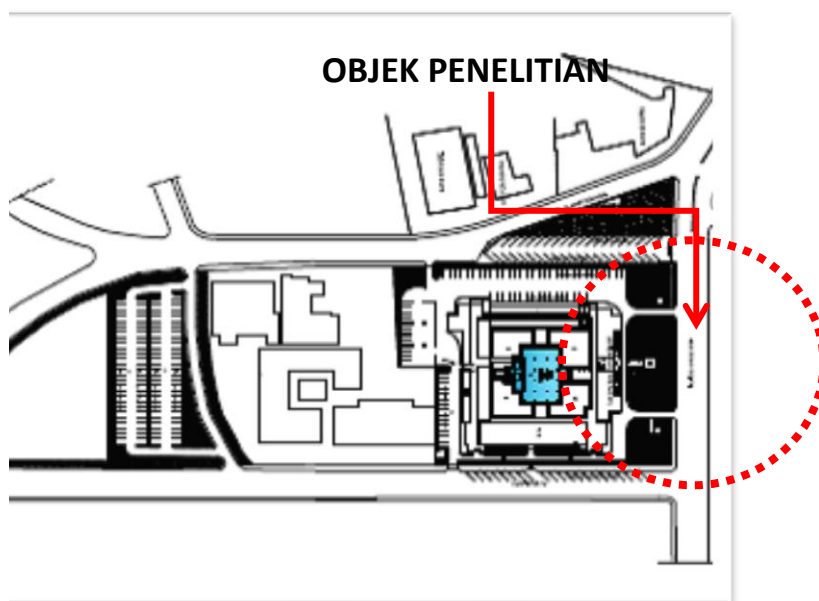
Sebelah Utara : berbatasan dengan dengan jalan Ahmad Yani

Sebelah Timur : berbatasan dengan jalan Balaikota

Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kantor BRI

Sebelah Barat : berbatasan dengan jalan Muchtar Lutfi

Daerah sekitar site merupakan daerah perkantoran dan bisnis. Terdapat beberapa bangunan perbankan, pusat perbelanjaan, sekolah, pelabuhan, dan lain-lain. Menara Balaikota terletak pada tengah-tengah bangunan kantor lama, sehingga sebelah Utara, Timur, Selatan, dan Baratnya berbatasan dengan bangunan kantor Balaikota yang lama.



Gambar 52. Site Plan Kantor Balaikota Makassar

Bangunan yang mengitari menara keseluruhan berlantai dua. Bentuk bangunannya berarsitektur kolonial Belanda. Hal tersebut dikarenakan bangunan tersebut memang merupakan salah satu bangunan peninggalan masa penjajahan, dan merupakan salah satu obyek cagar budaya kota Makassar yang masih dimanfaatkan hingga sekarang ini.



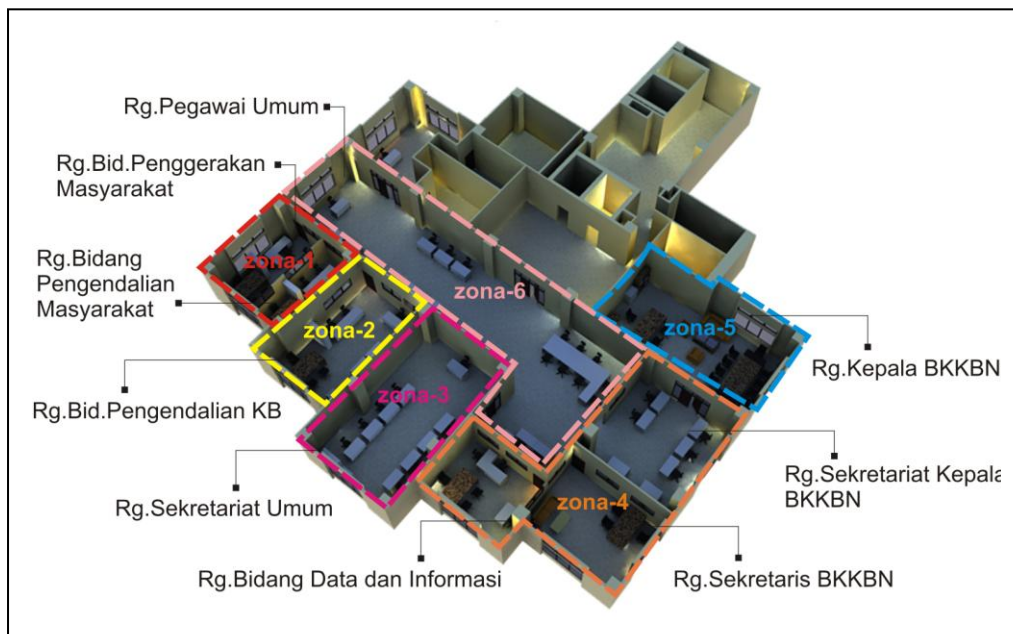
Gambar 53. Menara & Kantor Lama Balaikota Makassar

Sampel penelitian terletak pada lantai lima Menara Balaikota Makassar. Lantai tersebut dimanfaatkan sebagai kantor bagian BKKBN Kota Makassar. Pada kantor ini, terdapat sebelas ruang yang disekat dengan menggunakan partisi, antara lain Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat, Bidang Pengendalian Kesehatan, Bidang Pengendalian KB, Bidang Data dan Informasi, Ruang Sekretariat Umum BKKBN, Ruang Sekretariat Kepala BKKBN, Ruang Sekretaris BKKBN, Ruang Kepala BKKBN, Ruang Pegawai Umum, dan Ruang Arsip, dan Ruang Lobby Lift.

Sebelas ruang tersebut dibagi oleh peneliti menjadi enam zona pencahayaan.

Tabel 12. Pembagian Zona Pencahayaan Ruang

No.	Uraian	Nama Ruang
1	Zona 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat
2		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat
3	Zona 2	Ruang Bidang Pengendalian KB
4	Zona 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN
5	Zona 4	Ruang Bidang Data dan Informasi
6		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN
7		Ruang Sekretaris BKKBN
8	Zona 5	Ruang Ketua
9	Zona 6	Ruang Pegawai Umum



Gambar 54. Zona Pencahayaan Objek Penelitian

3. Orientasi Bangunan

Bangunan Menara Balaikota Makassar berorientasi pada arah Utara-Selatan. Entrance menara Balaikota menghadap ke Utara, lift yang berada di bagian belakang bangunan terletak pada arah Selatan bangunan.



Gambar 55. Foto Udara Menara Balikota Makassar
Sumber : *Google Earth*, akses April 2013

4. Bentuk, Komponen dan Bahan Bangunan

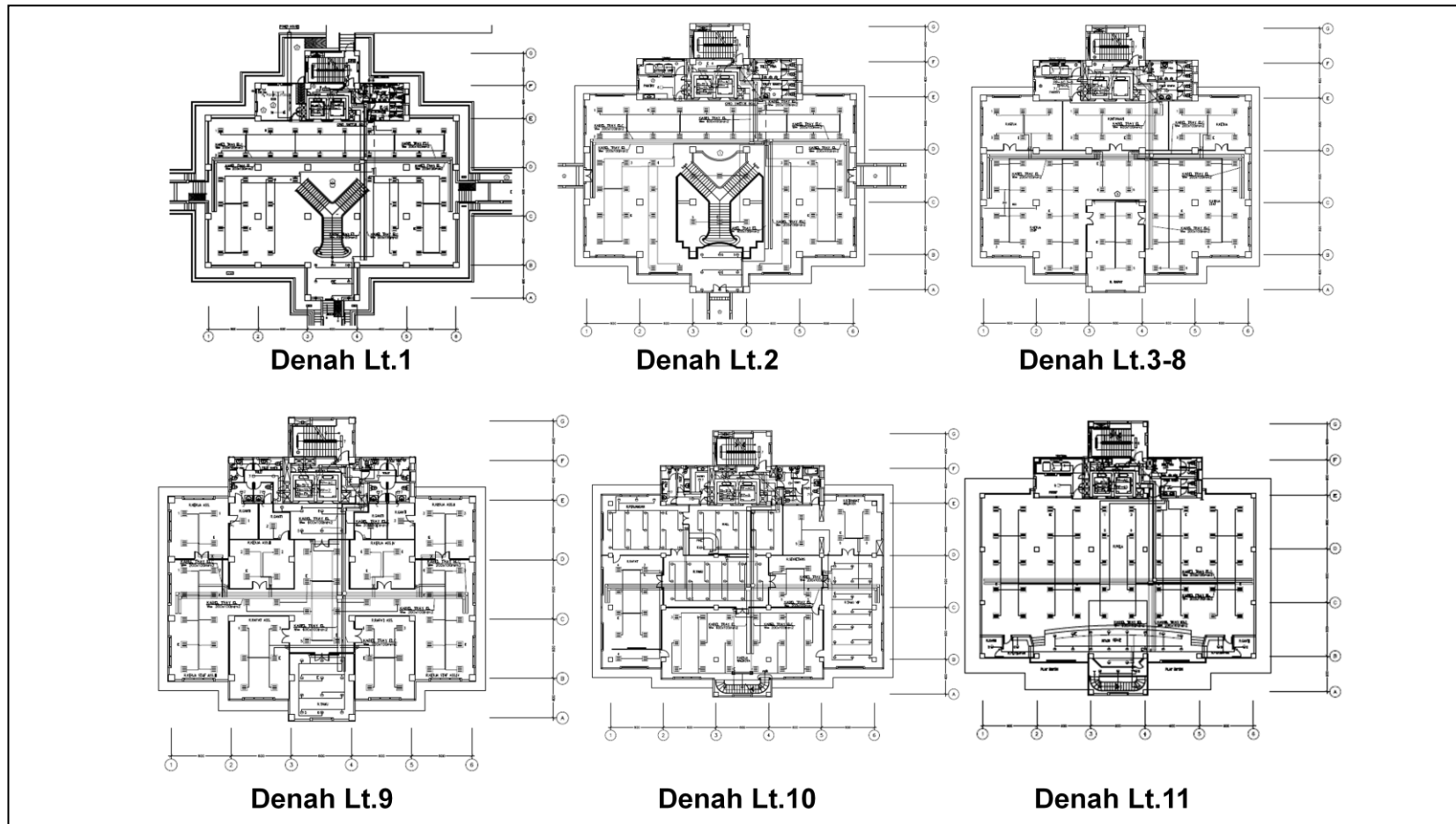
a. Denah dan Tampak Bangunan

Bentuk denah bangunan gedung Menara Balaikota Makassar pada dasarnya berbentuk segi empat. Menara ini memiliki 12 lantai, yang terdiri dari lantai satu dan lantai dua sebagai hall, lantai tiga sampai dengan

lantai sembilan sebagai ruang kerja pegawai, lantai sepuluh difungsikan sebagai ruang pola, dan lantai sebelas difungsikan sebagai ruang kerja Walikota Makassar.



Gambar 56. Perspektif 3D dan Potongan Menara Balikpapan Makassar
Sumber : Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kota Makassar



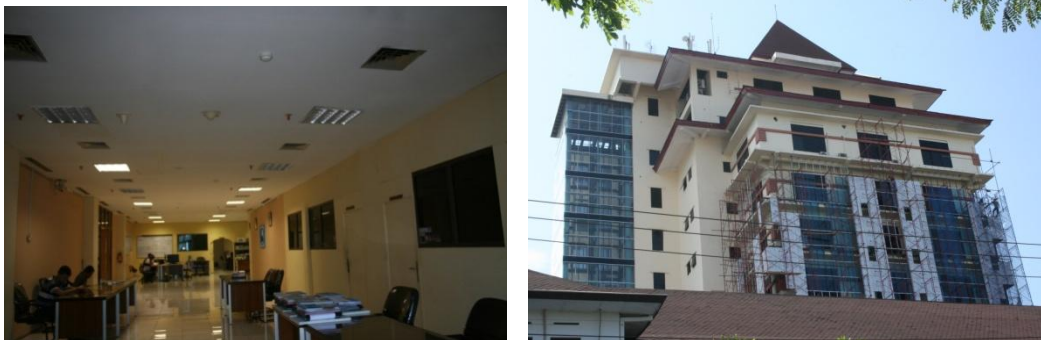
Gambar 57. Denah Rencana Instalasi Listrik Menara Balaikota Makassar
 Sumber: Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kota Makassar

b. Komponen dan Bahan Bangunan

Komponen dan bahan bangunan yang digunakan pada Menara Balaikota Makassar, antara lain :

i. Dinding

Dinding eksterior Menara Balaikota Makassar, memakai batu bata yang dipleser, diaci kemudian diplamur dan dicat berwarna putih gading. Untuk dinding interior, khususnya pada lokasi sampel penelitian yaitu pada lantai 5 (lima), partisi ruang memakai material *calciboard* ataupun tripleks yang dicat berwarna kuning muda/ kuning gading ataupun dilapis dengan wallpaper berwarna senada. Pada tahun 2013, menara ini mengalami penambahan *fasade*, yaitu menambahkan *wall-covering* pada dinding eksteriornya dengan memakai alluminium composit panel, yang dipadukan dengan kaca



Gambar 58. Dinding Interior dan Eksterior Menara Balaikota Makassar

ii. Lantai

Lantai gedung ini adalah plat lantai beton bertulang, adapun penutup lantainya memakai keramik 60x60 cm berwarna cream/ khaki bertekstur licin untuk ruang-ruang kantornya, dan memakai keramik berwarna cream dan maroon berukuran 40x40 cm bertekstur licin, pada area sirkulasi.



Gambar 59. Keramik Lantai Menara Balaikota

iii. Plafon

Plafon keseluruhan ruangan menggunakan bahan *Gypsum Board* yang dicat berwarna putih, elevasi plafon rata-rata berkisar 2,87 meter dari permukaan lantai. Untuk ruang-ruang kantor, elevasi plafon rata dan tidak ada aplikasi drop plafon.



Gambar 60. Plafond Ruang Pegawai Umum Kantor BKKBN Menara Balaikota Makassar

iv. Bukaan Dinding

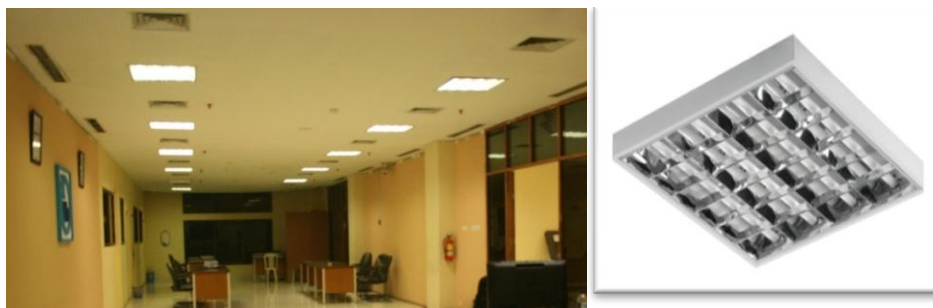
Bukaan dinding terdiri dari pintu, jendela dan ventilasi. Jendela terbuat dari bahan *tinted glass* berwarna abu-abu gelap dengan ketebalan 5 mm yang berfungsi memasukkan pencahayaan alami dan sirkulasi udara. Kusen jendela terbuat dari aluminium. Serupa dengan jendela, ventilasi yang terletak di atas jendela juga terbuat dari kaca sejenis dengan kusen aluminium. Begitu pula dengan material ventilasi yang terdapat pada partisi antar ruang. Tetapi pada partisi, ventilasi tidak dapat berfungsi sebagai sirkulasi udara karena merupakan jendela mati. Adapun untuk kusen pintu, memakai material kayu yang dimeni terlebih dahulu kemudian dicat berwarna coklat tua. Material daun pintunya terbuat dari double tripleks dengan rangka kayu.



Gambar 61. Bukaan dinding pada kantor BKKBN Menara Balaikota Makassar

v. Komponen pencahayaan buatan

Pencahayaan buatan ruang kantor yang menjadi sampel penelitian, keseluruhan berasal dari lampu yang dipasang pada plafon. Jenis armatur yang digunakan yaitu jenis *Troffer with Mirror Reflektor*, dengan sistem pencahayaan luminair langsung. Lampu yang digunakan yaitu Lampu Flourescent 18 Watt. Setiap armatur, terdiri dari 4 (empat) buah lampu. Denah Instalasi Lampu dan keterangan dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 62. Pencahayaan Buatan pada Objek Penelitian

B. Analisis Hasil Penelitian

1. Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan

Sistem pencahayaan eksisting pada objek penelitian yaitu memanfaatkan Pencahayaan Alami melalui cahaya matahari yang masuk dari jendela, dan juga menggunakan pencahayaan buatan yang berasal dari lampu pada plafond yang dinyalakan secara selang-seling. Pencahayaan alami yang masuk bukan merupakan cahaya pantulan dan tidak ada objek yang menghalangi masuknya cahaya. Hal tersebut dikarenakan bangunan yang mengitari menara ini, hanya berlantai dua dengan ketinggian *top roof* ±10 meter dari tanah. Sementara posisi lantai lima Menara Balaikota ini, berada pada level ketinggian 16,86 meter.

Untuk mengetahui kualitas pencahayaan eksisting apakah sesuai standar luminasi untuk ruangan kantor ataupun tidak, maka terlebih dahulu diadakan observasi atau pengukuran langsung mengenai tingkat pencahayaan alami yang masuk. Pengukuran tingkat pencahayaan dilakukan per zona ruang untuk memudahkan peneliti dalam menganalisis. Adapun uraian mengenai zona ruang tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 54 pada poin pembahasan sebelumnya.

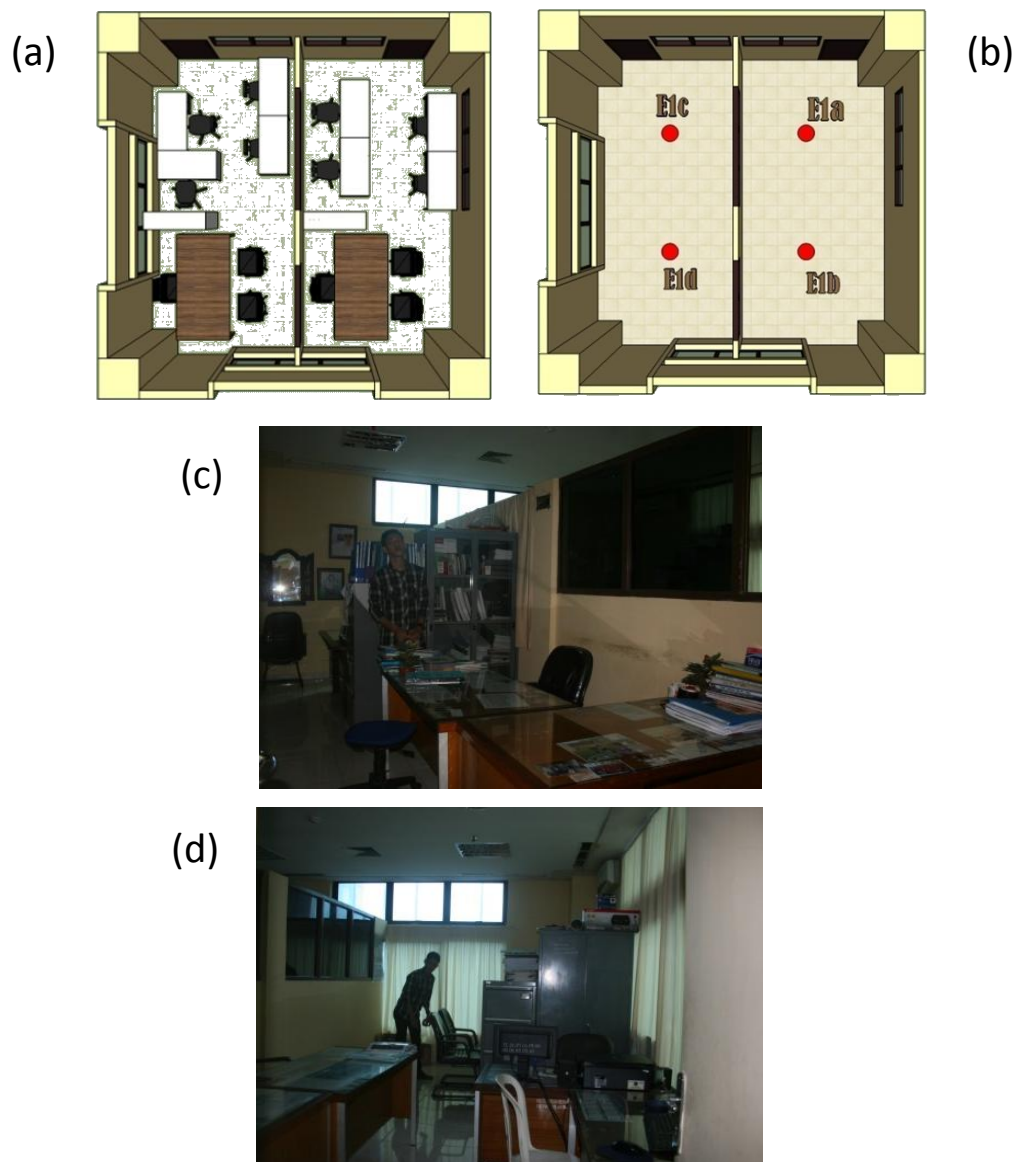
a. Kualitas Pencahayaan Alami

Pengukuran tingkat pencahayaan alami diukur dengan menggunakan alat *Lux Meter* pada tiga kondisi langit, yaitu Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Intermediate Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*).

Pengukuran dilakukan tiap jam, mulai dari pukul 09.00 sampai dengan 16.00. Alat Ukur ditempatkan setinggi 0,75 meter dari permukaan lantai.

i. Kualitas Pencahayaan Alami Zona 1

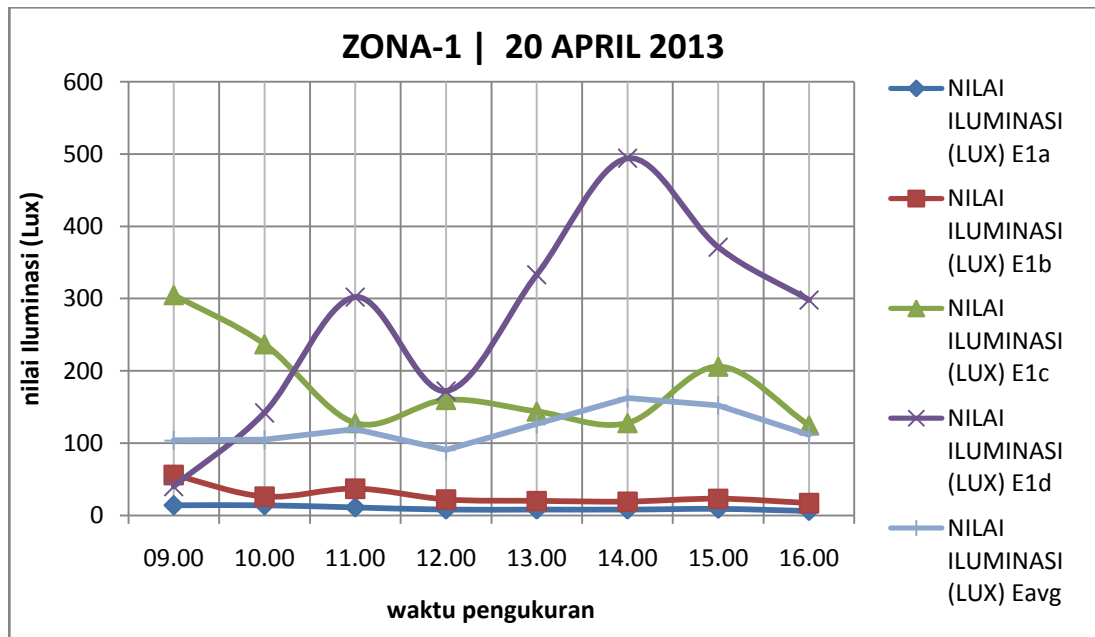
Terbagi menjadi dua ruang yang disekat dengan partisi setinggi dua meter.



Gambar 63. (a)Denah Isometri, (b)Penempatan Titik Ukur Zona-1, (c)Rg.Bid.Pengendalian Masyarakat, (d)Rg.Bid.Penggerakan Masyarakat.

Tabel 13. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 20 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	14	56	305	40	14	305	104	CERAH
2	10.00	14	26	237	142	14	237	105	CERAH
3	11.00	11	37	128	302	11	302	120	CERAH
4	12.00	8	22	160	172	8	172	91	CERAH
5	13.00	8	20	144	333	8	333	126	CERAH
6	14.00	8	19	128	494	8	494	162	CERAH
7	15.00	9	23	206	371	9	371	152	CERAH
8	16.00	6	17	125	298	6	298	112	CERAH

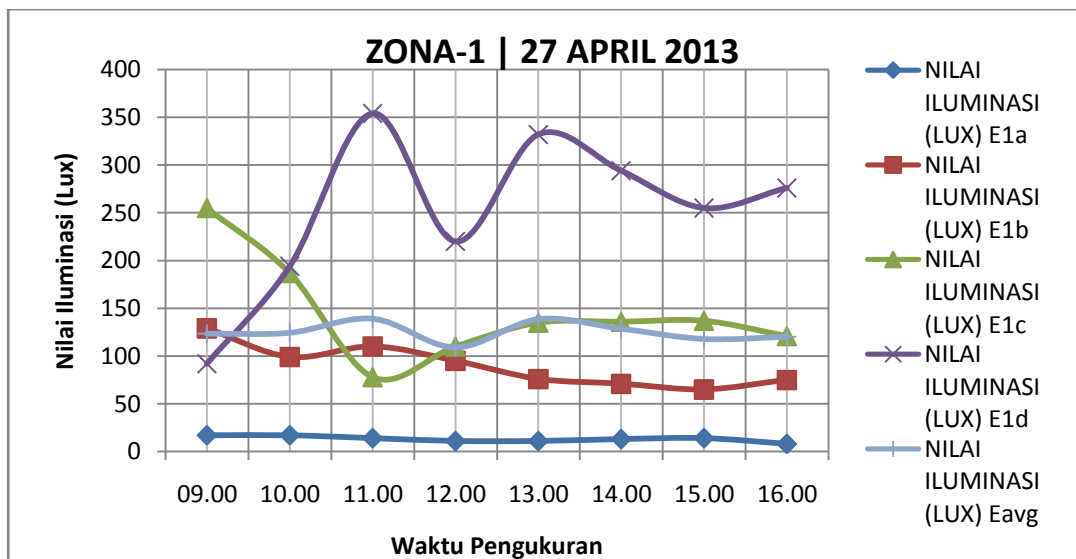


Gambar 64. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 20 April 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1** hari **Sabtu tgl.20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, belum memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang berkisar 91-162 Lux yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

Tabel 14. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	17	129	255	92	17	255	123	CERAH
2	10.00	17	99	187	194	17	194	124	CERAH
3	11.00	14	110	78	354	14	354	139	CERAH
4	12.00	11	95	110	220	11	220	109	CERAH
5	13.00	11	76	135	332	11	332	139	CERAH
6	14.00	13	71	136	294	13	294	129	CERAH
7	15.00	14	65	137	255	14	255	118	CERAH
8	16.00	8	75	121	276	8	276	120	CERAH

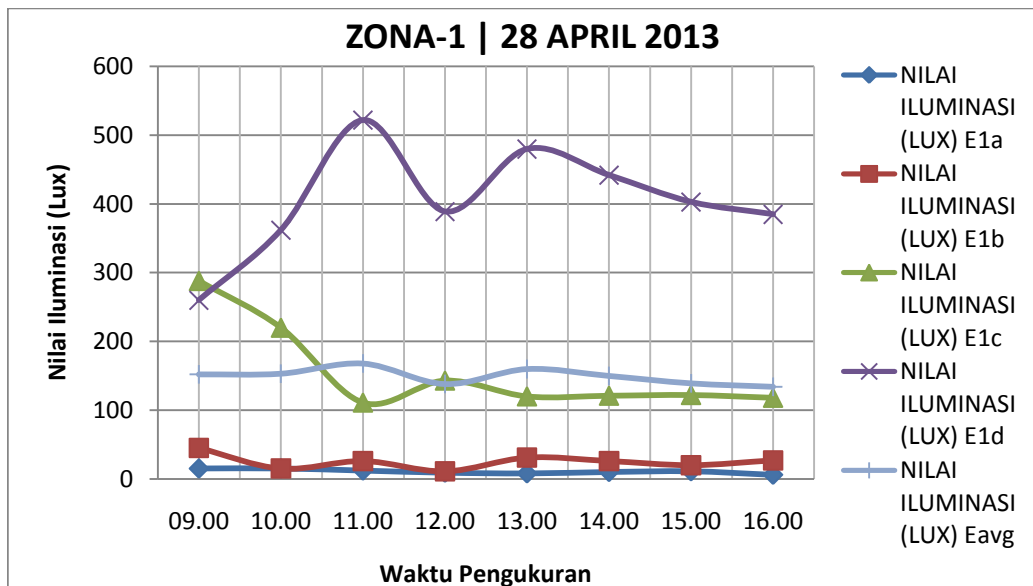


Gambar 65. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Sabtu, 27 April 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Sabtu tgl.27 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, belum memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang berkisar 109-139 Lux yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

Tabel 15. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	15	45	288	260	15	288	152	CERAH
2	10.00	15	15	220	362	15	362	153	CERAH
3	11.00	12	26	111	522	12	522	168	CERAH
4	12.00	9	11	143	389	9	389	138	CERAH
5	13.00	8	31	120	480	8	480	160	CERAH
6	14.00	10	26	121	442	10	442	150	CERAH
7	15.00	11	20	122	403	11	403	139	CERAH
8	16.00	6	27	118	385	6	385	134	CERAH

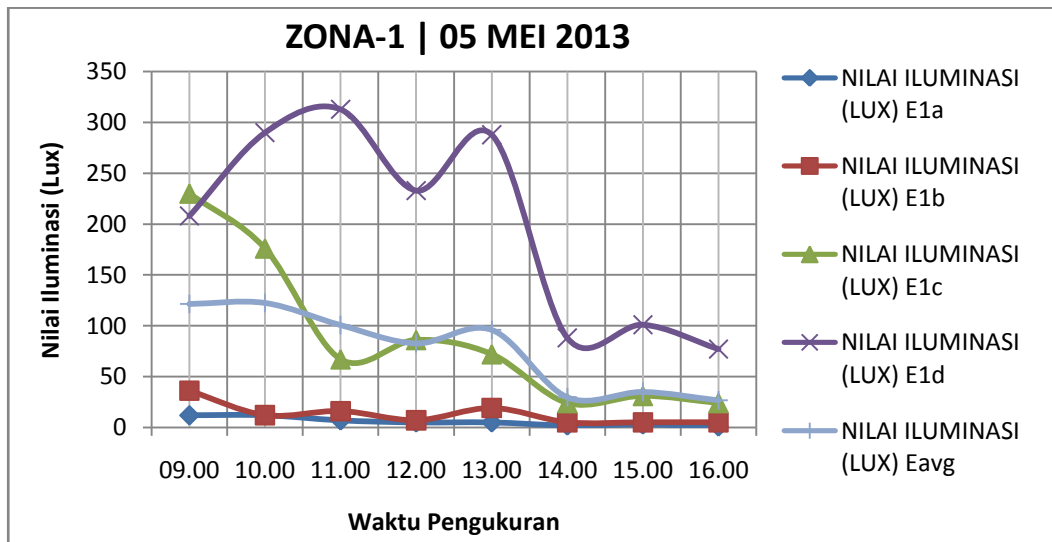


Gambar 66. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 28 April 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Minggu tgl.28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, belum memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang berkisar 134-168 Lux yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

Tabel 16. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 5 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	12	36	230	208	12	230	122	CERAH
2	10.00	12	12	176	290	12	290	123	CERAH
3	11.00	7	16	67	313	7	313	101	BERAWAN
4	12.00	5	7	86	233	5	233	83	BERAWAN
5	13.00	5	19	72	288	5	288	96	BERAWAN
6	14.00	2	5	24	88	2	88	30	MENDUNG
7	15.00	3	5	31	101	3	101	35	MENDUNG
8	16.00	1	5	24	77	1	77	27	MENDUNG

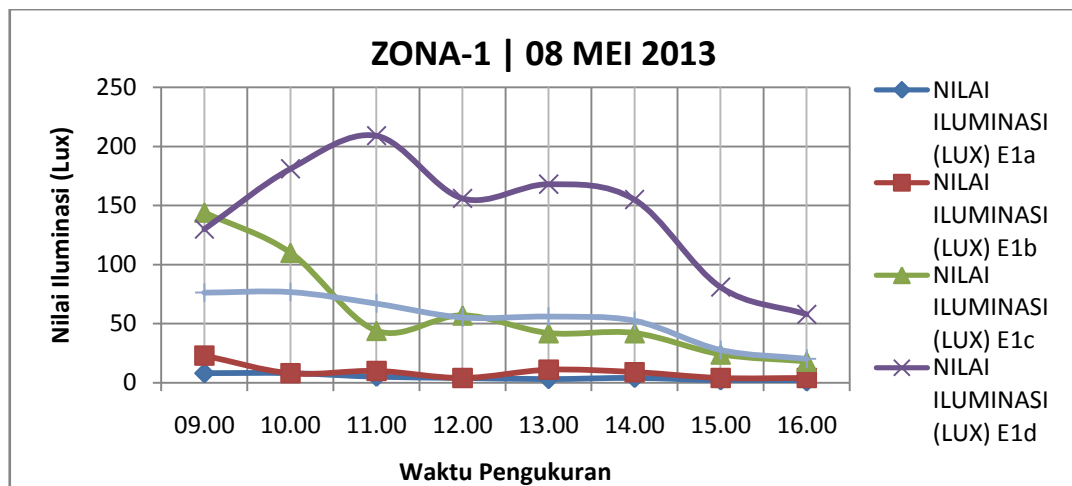


Gambar 67. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 05 Mei 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Minggu tgl.05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BERAWAN-MENDUNG, belum memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang pada kondisi CERAH berkisar 122-123 Lux, pada kondisi Berawan berkisar 83-101 Lux, dan pada kondisi Mendung berkisar 27-35 Lux, yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

Tabel 17. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Rabu, 8 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	8	23	144	130	8	144	76	BERAWAN
2	10.00	8	8	110	181	8	181	77	BERAWAN
3	11.00	5	10	44	209	5	209	67	MENDUNG
4	12.00	4	4	57	156	4	156	55	MENDUNG
5	13.00	3	11	42	168	3	168	56	MENDUNG
6	14.00	4	9	42	155	4	155	53	MENDUNG
7	15.00	2	4	24	81	2	81	28	MENDUNG
8	16.00	1	4	18	58	1	58	20	MENDUNG

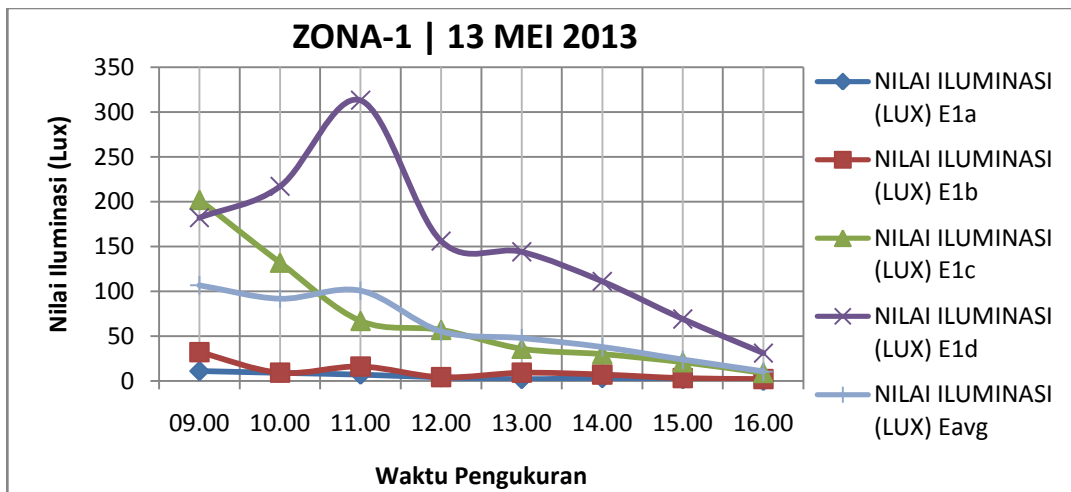


Gambar 68. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Rabu, 8 Mei 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Rabu tgl.08 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG** belum memenuhi standarisasi. Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang pada kondisi pada kondisi Berawan berkisar 76-77 Lux dan pada kondisi Mendung berkisar 20-56 Lux, yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

Tabel 18. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Senin 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	11	32	202	182	11	202	107	CERAH
2	10.00	9	9	132	217	9	217	92	BERAWAN
3	11.00	7	16	67	313	7	313	101	BERAWAN
4	12.00	4	4	57	156	4	156	55	BERAWAN
5	13.00	2	9	36	144	2	144	48	MENDUNG
6	14.00	3	7	30	111	3	111	38	MENDUNG
7	15.00	2	3	21	69	2	69	24	MENDUNG
8	16.00	0	2	9	31	0	31	11	MENDUNG

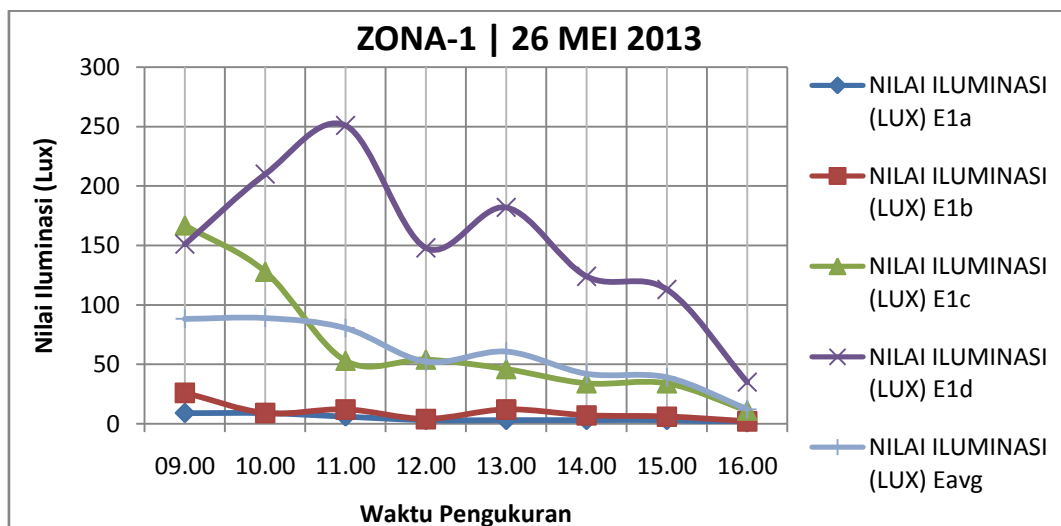


Gambar 69. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Senin, 13 Mei 2013)

Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Senin tgl.13 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BERAWAN-MENDUNG, belum memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang pada kondisi pada kondisi CERAH berkisar 107 Lux, kondisi Berawan berkisar 55-101 Lux dan pada kondisi Mendung berkisar 11-48 Lux, yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.

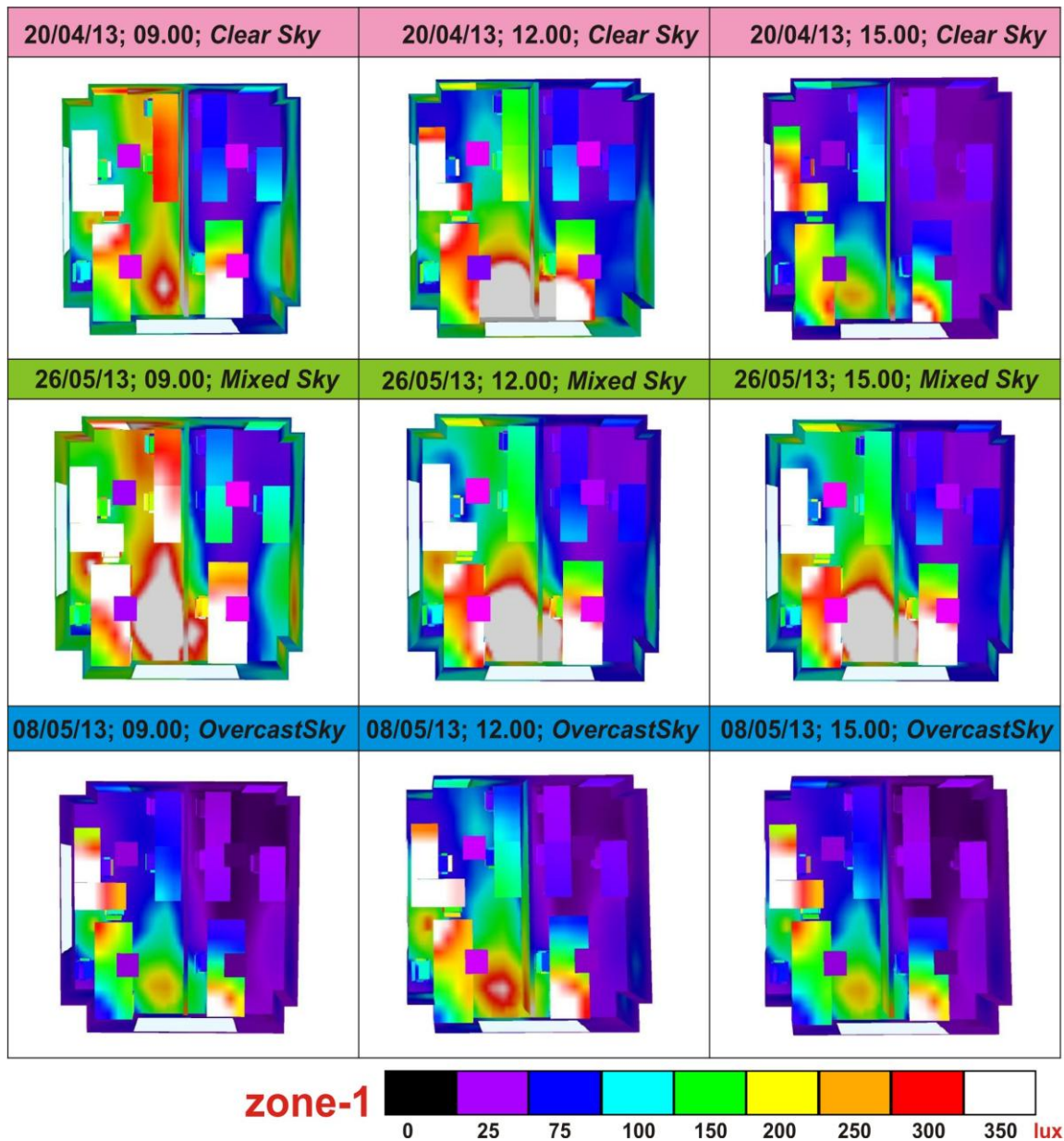
Tabel 19. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 26 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	9	26	167	151	9	167	88	BERAWAN
2	10.00	9	9	128	210	9	210	89	BERAWAN
3	11.00	6	12	53	251	6	251	81	BERAWAN
4	12.00	3	4	54	148	3	148	52	BERAWAN
5	13.00	3	12	46	182	3	182	61	BERAWAN
6	14.00	3	7	34	124	3	124	42	MENDUNG
7	15.00	3	6	34	113	3	113	39	MENDUNG
8	16.00	1	2	11	35	1	35	12	MENDUNG



Gambar 70. Grafik Pencahayaan Alami Zona-1 (Minggu, 26 Mei 2013)

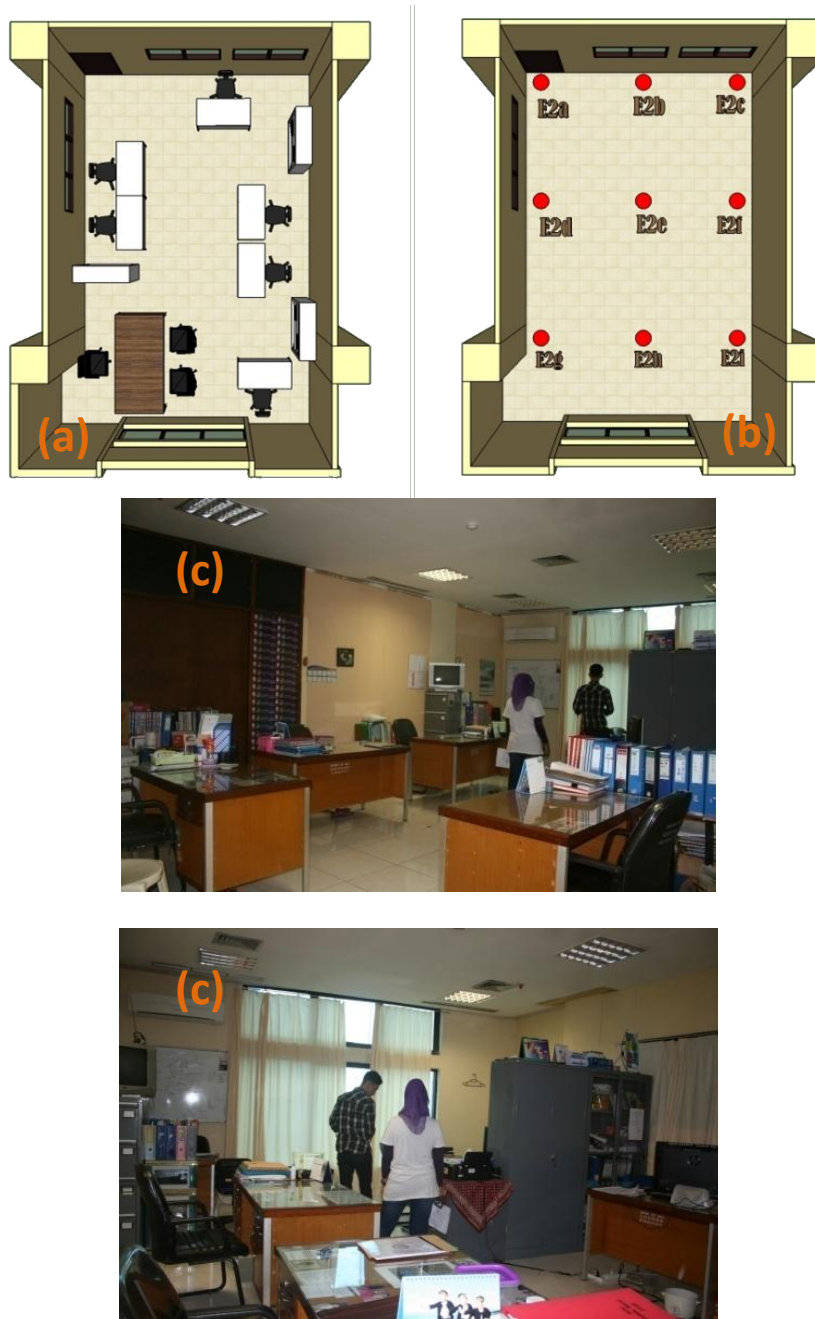
Penjelasan: Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-1 hari Minggu tgl.26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG, belum memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata ruang pada kondisi pada kondisi Berawan berkisar 52-89 Lux dan pada kondisi Mendung berkisar 12-42 Lux, yang berarti dibawah standar ruang Kerja yaitu 350 Lux, serta adanya ruang yang disekat sehingga sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang cukup.



Gambar 71. *False Colour Rendering* Simulasi ZONA-1, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*), *DIALux 10.1 Simulation Program*

ii. Kualitas Pencahayaan Alami Zona-2

Zona-2 pada obyek penelitian ini hanya terdiri dari satu ruangan yaitu ruang Pengendalian Keluarga Berencana (KB).



Gambar 72. (a)Denah Isometri, (b)Penempatan Titik Ukur Zona-2, (c)Rg.Bid.Pengendalian KB

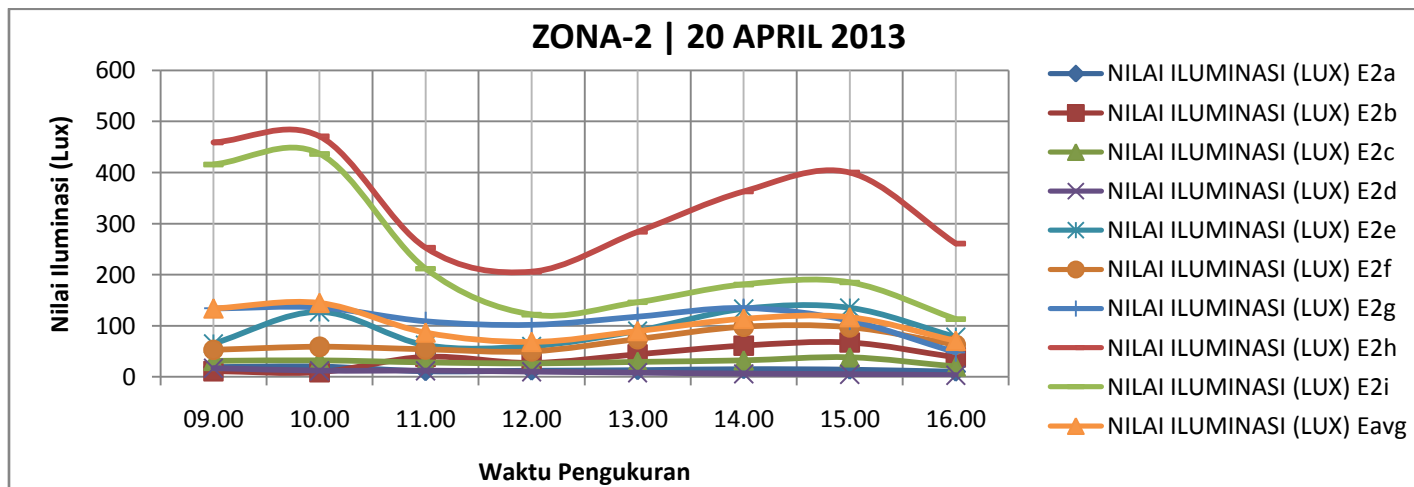
Tabel 20. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 20 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	19	11	31	17	65	53	134	459	416	11	459	134	CERAH
2	10.00	20	9	32	12	127	59	136	471	437	9	471	145	CERAH
3	11.00	11	39	28	12	62	54	109	253	212	11	253	87	CERAH
4	12.00	12	27	26	10	60	50	102	206	122	10	206	68	CERAH
5	13.00	13	44	29	8	90	74	118	284	146	8	284	90	CERAH
6	14.00	15	61	32	6	133	98	135	363	181	6	363	114	CERAH
7	15.00	14	67	38	5	135	97	110	400	185	5	400	117	CERAH
8	16.00	10	38	20	3	78	63	48	261	113	3	261	70	CERAH

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2 hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan kondisi langit **CERAH**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 68-145 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 73. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 20 April 2013)

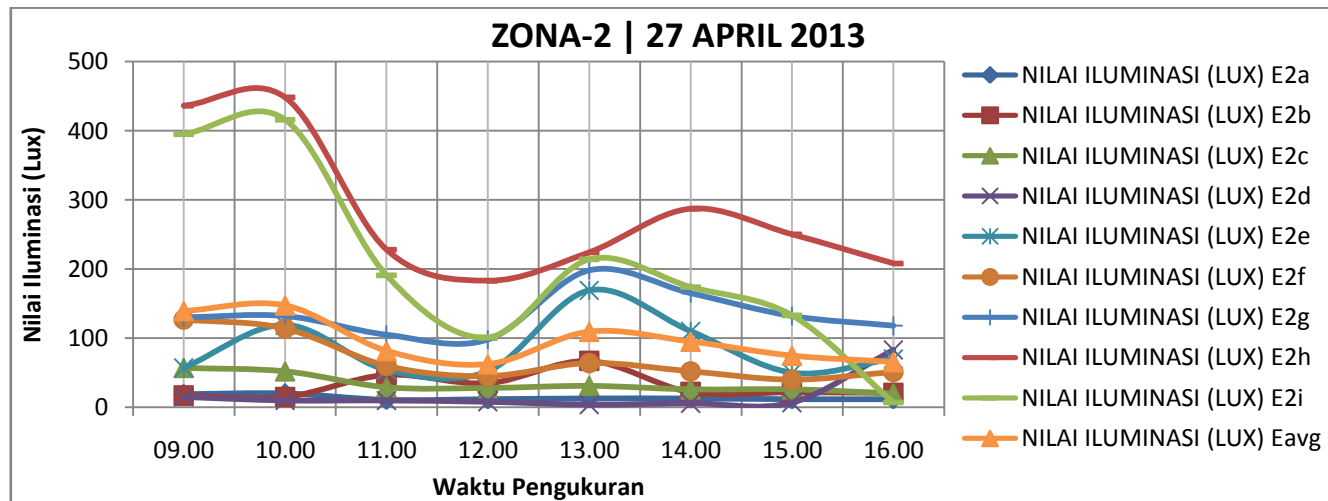
Tabel 21. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	19	17	57	15	57	127	130	436	395	15	436	139	CERAH
2	10.00	20	15	52	10	119	114	132	448	416	10	448	147	CERAH
3	11.00	11	47	29	10	54	60	105	228	191	10	228	82	CERAH
4	12.00	12	35	28	8	52	45	98	183	101	8	183	62	CERAH
5	13.00	13	67	31	4	169	64	198	524	214	4	524	143	CERAH
6	14.00	13	22	26	6	110	52	165	387	174	6	387	106	CERAH
7	15.00	12	22	26	7	50	40	132	250	133	7	250	75	CERAH
8	16.00	12	21	20	83	70	51	118	208	7	7	208	66	CERAH

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2 hari Sabtu tgl. 27 April 2013** dengan kondisi langit **CERAH**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 62-147 Lux, yang berarti dibawah standar iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 74. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Sabtu, 27 April 2013)

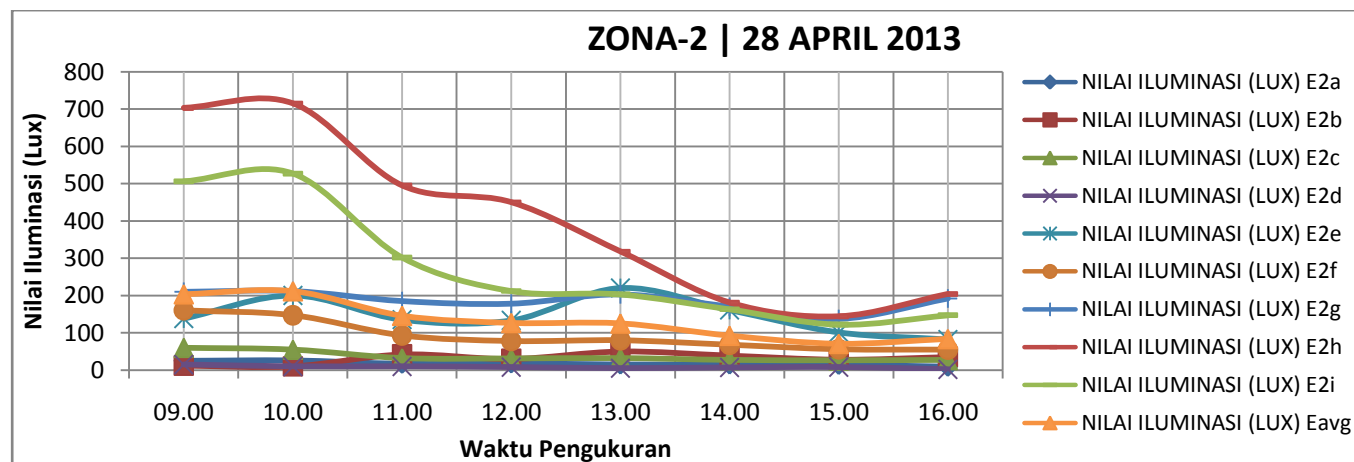
Tabel 22. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	25	12	60	15	138	160	210	703	506	12	703	203	CERAH
2	10.00	26	10	55	10	200	147	212	715	527	10	715	211	CERAH
3	11.00	17	42	32	10	135	93	185	495	302	10	495	146	CERAH
4	12.00	18	30	31	8	133	78	178	450	212	8	450	126	CERAH
5	13.00	15	50	32	5	220	80	203	318	203	5	318	125	CERAH
6	14.00	15	39	27	7	161	68	170	181	163	7	181	103	CERAH
7	15.00	14	28	26	8	101	56	137	44	122	8	228	82	CERAH
8	16.00	9	35	27	2	82	55	192	204	147	2	204	84	CERAH

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2 hari Sabtu tgl. 28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 82-211 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 75. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 28 April 2013)

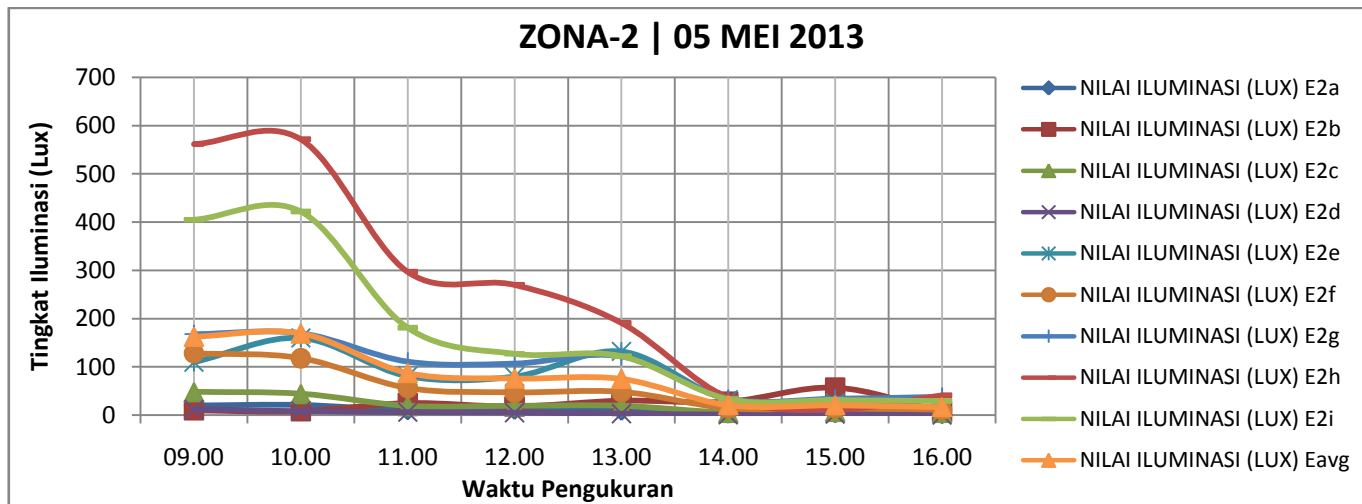
Tabel 23. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 05 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	20	10	48	12	110	128	168	562	405	10	562	163	CERAH
2	10.00	21	8	44	8	160	118	170	572	422	8	572	169	CERAH
3	11.00	10	25	19	6	81	56	111	297	181	6	297	87	BERAWAN
4	12.00	11	18	19	5	80	47	107	270	127	5	270	76	BERAWAN
5	13.00	9	30	19	3	132	48	122	191	122	3	191	75	BERAWAN
6	14.00	3	28	5	1	32	14	34	36	33	1	36	21	MENDUNG
7	15.00	4	57	7	2	25	14	34	11	31	2	57	21	MENDUNG
8	16.00	2	7	5	0	16	11	38	41	29	0	41	17	MENDUNG

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2 hari Minggu tgl. 05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG**, belum memenuhi **standarisasi.**

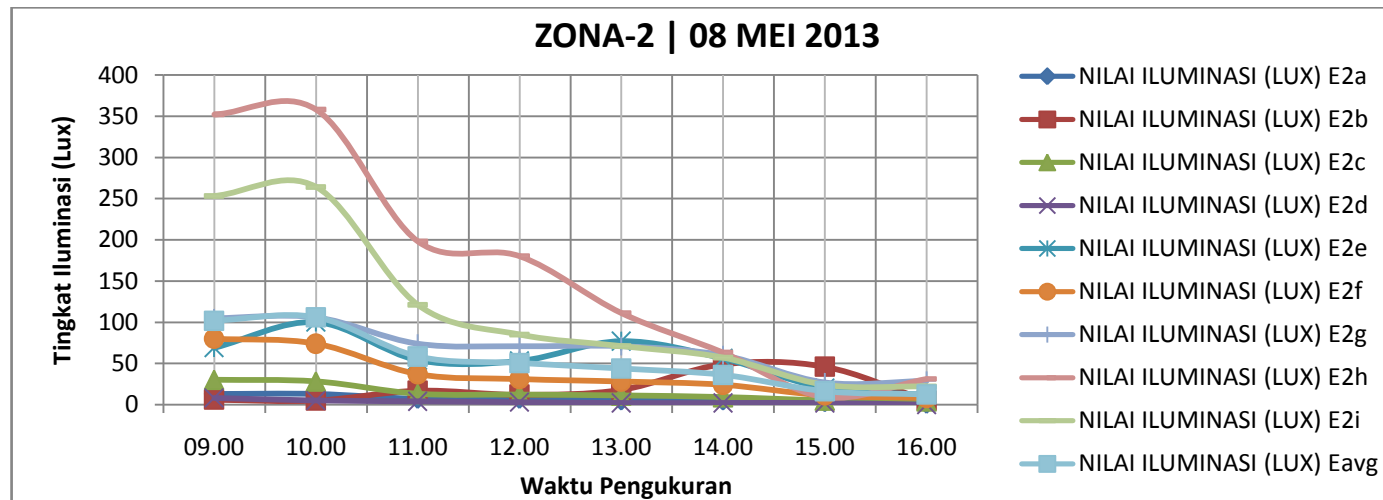
Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 163-169Lux (CERAH), 75-87Lux (BERAWAN), dan 17-21Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 76. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 05 Mei 2013)

Tabel 24. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Rabu, 08 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	13	6	30	8	69	80	105	352	253	6	352	102	BERAWAN
2	10.00	13	5	28	5	100	74	106	358	264	5	358	106	BERAWAN
3	11.00	7	17	13	4	54	37	74	198	121	4	198	58	MENDUNG
4	12.00	7	12	12	3	53	31	71	180	85	3	180	50	MENDUNG
5	13.00	5	18	11	2	77	28	71	111	71	2	111	44	MENDUNG



Gambar 77. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Rabu, 08 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2 hari Rabu tgl. 08 Mei 2013** dengan kondisi langit **BERAWAN-MENDUNG**, belum memenuhi standarisasi.

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 102-106 Lux (BERAWAN), dan 12-58 Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

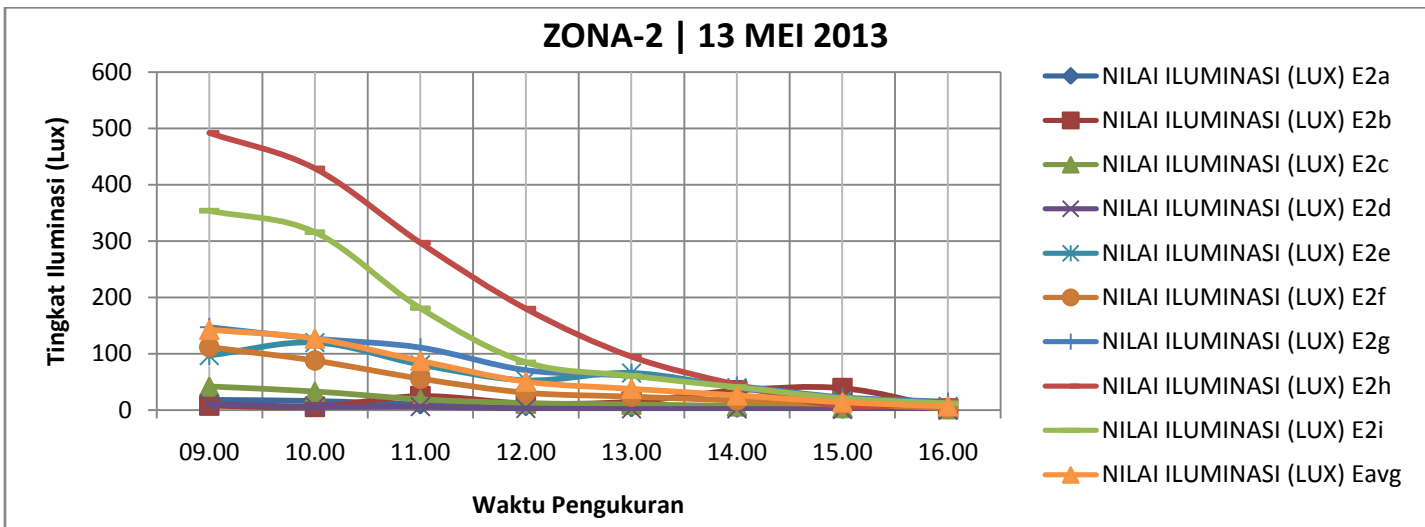
Tabel 25. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Senin, 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	18	8	42	11	97	112	147	492	354	8	492	142	CERAH
2	10.00	16	6	33	6	120	88	127	429	316	6	429	127	BERAWAN
3	11.00	10	25	19	6	81	56	111	297	181	6	297	87	BERAWAN
4	12.00	7	12	12	3	53	31	71	180	85	3	180	50	BERAWAN
5	13.00	5	15	10	2	66	24	61	95	61	2	95	38	MENDUNG
6	14.00	4	35	7	2	40	17	43	45	41	2	45	26	MENDUNG
7	15.00	2	39	4	1	17	10	23	7	21	1	39	14	MENDUNG
8	16.00	1	3	2	0	7	4	15	16	12	0	16	7	MENDUNG

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2** hari **Minggu tgl. 05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG**, belum memenuhi **standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 142Lux (CERAH), 50-87Lux (BERAWAN), dan 7-38Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 78. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Senin, 13 Mei 2013)

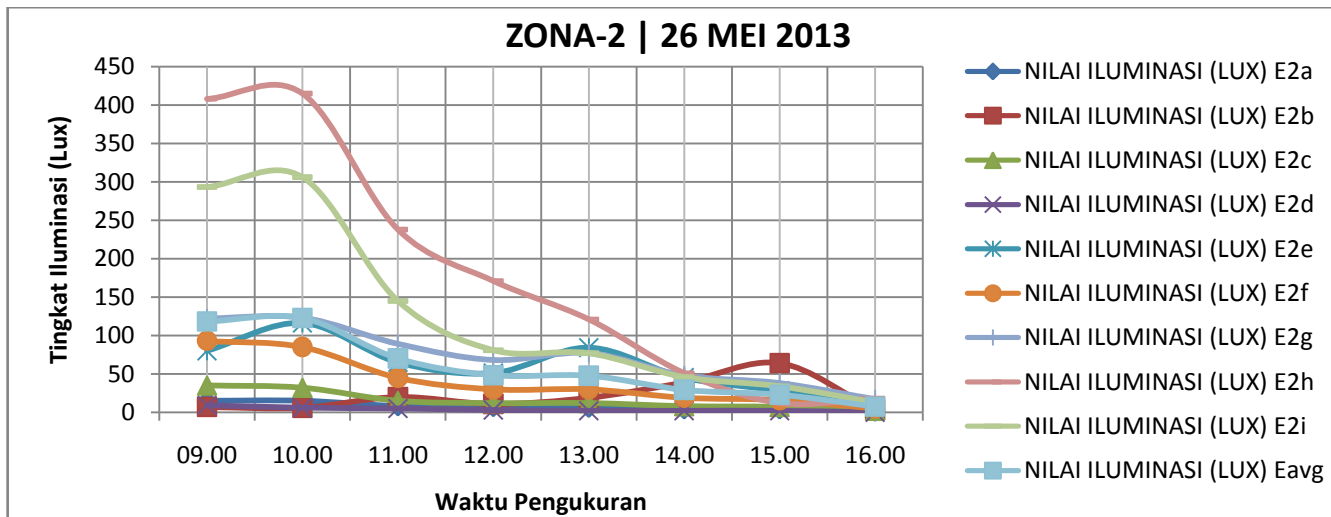
Tabel 26. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 26 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	15	7	35	9	80	93	122	408	293	7	408	118	BERAWAN
2	10.00	15	6	32	6	116	85	123	415	306	6	415	123	BERAWAN
3	11.00	8	20	15	5	65	45	89	238	145	5	238	70	BERAWAN
4	12.00	7	11	12	3	51	30	68	171	81	3	171	48	BERAWAN
5	13.00	6	19	12	2	84	30	77	121	77	2	121	48	BERAWAN
6	14.00	4	39	8	2	45	19	48	51	46	2	51	29	MENDUNG
7	15.00	4	64	7	2	28	16	38	12	34	2	64	23	MENDUNG
8	16.00	1	3	2	0	7	5	17	18	13	0	18	7	MENDUNG

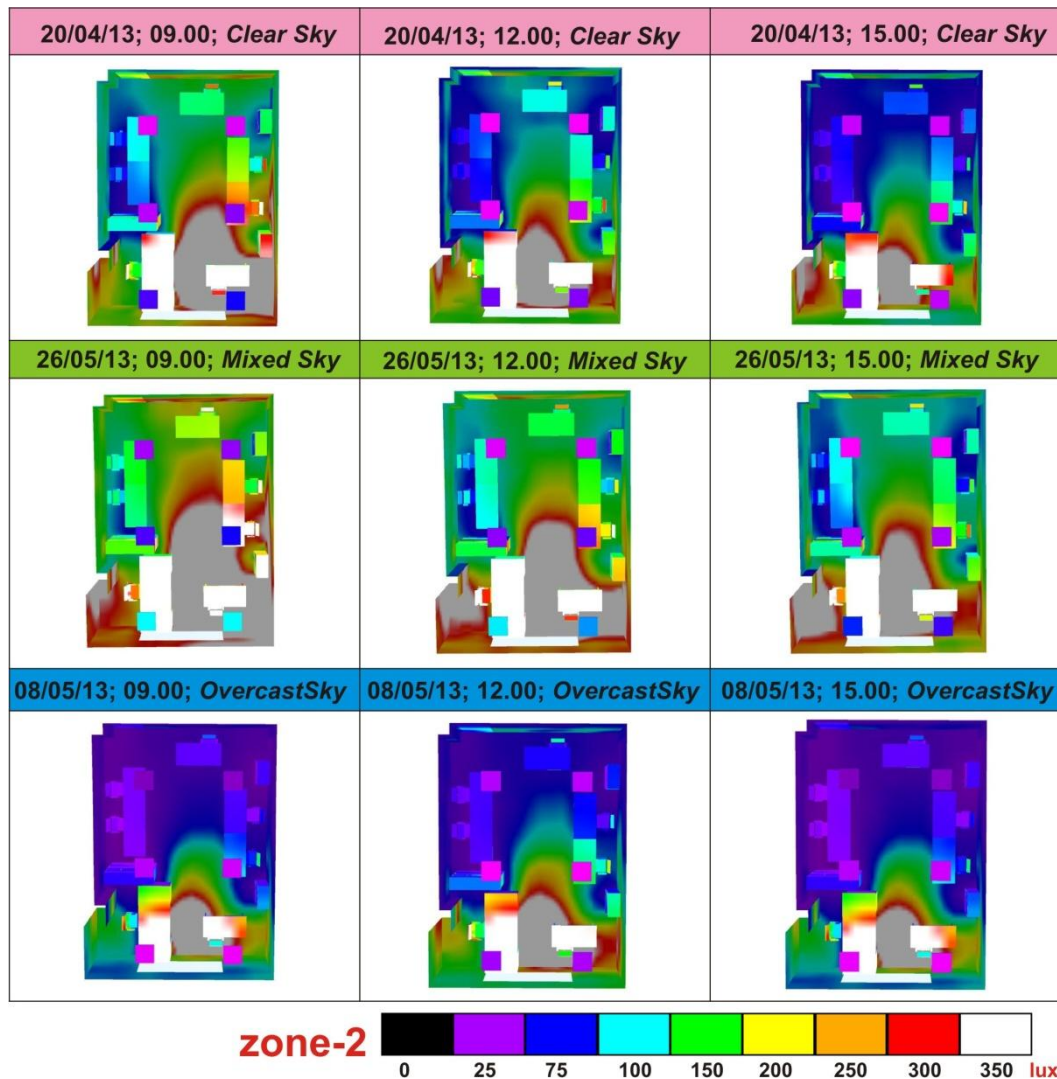
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-2** hari **Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BRWN-MENDUNG**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 70-123Lux (BERAWAN), dan 7-29Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



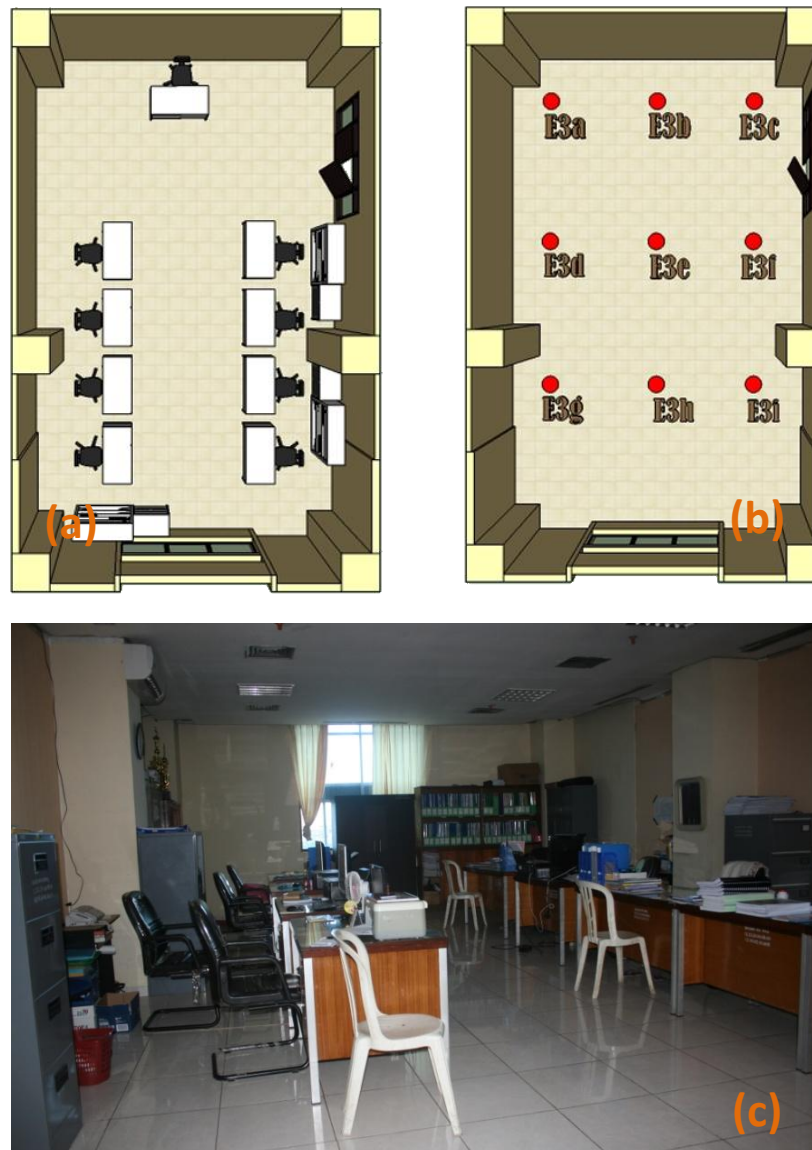
Gambar 79. Grafik Pencahayaan Alami Zona-2 (Minggu, 26 Mei 2013)



Gambar 80. False Colour Rendering Simulasi ZONA-2, Kondisi Langit Cerah (Clear Sky), Berawan (Mixed Sky), dan Mendung (Overcast Sky), DIALux 10.1 Simulation Program

iii. Kualitas Pencahayaan Alami Zona 3

Zona 3 pada obyek penelitian ini terdiri dari satu ruangan yaitu ruang Sekretariat Umum BKKBN.



Gambar 81. (a)Denah Isometri, (b)Penempatan Titik Ukur Zona-3, (c)Rg. Sekretariat Umum BKKBN

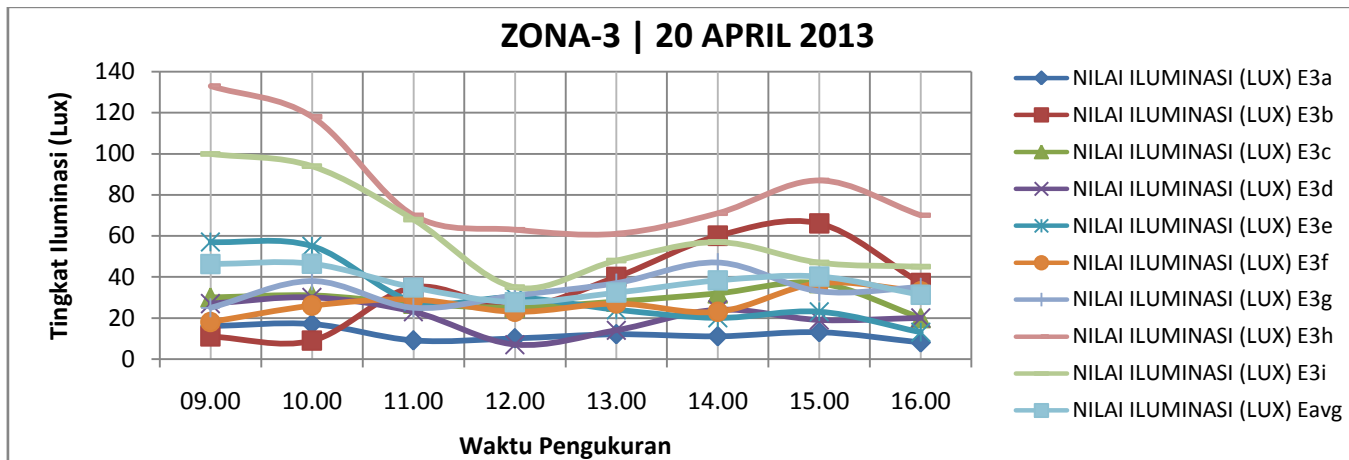
Tabel 27. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 20 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	16	11	30	27	57	18	25	133	100	11	133	46	CERAH
2	10.00	17	9	31	30	55	26	38	118	94	9	118	46	CERAH
3	11.00	9	35	27	23	28	29	25	70	68	9	70	35	CERAH
4	12.00	10	25	25	7	30	23	31	63	35	7	63	28	CERAH
5	13.00	12	40	28	14	24	27	37	61	48	12	61	32	CERAH
6	14.00	11	60	32	24	20	23	47	71	57	11	71	38	CERAH
7	15.00	13	66	37	19	23	37	33	87	47	13	87	40	CERAH
8	16.00	8	37	20	20	13	33	35	70	45	8	70	31	CERAH

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3 hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan kondisi langit **CERAH**, belum memenuhi standarisasi.

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 28-46Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 82. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 20 April 2013)

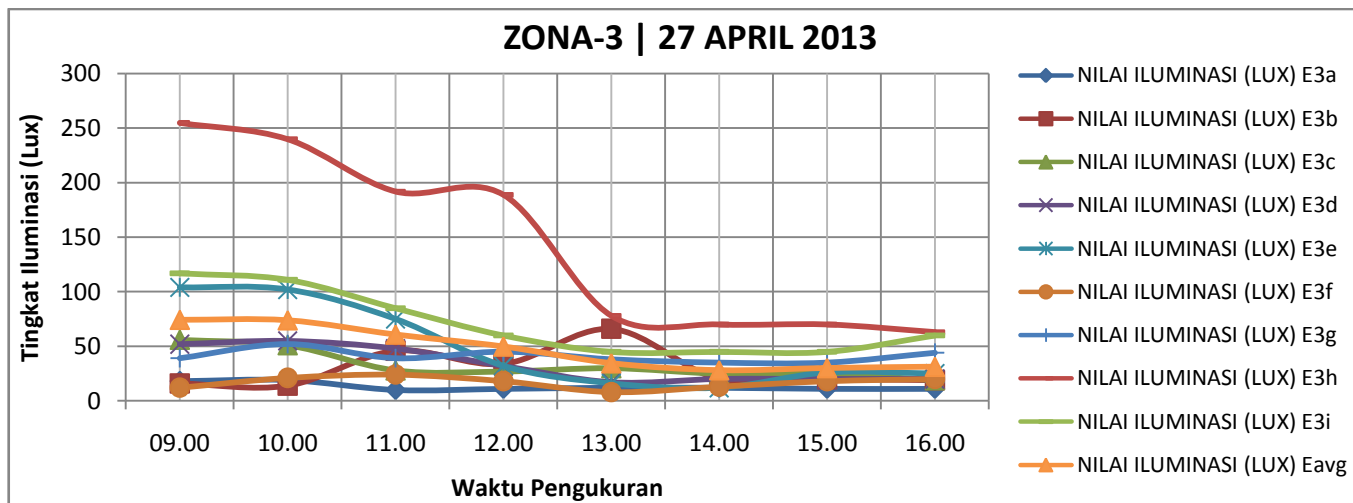
Tabel 28. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	18	16	56	52	104	12	39	255	117	12	255	74	CERAH
2	10.00	19	14	51	55	102	21	52	240	111	14	240	74	CERAH
3	11.00	10	46	28	48	75	24	39	192	85	10	192	61	CERAH
4	12.00	11	34	27	32	32	18	45	189	60	11	189	50	CERAH
5	13.00	12	66	30	17	16	8	38	78	45	8	78	34	CERAH
6	14.00	12	20	25	20	12	13	35	70	45	12	70	28	CERAH
7	15.00	11	20	25	20	26	18	35	70	45	11	70	30	CERAH
8	16.00	11	19	19	20	25	20	44	63	60	11	63	31	CERAH

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3** hari **Sabtu** tgl. **27 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH**, **belum memenuhi standarisasi.**

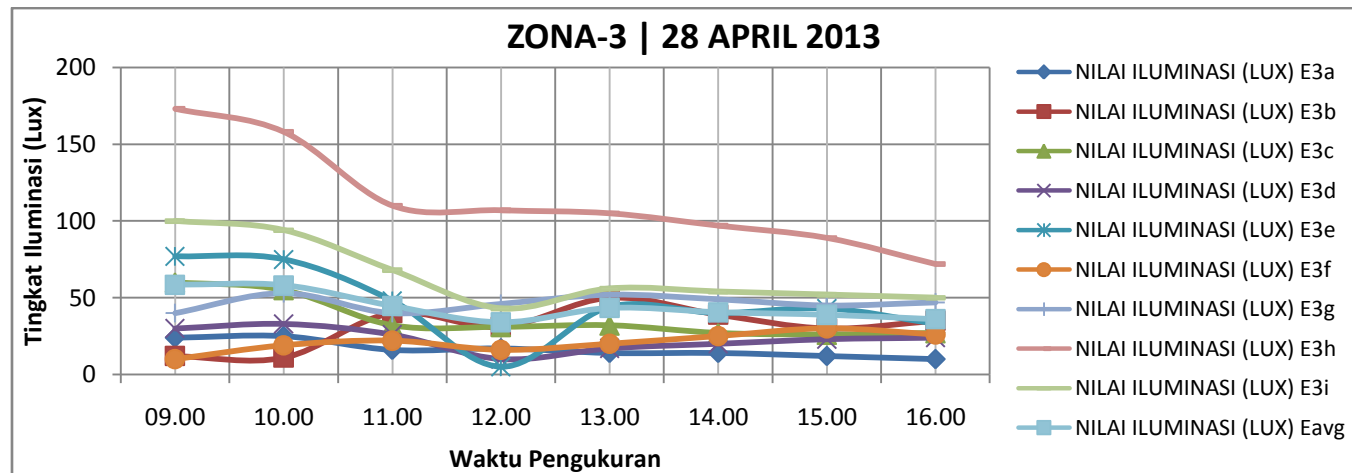
Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 28-74Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja



Gambar 83. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Sabtu, 27 April 2013)

Tabel 29. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		RAN	E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin		Emax
1	09.00	24	12	60	30	77	10	40	173	100	10	173	58	CERAH
2	10.00	25	11	55	33	75	19	53	158	94	11	158	58	CERAH
3	11.00	16	40	32	26	48	22	40	110	68	16	110	45	CERAH
4	12.00	17	31	31	10	5	16	46	107	43	5	107	34	CERAH
5	13.00	14	50	32	17	44	20	52	105	56	14	105	43	CERAH
6	14.00	14	39	27	20	40	25	49	97	54	14	97	41	CERAH
7	15.00	12	30	26	23	43	30	45	89	52	12	89	39	CERAH
8	16.00	10	35	27	24	33	26	47	72	50	10	72	36	CERAH



Gambar 84. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 28 April 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3 hari Minggu tgl. 28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH**, **belum memenuhi standarisasi.**

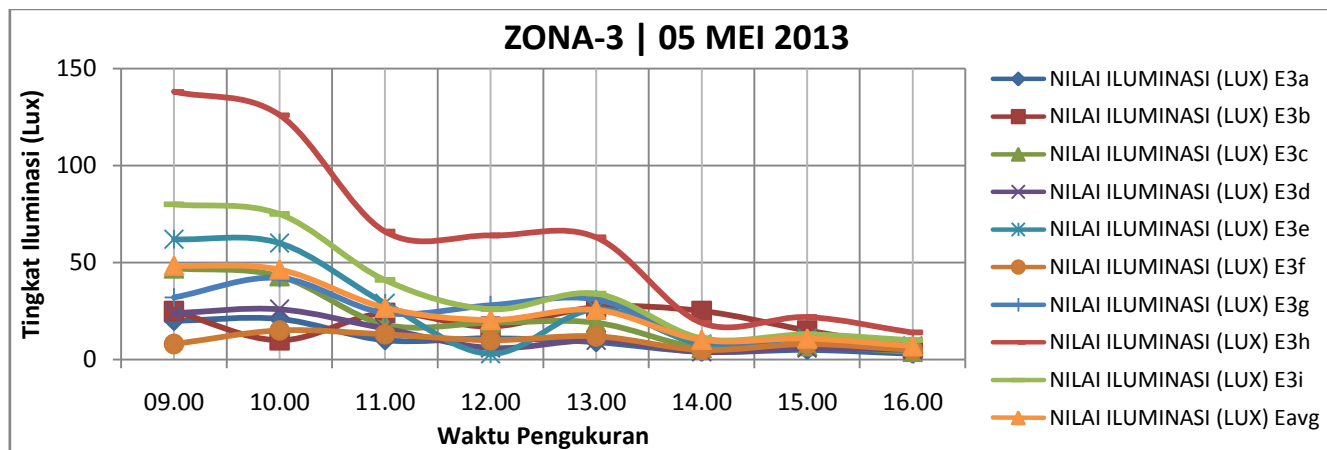
Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar **34-58Lux**, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu **350 Lux**.

Tabel 30. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 05 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	20	25	47	24	62	8	32	138	80	8	138	48	CERAH
2	10.00	21	10	43	26	60	15	42	126	75	10	126	46	CERAH
3	11.00	10	24	18	16	29	13	24	66	41	10	66	27	BERAWAN
4	12.00	11	17	19	6	3	10	28	64	26	3	64	20	BERAWAN
5	13.00	9	27	19	10	26	12	31	63	34	9	63	26	BERAWAN
6	14.00	4	25	6	4	8	5	10	19	11	4	25	10	MENDUNG
7	15.00	5	15	7	6	11	8	11	22	13	5	22	11	MENDUNG
8	16.00	3	6	4	5	7	5	9	14	10	3	14	7	MENDUNG

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3** hari **Minggu tgl. 05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG**, **belum memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 46-48Lux (CERAH), 20-27Lux (BRWN) dan 7-11Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 85. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 05 Mei 2013)

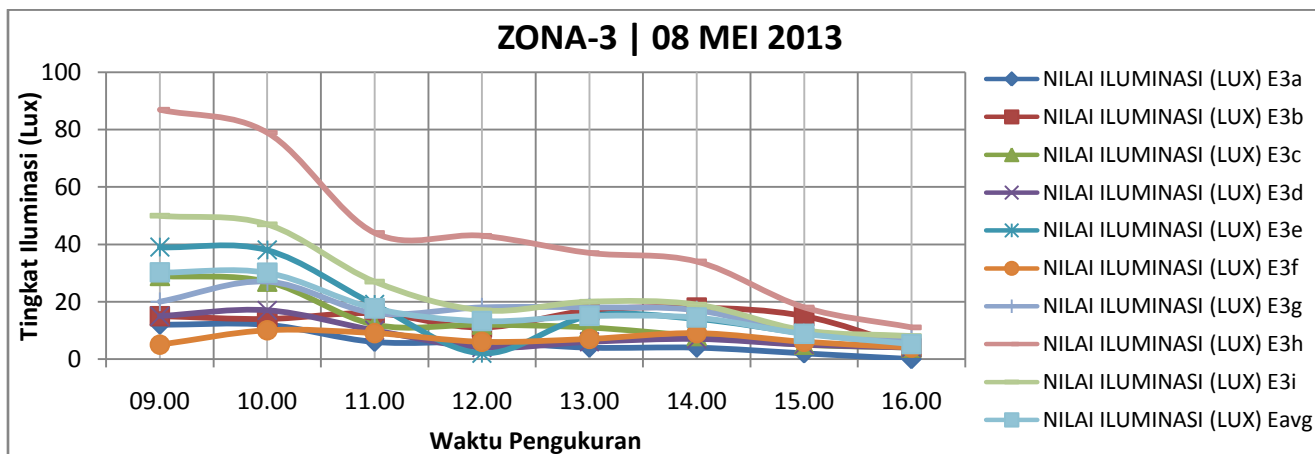
Tabel 31. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Rabu, 08 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKUR	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		AN	E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin		Emax
1	09.00	12	15	29	15	39	5	20	87	50	5	87	30	BERAWAN
2	10.00	12	14	27	17	38	10	27	79	47	10	79	30	BERAWAN
3	11.00	6	16	12	10	19	9	16	44	27	6	44	18	MENDUNG
4	12.00	6	11	12	4	2	6	18	43	17	2	43	13	MENDUNG
5	13.00	4	17	11	6	15	7	18	37	20	4	37	15	MENDUNG
6	14.00	4	18	8	7	14	9	17	34	19	4	34	14	MENDUNG
7	15.00	2	15	5	5	9	6	9	18	10	2	18	9	MENDUNG
8	16.00	0	4	4	4	5	4	7	11	8	0	11	5	MENDUNG

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3** hari **Rabu tgl. 08 Mei 2013** dengan **kondisi langit BRWN-MENDUNG**, belum memenuhi standarisasi.

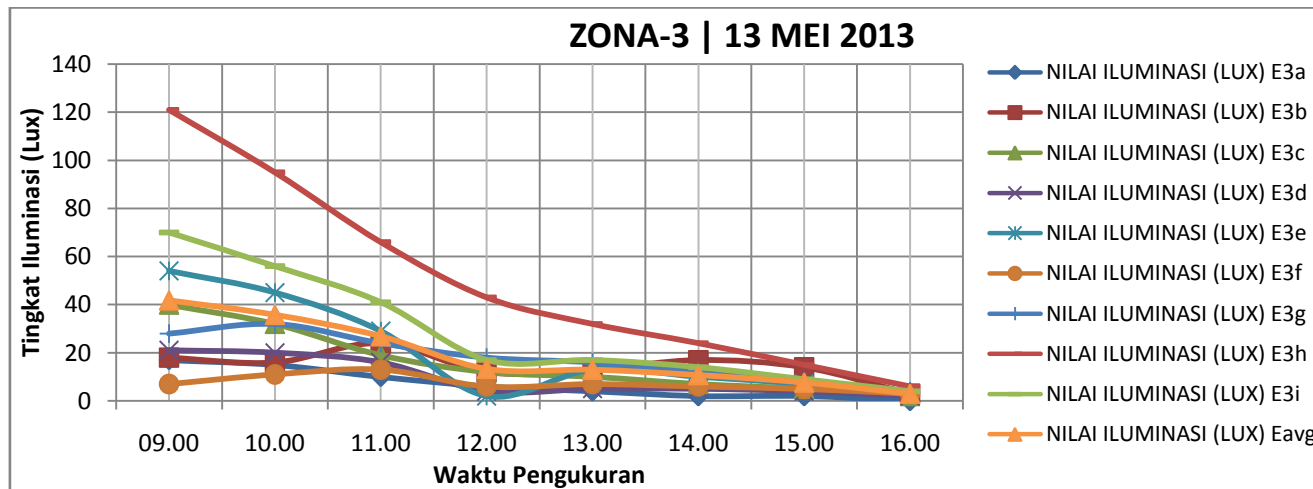
Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 30Lux (BRWN) dan 5-18Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 86. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Rabu, 08 Mei 2013)

Tabel 32. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Senin, 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	17	18	40	21	54	7	28	121	70	7	121	42	CERAH
2	10.00	15	16	32	20	45	11	32	95	56	11	95	36	BERAWAN
3	11.00	10	24	19	16	29	13	24	66	41	10	66	27	BERAWAN
4	12.00	6	12	12	4	2	6	18	43	17	2	43	13	BERAWAN
5	13.00	4	13	10	5	13	7	16	32	17	4	32	13	MENDUNG
6	14.00	2	17	7	5	10	6	12	24	14	2	24	11	MENDUNG
7	15.00	2	14	5	4	7	5	8	15	9	2	15	8	MENDUNG
8	16.00	0	3	2	2	3	3	4	6	4	0	6	3	MENDUNG



Gambar 87. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Senin, 13 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3** hari **Senin tgl. 13 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 42 Lux (CERAH), 13-36 Lux (BRWN) dan 3-13Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

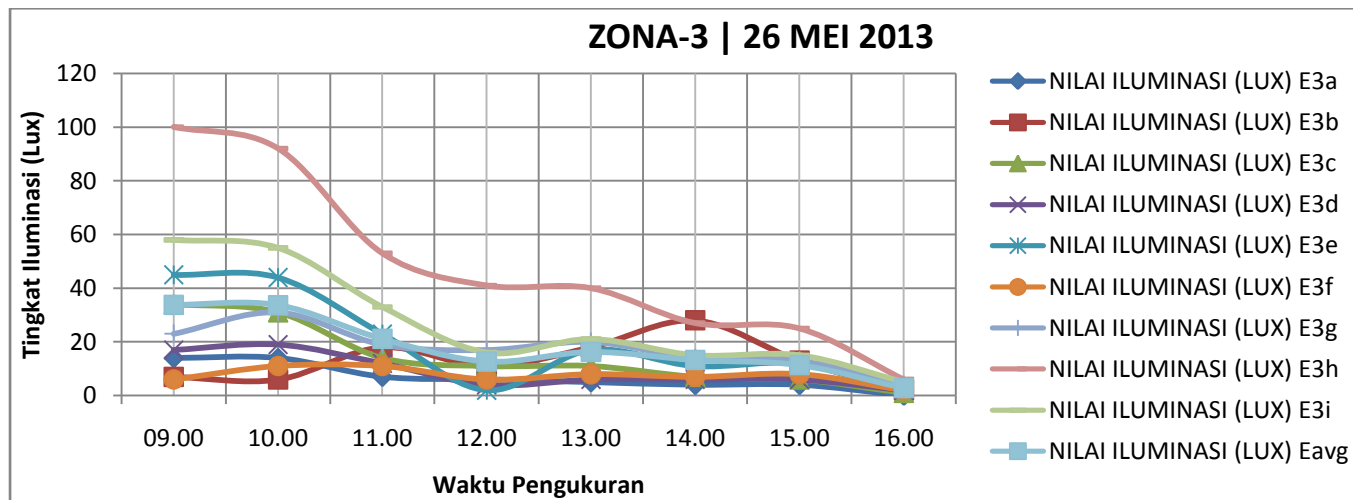
Tabel 33. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 26 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	14	7	34	17	45	6	23	100	58	6	100	34	BERAWAN
2	10.00	14	6	31	19	44	11	31	92	55	6	92	34	BERAWAN
3	11.00	7	18	14	12	23	11	19	53	33	7	53	21	BERAWAN
4	12.00	6	11	11	4	2	6	17	41	16	2	41	13	BERAWAN
5	13.00	5	18	11	6	17	8	20	40	21	5	40	16	BERAWAN
6	14.00	4	28	7	6	11	7	14	27	15	4	28	13	MENDUNG
7	15.00	4	13	6	6	12	8	13	25	15	4	25	11	MENDUNG
8	16.00	0	2	1	2	3	2	4	6	5	0	6	3	MENDUNG

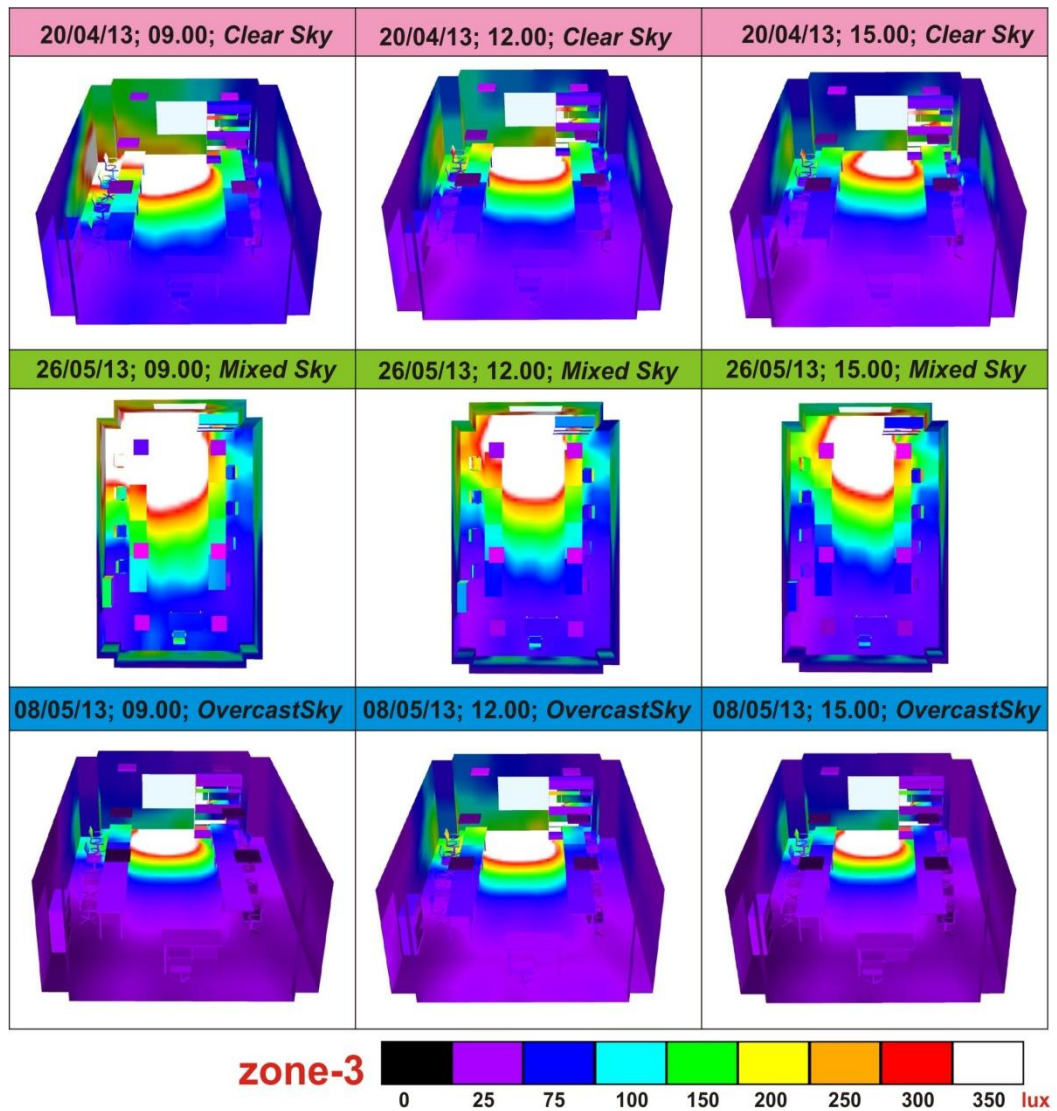
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-3** hari **Senin tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BRWN-MENDUNG**, **belum memenuhi standarisasi.**

Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 13-34Lux (BRWN) dan 3-13 Lux (MENDUNG) yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 88. Grafik Pencahayaan Alami Zona-3 (Minggu, 26 Mei 2013)



Gambar 89. False Colour Rendering Simulasi ZONA-3, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*), *DIALux 10.1 Simulation Program*

iv. Kualitas Pencahayaan Alami Zona-4

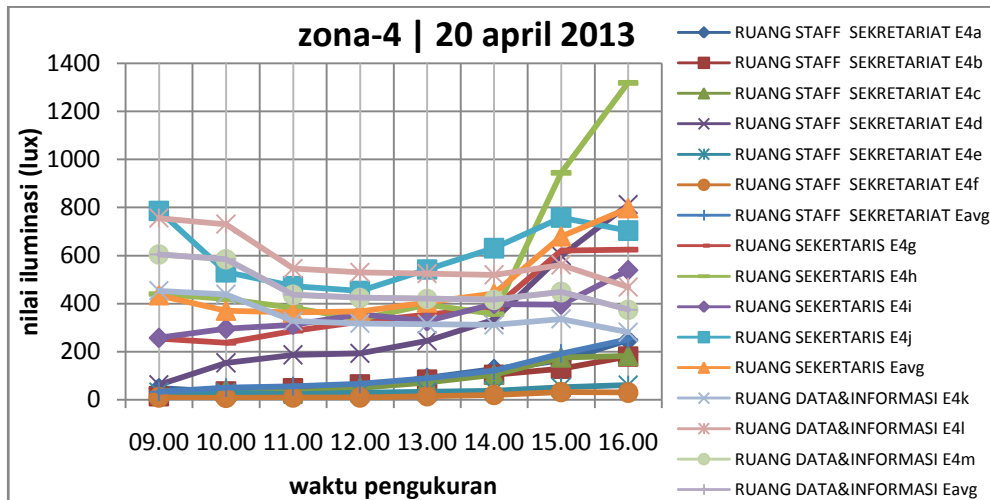
Zona 4 pada obyek penelitian ini terdiri dari tiga ruangan yaitu ruang Bidang Data dan Informasi, ruang Sekretariat Kepala BKKBN, dan ruang Sekretaris BKKBN. Antara ruang satu dengan yang lainnya, dibatasi oleh partisi setinggi 2 meter.



Gambar 90. (a)Denah Isometri, (b)Penempatan Titik Ukur Zona-4,
(c)Rg.Sekretariat Kepala BKKBN (d)Rg.Sekertaris BKKBN
(e)Rg.Bidang Data dan Informasi

Tabel 34. Hasil Pengukuran dan Grafik Pencahayaan Alami Eksisting Zona-4 (Sabtu 20 April 2013)

NO.	WAKTU	RUANG STAFF SEKRETARIAT							RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	48	15	35	63	32	10	34	255	441	258	786	435	454	756	605	605	CERAH
2	10.00	35	35	42	154	30	8	51	237	420	296	531	371	439	731	585	585	CERAH
3	11.00	44	48	31	187	23	9	57	287	383	312	473	364	328	546	437	437	CERAH
4	12.00	54	64	50	193	30	10	67	325	336	355	453	367	318	530	424	424	CERAH
5	13.00	91	84	72	245	34	15	90	354	396	327	542	405	315	525	420	420	CERAH
6	14.00	128	104	105	333	38	20	121	383	357	399	631	443	312	520	416	416	CERAH
7	15.00	167	130	176	600	52	32	193	621	945	396	758	680	337	561	449	449	CERAH
8	16.00	248	180	183	812	61	30	252	625	1320	540	704	797	281	469	375	375	CERAH



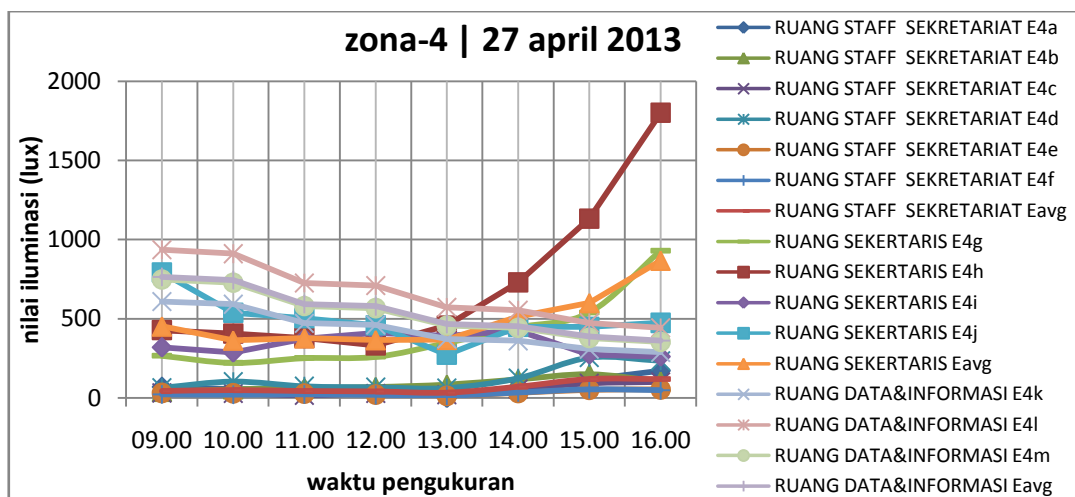
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Eavg pada **Zona-4** hari **Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, MEMENUHI** standarisasi pada ruang Bid.Data (416-605 Lux) & Ruang Sekretaris (364-797 Lux), tetapi pada Ruang Staff Sekretariat **BKKBN BELUM MEMENUHI** standarisasi (34-252 Lux). Hal tersebut dikarenakan angka pengukuran iluminasi di ruang sekretariat masih dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 91. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu 20 April 2013)

Tabel 35. Hasil Pengukuran dan Grafik Pencahayaan Alami Eksisting Zona-4 (Sabtu 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT						RUANG SEKERTARIS						RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	71	40	33	65	32	23	44	267	428	320	793	452	608	936	749	764	CERAH
2	10.00	57	56	30	104	30	21	50	222	406	288	538	364	592	911	729	744	CERAH
3	11.00	55	63	18	74	29	23	44	252	379	375	505	378	472	726	581	593	CERAH
4	12.00	35	70	30	68	23	20	41	260	332	412	460	366	462	710	568	580	CERAH
5	13.00	1	85	22	63	14	15	33	348	457	393	274	368	372	573	458	468	CERAH
6	14.00	59	118	58	125	33	35	71	446	730	426	450	513	361	555	444	453	CERAH
7	15.00	117	150	93	255	52	55	120	540	1132	275	450	599	309	475	380	388	CERAH
8	16.00	173	105	102	235	55	50	120	930	1800	262	475	867	289	444	355	363	CERAH



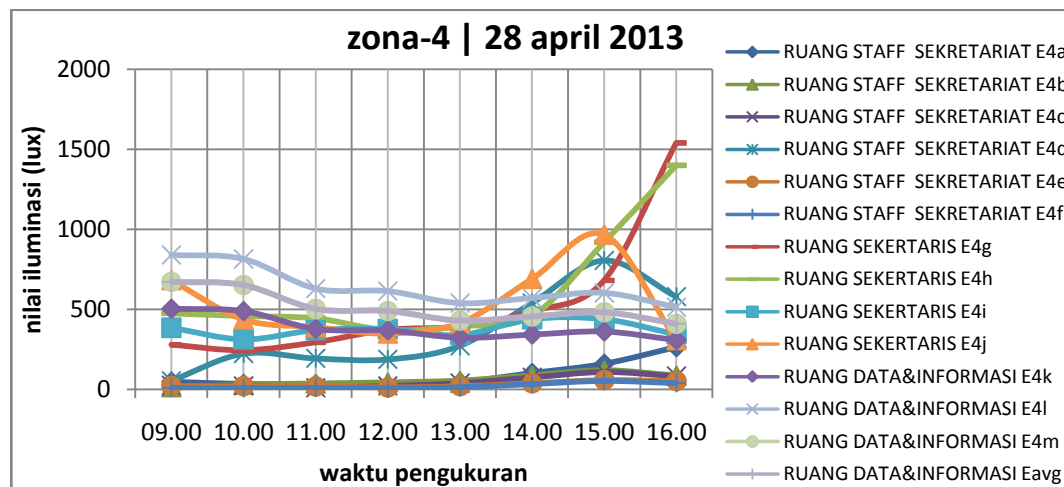
Gambar 92. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu 27 April 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4 hari Sabtu tgl. 27 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, MEMENUHI STANDARISASI** pada Rg.Bidang Data (363-764 Lux) & Rg.Sekretaris (366-867 Lux), tetapi **BELUM MEMENUHI** standarisasi pada Ruang Sekretariat BKKBN (33-120 Lux). Hal tersebut dikarenakan iluminasi di ruang sekretariat pada pukul masih dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 36. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Eksisting Zona-4 (Minggu 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT							RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	48	14	25	55	22	10	29	280	476	385	683	456	504	840	672	672	CERAH
2	10.00	34	30	22	224	20	8	56	245	459	313	438	364	489	815	652	652	CERAH
3	11.00	32	37	10	194	19	10	50	295	445	370	390	375	378	630	504	504	CERAH
4	12.00	12	44	22	188	13	7	48	373	371	377	350	368	368	614	491	491	CERAH
5	13.00	44	55	39	273	20	14	74	394	396	340	415	386	323	539	431	431	CERAH
6	14.00	102	88	75	540	39	34	146	488	460	439	691	520	343	571	457	457	CERAH
7	15.00	160	120	110	806	58	54	218	682	920	438	967	752	362	603	482	482	CERAH
8	16.00	264	87	83	580	52	40	184	1540	1400	344	309	898	308	514	411	411	CERAH



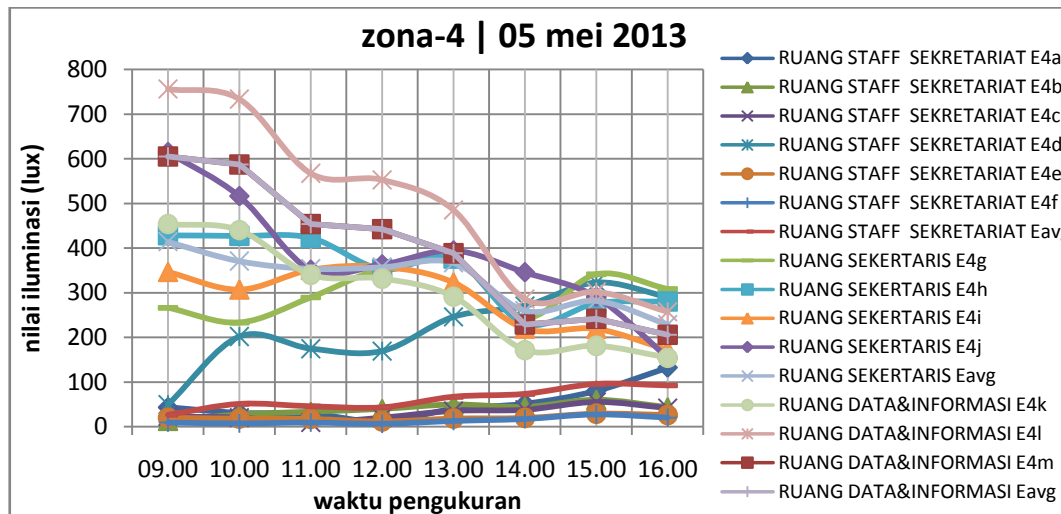
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4** hari **Minggu tgl. 28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, MEMENUHI STANDARISASI** pada ruang **Bid.Data (431-672 Lux) & Rg.Sekretaris (365-898 Lux)**, **tetapi BELUM MEMENUHI** standarisasi pada **Ruang Sekretariat BKKBN (29-218)**. Hal tersebut dikarenakan angka pengukuran iluminasi di ruang sekretariat masih dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 93. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Sabtu 28 April 2013)

Tabel 37. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Eksisting Zona-4 (Minggu 05 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT						RUANG SEKERTARIS						RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	43	13	23	50	20	9	26	266	428	347	615	414	454	756	605	605	CERAH
2	10.00	31	27	20	202	18	7	51	233	427	307	516	371	440	734	587	587	CERAH
3	11.00	29	33	9	175	17	9	45	289	423	352	351	354	340	567	454	454	BERAWAN
4	12.00	11	40	20	169	12	6	43	354	352	358	363	357	332	553	442	442	BERAWAN
5	13.00	40	50	35	246	18	13	67	374	376	323	394	367	291	485	388	388	BERAWAN
6	14.00	51	44	38	270	20	17	73	244	230	220	346	260	171	286	228	228	MENDUNG
7	15.00	80	60	55	322	29	27	96	341	276	219	290	282	181	302	241	241	MENDUNG
8	16.00	132	44	42	290	26	20	92	308	280	172	155	229	154	257	206	206	MENDUNG



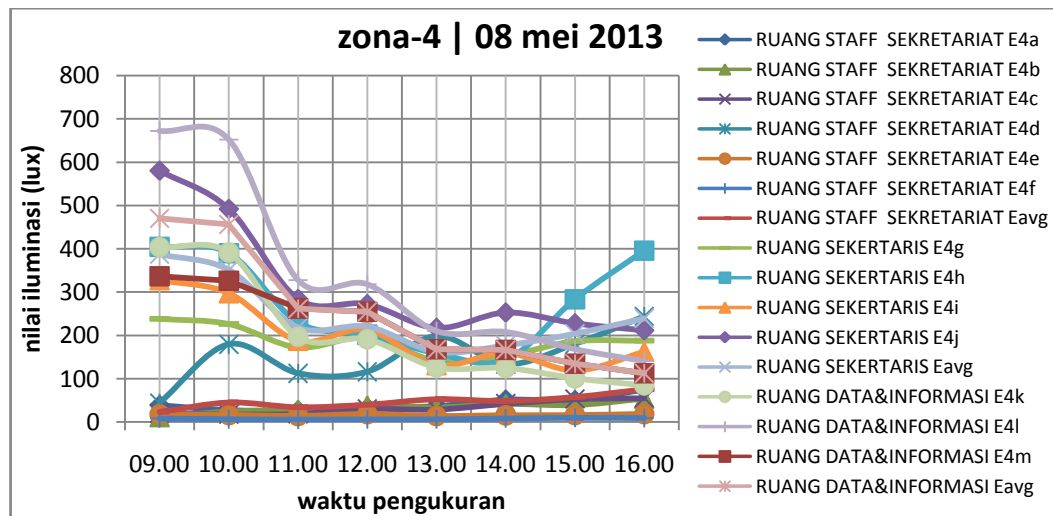
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4** hari **Minggu tgl. 05 Mei 2013** untuk ruang **Sekretaris BKKBN & ruang Bidang Data MEMENUHI STANDARISASI** pada kondisi langit **CERAH & BERAWAN**, pada kondisi **MENDUNG BELUM MEMENUHI**. Sedang pada Ruang Sekretariat **BELUM MEMENUHI** standarisasi iluminasi untuk ruang kerja yaitu 350 lux..

Gambar 94. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu 05 Mei 2013)

Tabel 38. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Rabu 08 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT							RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	38	11	20	44	18	8	23	238	405	327	581	388	403	672	336	470	BERAWAN
2	10.00	27	24	18	179	16	6	45	226	390	297	492	351	391	652	326	456	BERAWAN
3	11.00	26	29	19	112	14	5	34	172	230	187	284	218	197	328	262	262	MENDUNG
4	12.00	32	38	30	116	18	6	40	195	202	213	272	220	191	318	254	254	MENDUNG
5	13.00	36	34	29	198	14	6	53	142	158	131	217	162	126	210	168	168	MENDUNG
6	14.00	51	42	42	133	15	8	49	153	143	160	252	177	125	208	166	166	MENDUNG
7	15.00	50	39	53	180	16	10	58	186	284	119	227	204	101	168	135	135	MENDUNG
8	16.00	74	54	55	244	18	9	76	188	396	162	211	239	84	141	113	113	MENDUNG



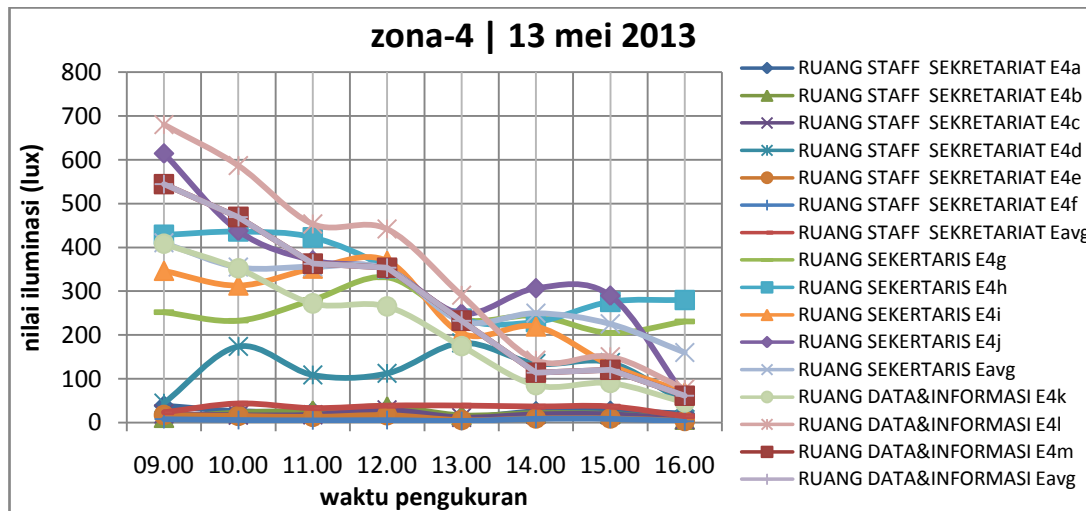
Gambar 95. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Rabu 08 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4** hari **Rabu tgl. 08 Mei 2013** dengan kondisi langit **BERAWAN-MENDUNG**, **MEMENUHI STANDARISASI** pada ruang **Sekretaris BKKBN & rg. Bidang Data** pada kondisi langit **BERAWAN**, pada kondisi **MENDUNG BELUM MEMENUHI**. Sedang pada ruang **Sekretariat BELUM MEMENUHI** standarisasi iluminasi untuk ruang kerja yaitu 350 lux.

Tabel 39. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Senin 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT						RUANG SEKERTARIS						RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	39	11	20	45	18	8	23	252	428	347	615	410	408	680	544	544	CERAH
2	10.00	26	23	17	174	16	6	44	233	436	313	438	355	352	587	469	469	BERAWAN
3	11.00	26	28	18	109	13	5	33	280	423	352	371	356	272	454	363	363	BERAWAN
4	12.00	31	37	29	112	17	6	39	332	352	369	350	351	265	442	354	354	BERAWAN
5	13.00	13	17	12	182	6	4	39	236	238	204	249	232	175	291	233	233	MENDUNG
6	14.00	26	22	19	135	10	9	37	244	230	220	307	250	86	143	114	114	MENDUNG
7	15.00	27	20	19	137	10	9	37	205	276	131	290	226	90	151	121	121	MENDUNG
8	16.00	21	7	7	46	4	3	15	231	280	69	62	160	46	77	62	62	MENDUNG



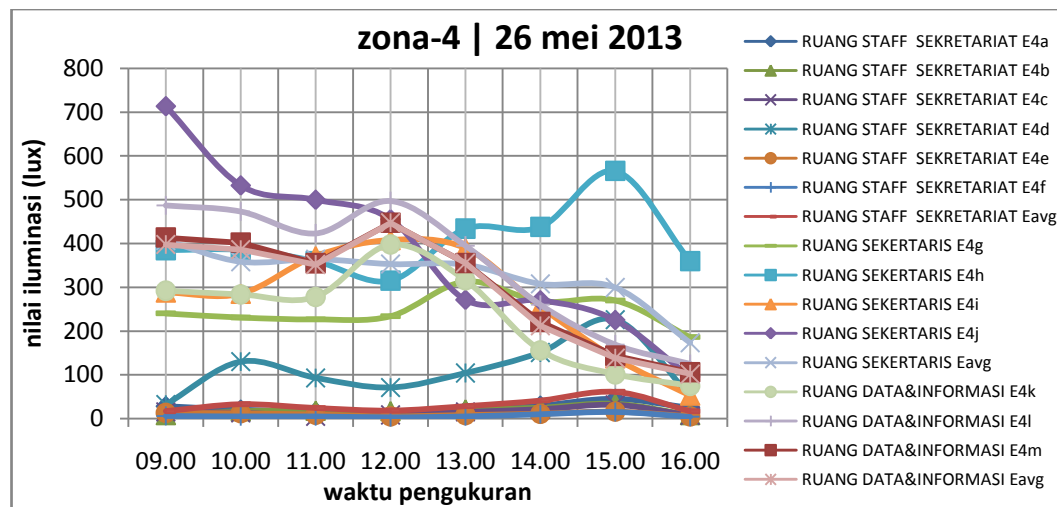
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4** hari Rabu tgl. **13 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH--BERAWAN--MENDUNG**, Untuk ruang Sekertaris BKKBN & ruang Bidang Data memenuhi standarisasi pada kondisi langit **CERAH &BERAWAN**, pada kondisi **MENDUNG** belum memenuhi. Sedang pada ruang Sekertariat belum memenuhi standarisasi iluminasi untuk ruang kerja yaitu 350 lux.

Gambar 96. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Senin 13 Mei 2013)

Tabel 40. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu 26 Mei 2013)

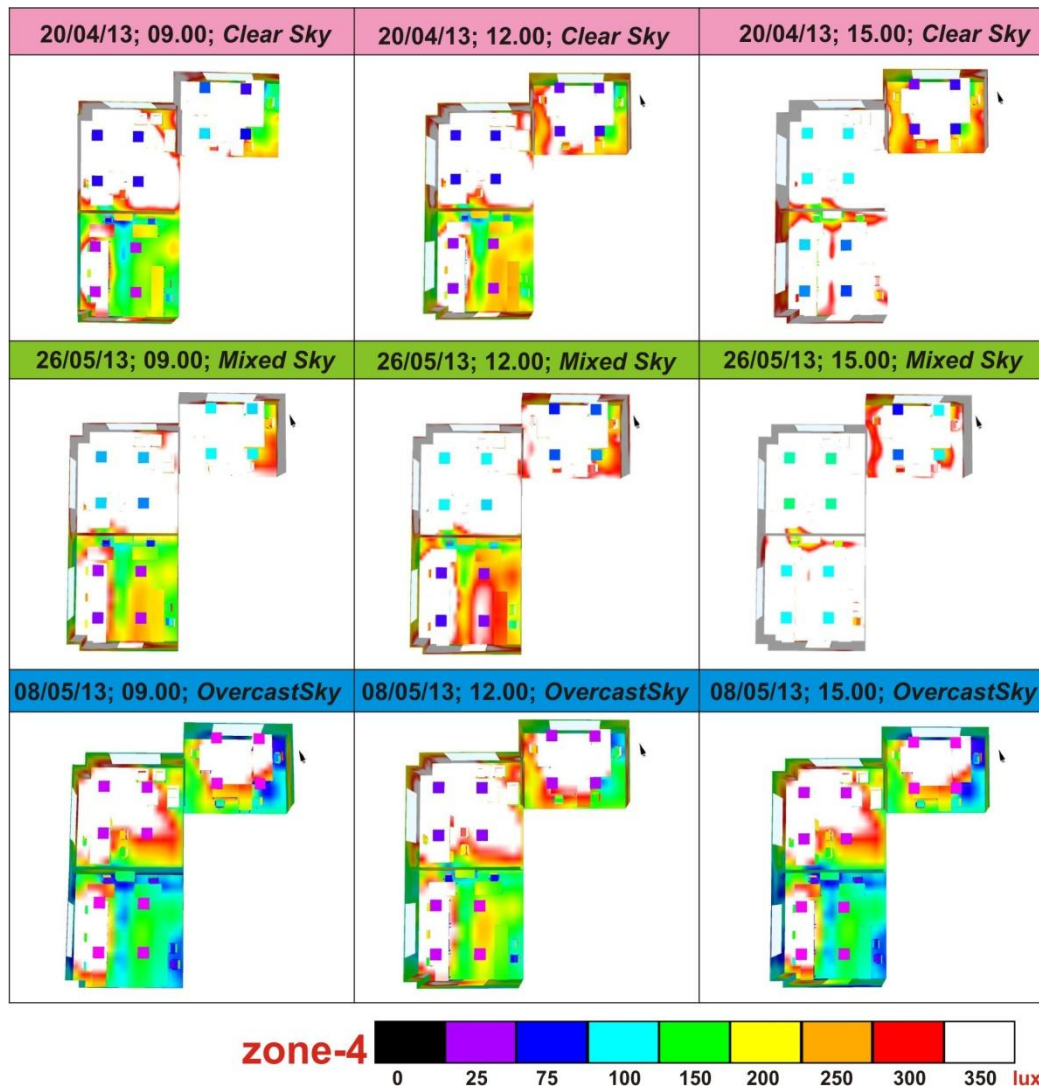
NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT						RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT	
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m		Eavg
1	09.00	28	8	15	32	13	6	17	240	385	288	714	407	292	487	414	398	BERAWAN
2	10.00	20	17	13	130	12	5	33	231	386	285	533	359	284	473	402	386	BERAWAN
3	11.00	15	18	5	93	9	5	24	227	360	371	500	365	278	423	355	352	BERAWAN
4	12.00	5	17	8	71	5	3	18	234	315	408	455	353	398	497	447	447	BERAWAN
5	13.00	17	21	15	104	8	5	28	313	434	389	271	352	316	395	356	356	BERAWAN
6	14.00	29	25	21	151	11	10	41	268	438	256	270	308	156	260	221	212	MENDUNG
7	15.00	45	34	31	226	16	15	61	270	566	138	225	300	101	169	144	138	MENDUNG
8	16.00	24	8	7	52	5	4	17	186	360	52	95	173	75	125	106	102	MENDUNG



Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-4** hari **Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG**, Untuk ruang Sekertaris BKKBN & ruang Bidang Data memenuhi standarisasi pada kondisi langit **BERAWAN**, pada kondisi **MENDUNG** belum memenuhi. Sedang pada ruang Sekertariat belum memenuhi standarisasi iluminasi untuk ruang kerja yaitu 350 lux.

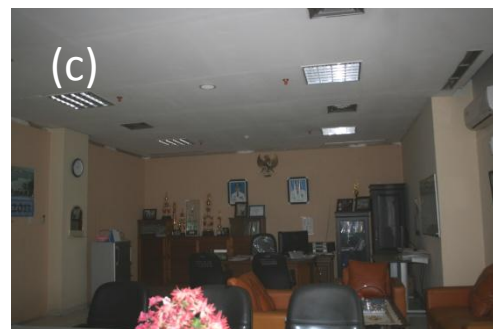
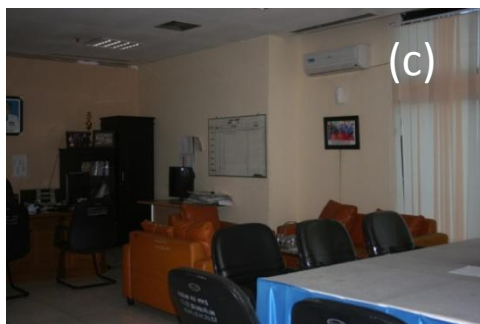
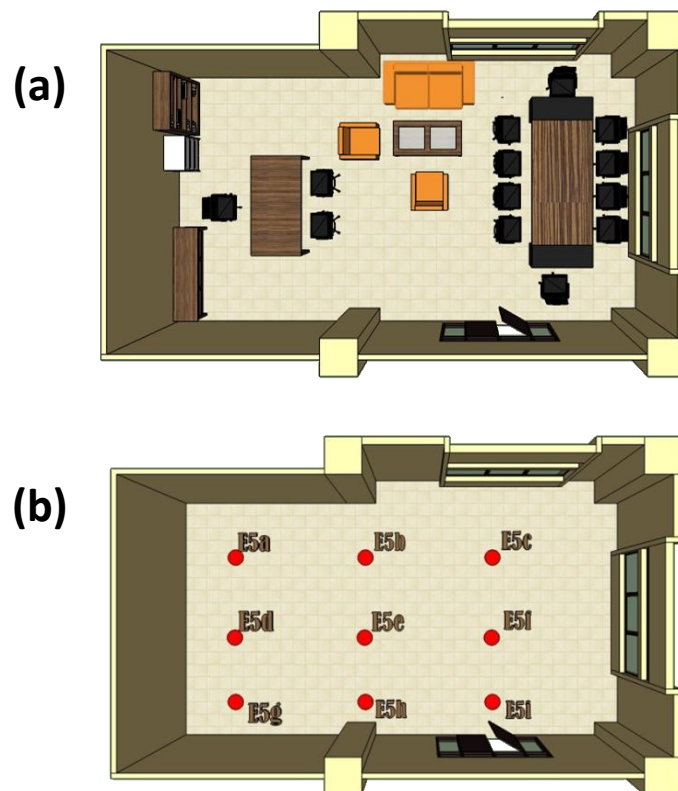
Gambar 97. Grafik Pencahayaan Alami Zona-4 (Minggu 26 Mei 2013)



Gambar 98. *False Colour Rendering* Simulasi ZONA-4, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*), *DIALux 10.1 Simulation Program*

v. Kualitas Pencahayaan Alami Zona 5

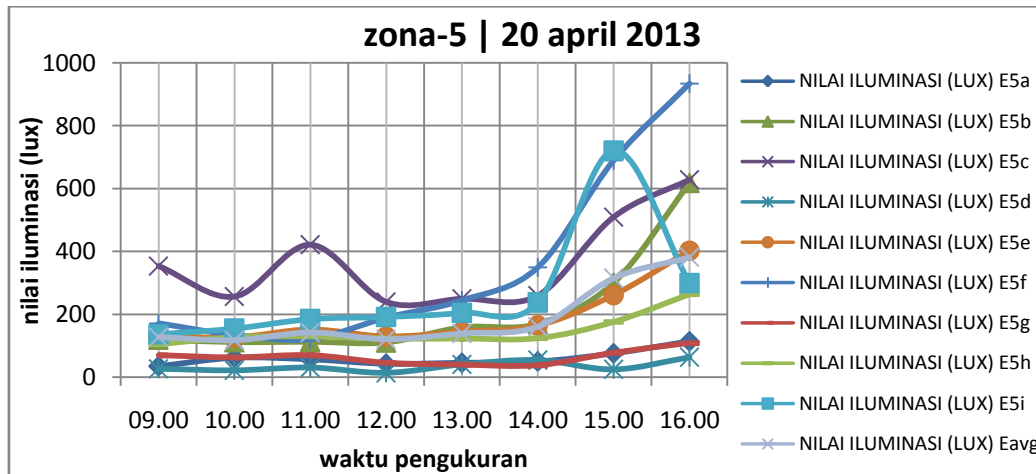
Zona 5 pada obyek penelitian ini hanya terdiri dari satu ruangan yaitu ruang Kepala BKKBN. Luas ruangan yaitu 60 m², dengan ukuran ruang 10x6 meter.



Gambar 99. (a)Denah Isometri, (b)Penempatan Titik Ukur Zona-5, (c)Rg. Kepala BKKBN

Tabel 41. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 20 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	35	120	354	27	132	172	70	105	137	27	354	128	CERAH
2	10.00	62	112	257	22	127	135	63	127	155	22	257	118	CERAH
3	11.00	57	113	422	31	152	122	70	130	185	31	422	142	CERAH
4	12.00	43	111	240	14	130	190	46	123	192	14	240	121	CERAH
5	13.00	46	159	250	41	145	245	40	123	205	40	250	139	CERAH
6	14.00	50	170	260	55	165	350	38	124	238	38	350	161	CERAH
7	15.00	76	301	510	25	262	690	78	176	721	25	721	315	CERAH
8	16.00	114	618	629	64	403	934	109	264	300	64	934	382	CERAH



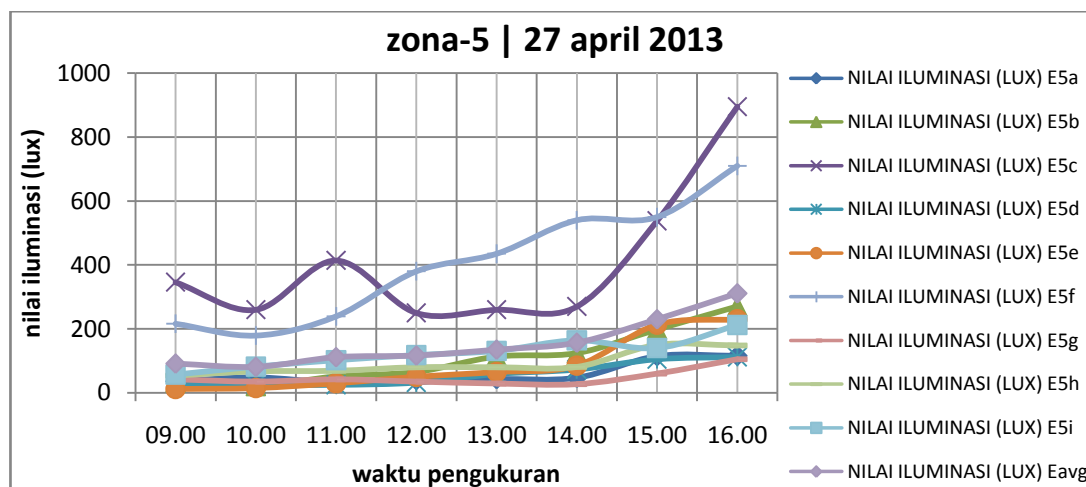
Gambar 100. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 20 April 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5 hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, memenuhi standarisasi pada pukul 16.00**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya mencapai 382 Lux, yang berarti diatas standar, sedang pada jam-jam sebelumnya berkisar 118-315Lux yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 42. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	36	31	346	30	12	216	42	54	57	12	346	92	CERAH
2	10.00	48	21	260	26	15	179	35	67	82	15	260	81	CERAH
3	11.00	32	51	414	25	30	239	42	69	102	25	414	112	CERAH
4	12.00	40	65	250	32	50	380	35	80	118	32	380	117	CERAH
5	13.00	43	113	260	59	65	435	29	80	131	29	435	135	CERAH
6	14.00	47	124	270	73	85	540	27	81	164	27	540	157	CERAH
7	15.00	115	198	538	105	213	550	60	150	140	60	550	230	CERAH
8	16.00	116	270	895	112	230	710	105	148	212	105	895	311	CERAH



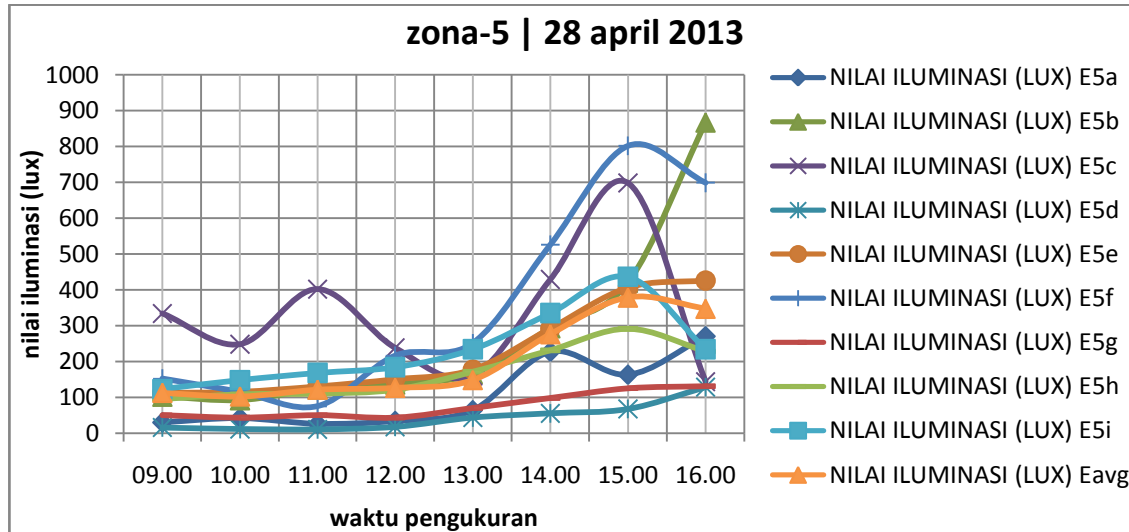
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5** hari **Sabtu tgl. 27 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 81-311Lux yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 101. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Sabtu, 27 April 2013)

Tabel 43. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	30	102	334	15	112	152	50	95	123	15	334	113	CERAH
2	10.00	42	92	248	11	115	115	43	108	148	11	248	102	CERAH
3	11.00	26	122	402	10	130	75	50	110	168	10	402	121	CERAH
4	12.00	34	136	238	17	150	216	43	121	184	17	238	127	CERAH
5	13.00	64	165	160	43	177	251	70	171	234	43	251	148	CERAH
6	14.00	227	293	429	55	292	526	98	231	335	55	526	276	CERAH
7	15.00	163	420	698	67	406	802	125	291	436	67	802	379	CERAH
8	16.00	270	867	144	128	426	699	131	228	234	128	867	347	CERAH



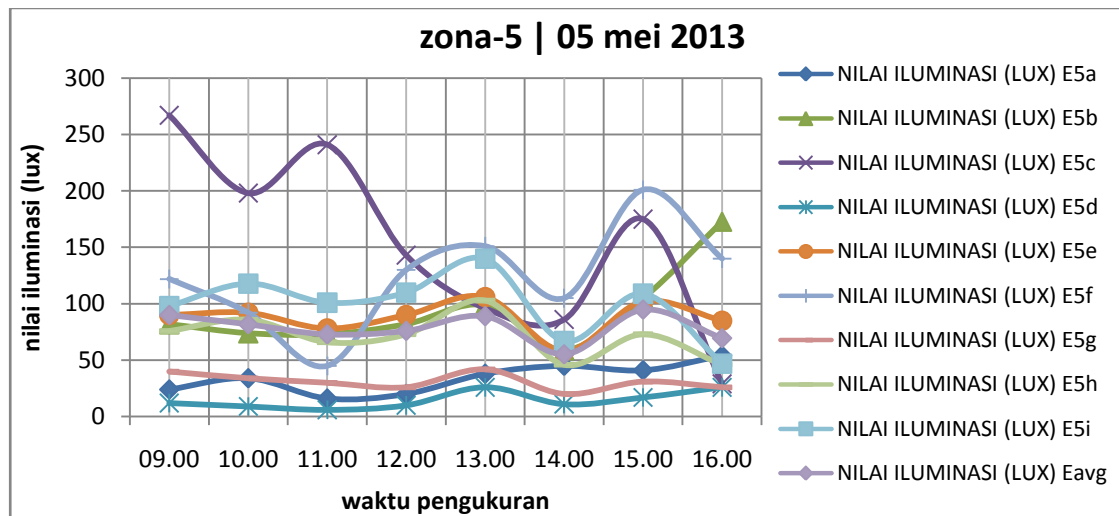
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5 hari Minggu tgl. 28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, tidak memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 102-347Lux yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 102. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 28 April 2013)

Tabel 44. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 05 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	24	82	267	12	90	122	40	76	98	12	267	90	CERAH
2	10.00	34	74	198	9	92	92	34	86	118	9	198	82	CERAH
3	11.00	16	73	241	6	78	45	30	66	101	6	241	73	BERAWAN
4	12.00	20	82	143	10	90	130	26	73	110	10	143	76	BERAWAN
5	13.00	38	99	96	26	106	151	42	103	140	26	151	89	BERAWAN
6	14.00	45	59	86	11	58	105	20	46	67	11	105	55	MENDUNG
7	15.00	41	105	175	17	102	201	31	73	109	17	201	95	MENDUNG
8	16.00	54	173	29	26	85	140	26	46	47	26	173	70	MENDUNG



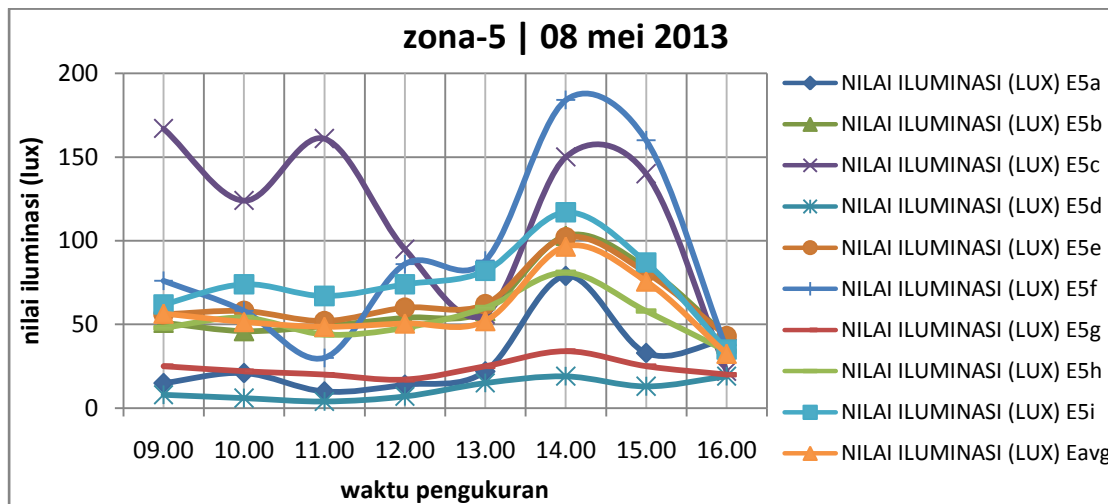
Gambar 103. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 05 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5 hari Minggu tgl. 05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 55-95Lux yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 45. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Rabu, 08 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	15	51	167	8	56	76	25	48	62	8	167	56	BERAWAN
2	10.00	21	46	124	6	58	58	22	54	74	6	124	51	BERAWAN
3	11.00	10	49	161	4	52	30	20	44	67	4	161	49	MENDUNG
4	12.00	14	54	95	7	60	86	17	48	74	7	95	51	MENDUNG
5	13.00	22	58	56	15	62	88	25	60	82	15	88	52	MENDUNG
6	14.00	79	103	150	19	102	184	34	81	117	19	184	97	MENDUNG
7	15.00	33	84	140	13	81	160	25	58	87	13	160	76	MENDUNG
8	16.00	41	43	22	19	43	35	20	34	35	19	43	32	MENDUNG



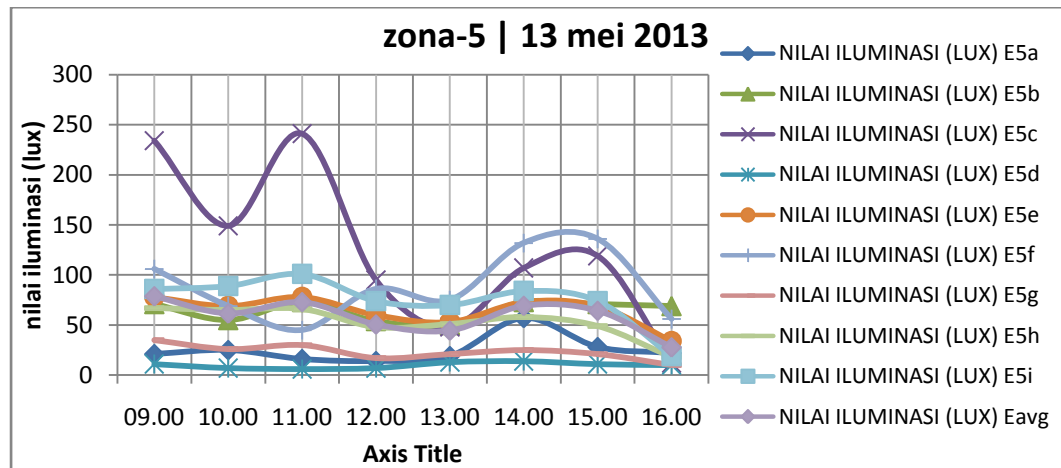
Gambar 104. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Rabu, 08 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5** hari Rabu tgl. **08 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG**, **tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 32-97Lux yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 46. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Senin, 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	21	71	234	11	78	106	35	67	86	11	234	79	CERAH
2	10.00	25	55	149	7	69	69	26	65	89	7	149	62	BERAWAN
3	11.00	16	73	241	6	78	45	30	66	101	6	241	73	BERAWAN
4	12.00	14	54	95	7	60	86	17	48	74	7	95	51	BERAWAN
5	13.00	19	50	48	13	53	75	21	51	70	13	75	44	MENDUNG
6	14.00	57	73	107	14	73	132	25	58	84	14	132	69	MENDUNG
7	15.00	28	71	119	11	69	136	21	49	74	11	136	64	MENDUNG
8	16.00	22	69	12	10	34	56	10	18	19	10	69	28	MENDUNG



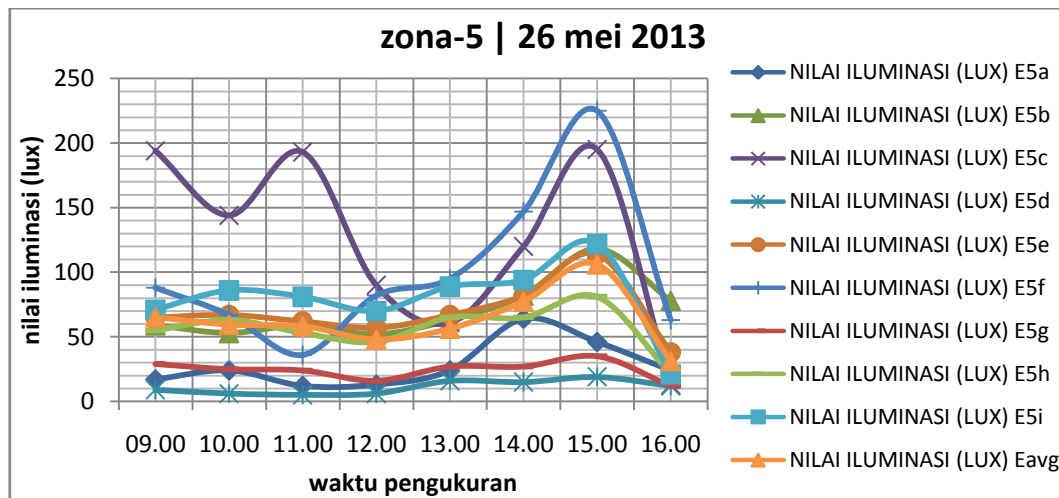
Gambar 105. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Senin, 13 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5** hari **Senin tgl. 13 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BERAWAN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 44-79 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 47. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 26 Mei 2013)

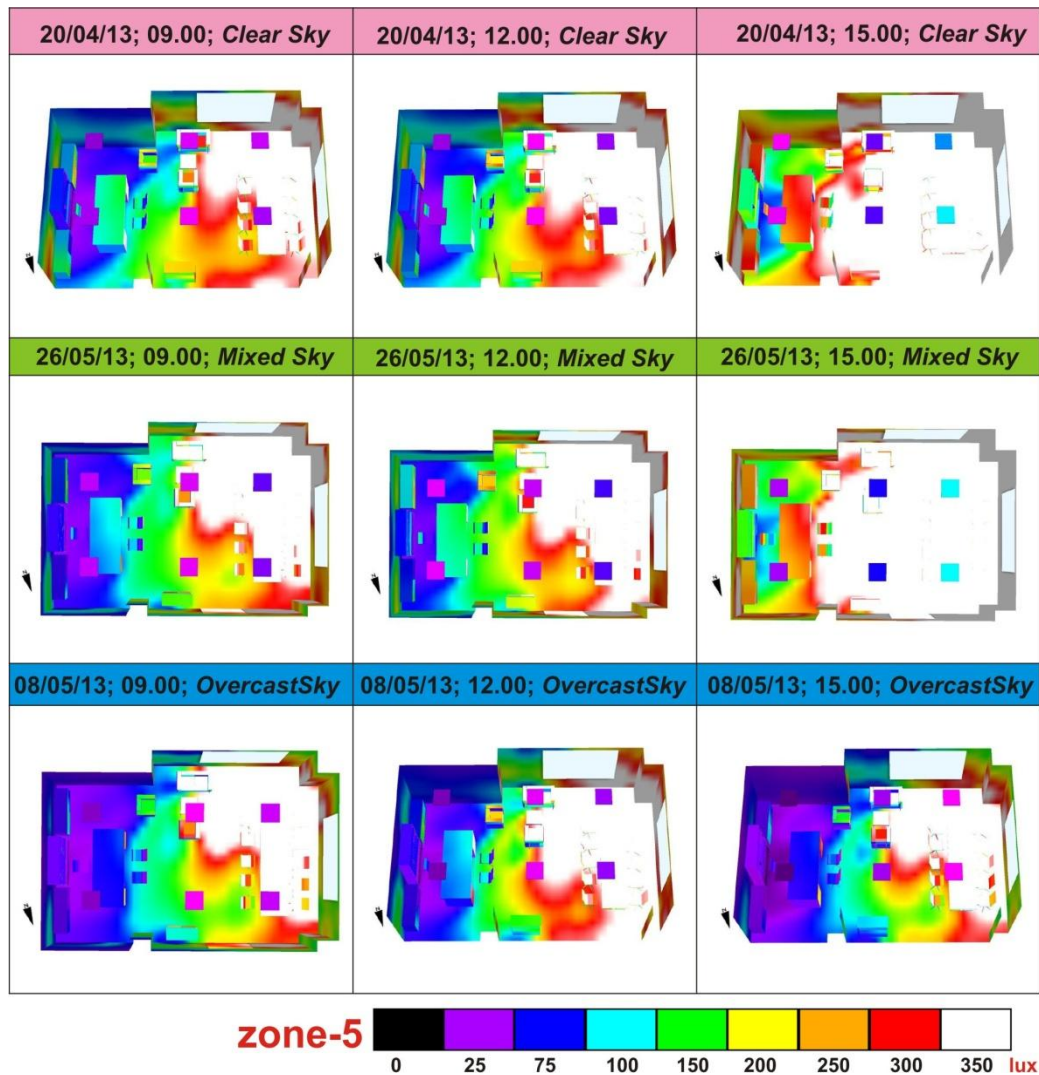
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	17	59	194	9	65	88	29	55	71	9	194	65	BERAWAN
2	10.00	24	53	144	6	67	67	25	63	86	6	144	59	BERAWAN
3	11.00	12	59	193	5	62	36	24	53	81	5	193	58	BERAWAN
4	12.00	13	52	90	6	57	82	16	46	70	6	90	48	BERAWAN
5	13.00	24	63	61	16	67	95	27	65	89	16	95	56	BERAWAN
6	14.00	64	82	120	15	82	147	27	65	94	15	147	77	MENDUNG
7	15.00	46	118	195	19	114	225	35	81	122	19	225	106	MENDUNG
8	16.00	24	78	13	12	38	63	12	21	21	12	78	31	MENDUNG



Gambar 106. Grafik Pencahayaan Alami Zona-5 (Minggu, 26 Mei 2013)

Penjelasan:

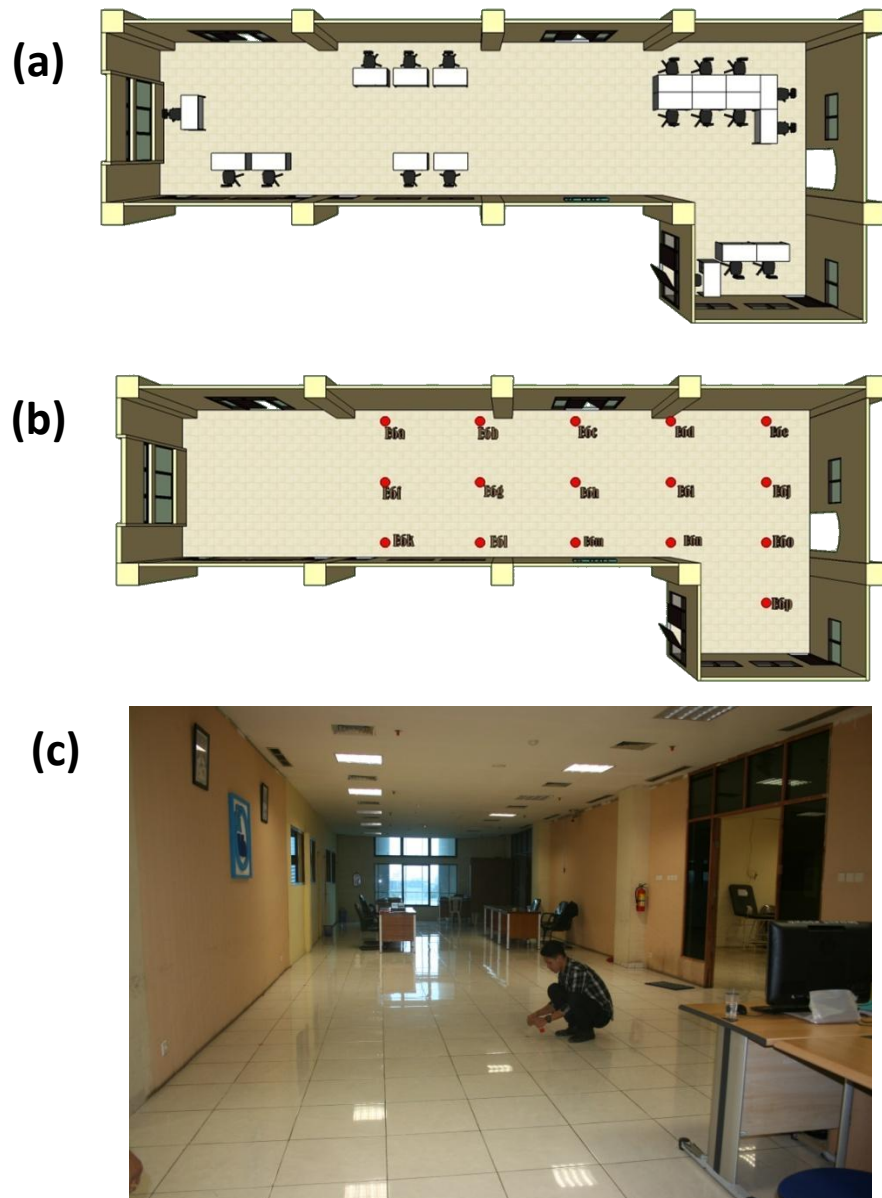
Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-5 hari Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG**, **tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) nya berkisar 31-106Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 107. *False Colour Rendering* Simulasi ZONA-5, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*), *DIALux 10.1 Simulation Program*

vi. Kualitas Pencahayaan Alami Zona 6

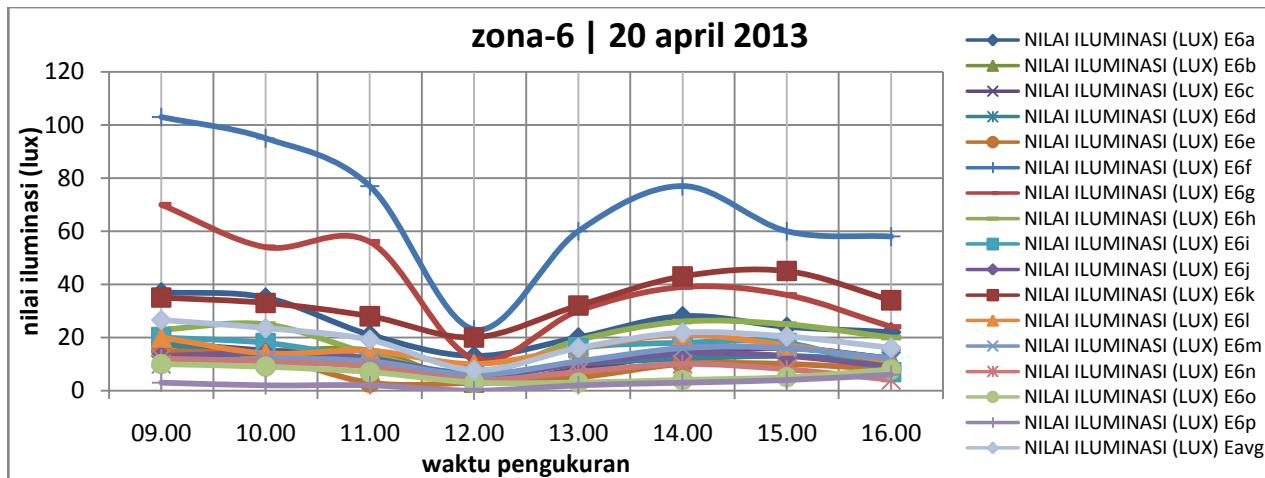
Zona 6 pada obyek penelitian ini yaitu ruang Pegawai Umum dengan luas ruangan ± 168 m².



Gambar 108. (a)Denah Isometri, (b) Titik Ukur Zona-6, (c)Pemasangan titik ukur pada Rg. Pegawai Umum BKKBN

Tabel 48. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 20 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	37	18	18	18	15	103	70	23	20	13	35	20	10	12	10	3	3	103	27	CERAH
2	10.00	35	15	15	11	13	95	54	25	18	14	33	14	12	11	9	2	2	95	24	CERAH
3	11.00	21	15	12	12	3	77	56	14	12	12	28	15	11	9	7	2	2	77	19	CERAH
4	12.00	13	3	3	5	3	23	12	6	7	6	20	10	6	4	3	0	0	23	8	CERAH
5	13.00	20	8	8	10	5	60	30	19	16	10	32	16	11	7	3	2	2	60	16	CERAH
6	14.00	28	14	14	12	10	77	39	26	18	14	43	21	16	10	4	3	3	77	22	CERAH
7	15.00	24	16	16	13	10	60	36	25	18	13	45	17	16	8	5	4	4	60	20	CERAH
8	16.00	22	12	12	11	8	58	24	20	7	9	34	11	12	4	8	6	4	58	16	CERAH



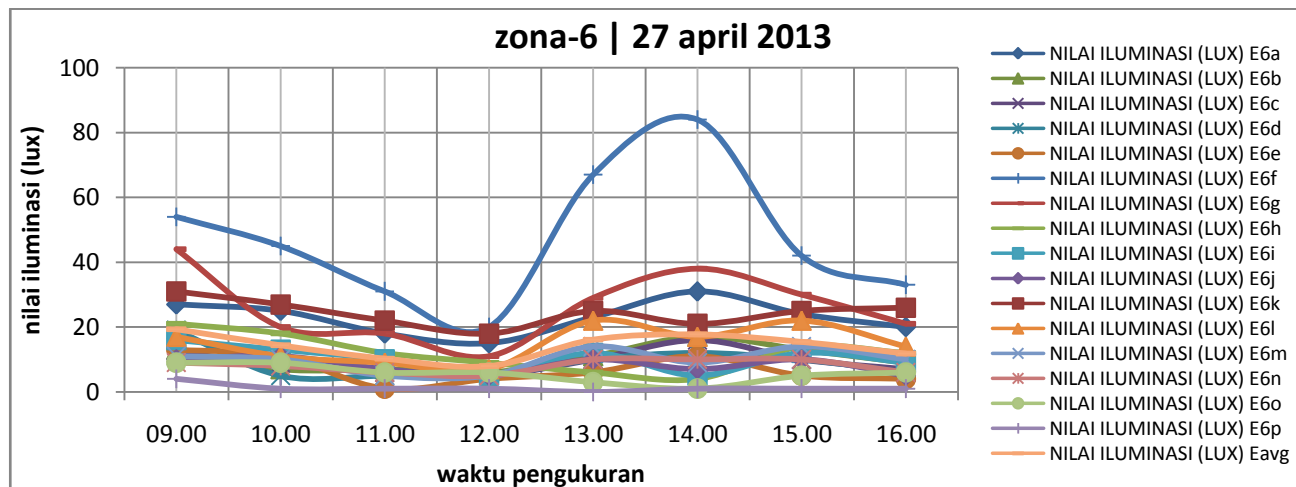
Gambar 109. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 20 April 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6** hari **Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH**, **tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 8-27Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 49. Hasil Pengukuran dan Grafik Pencahayaan Alami Eksisting Zona-6 (Sabtu, 27 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	27	13	12	19	13	54	44	21	16	10	31	17	11	9	9	4	4	54	19	CERAH
2	10.00	25	7	9	5	11	45	20	18	13	11	27	11	10	8	9	1	1	45	14	CERAH
3	11.00	18	7	6	5	1	31	18	12	10	7	22	9	5	6	6	1	1	31	10	CERAH
4	12.00	15	6	5	5	4	20	11	9	5	5	18	7	5	5	6	1	1	20	8	CERAH
5	13.00	23	11	10	10	6	67	29	6	12	10	25	22	14	10	3	0	0	67	16	CERAH
6	14.00	31	17	16	12	11	84	38	4	5	7	21	17	9	10	1	1	1	84	18	CERAH
7	15.00	24	13	10	10	5	42	30	14	12	10	25	22	14	10	5	1	1	42	15	CERAH
8	16.00	20	9	7	6	4	33	21	12	9	5	26	14	10	6	6	1	1	33	12	CERAH



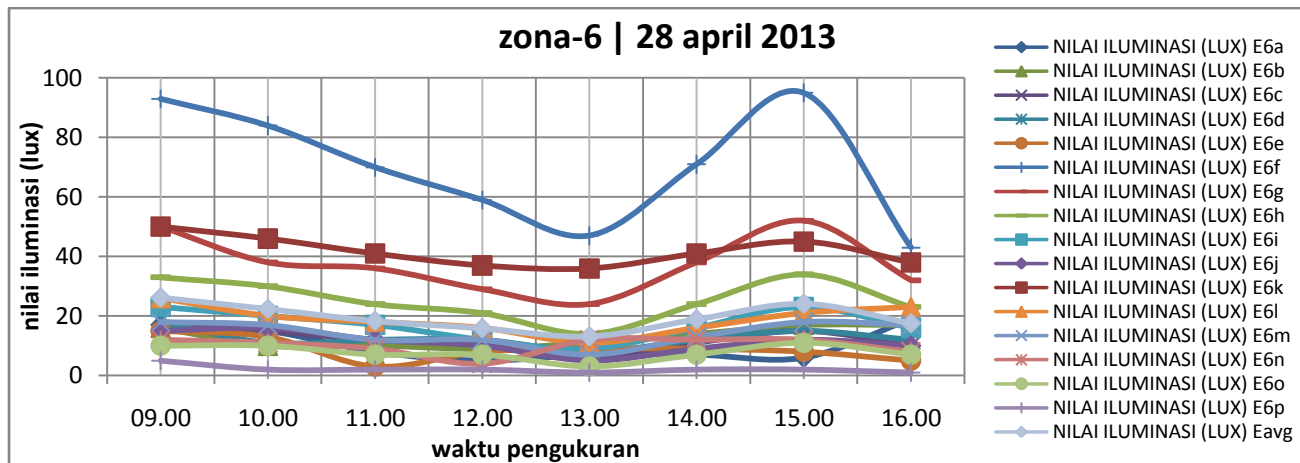
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6 hari Sabtu tgl. 27 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 8-19Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 110. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 27 April 2013)

Tabel 50. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 28 April 2013)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	17	16	18	18	15	93	50	33	23	15	50	26	18	12	10	5	5	93	26	CERAH
2	10.00	15	10	15	11	13	84	38	30	20	16	46	20	17	11	10	2	2	84	22	CERAH
3	11.00	8	10	12	12	3	70	36	24	17	12	41	18	12	9	7	2	2	70	18	CERAH
4	12.00	5	9	11	12	8	59	29	21	12	10	37	16	12	4	7	2	2	59	16	CERAH
5	13.00	7	11	6	8	9	47	24	14	9	5	36	11	7	12	3	1	1	47	13	CERAH
6	14.00	7	14	11	12	9	71	38	24	16	9	41	16	13	12	7	2	2	71	19	CERAH
7	15.00	6	17	15	15	8	95	52	34	23	12	45	21	18	12	11	2	2	95	24	CERAH
8	16.00	19	17	10	12	5	43	32	23	16	10	38	23	17	8	7	1	1	43	18	CERAH



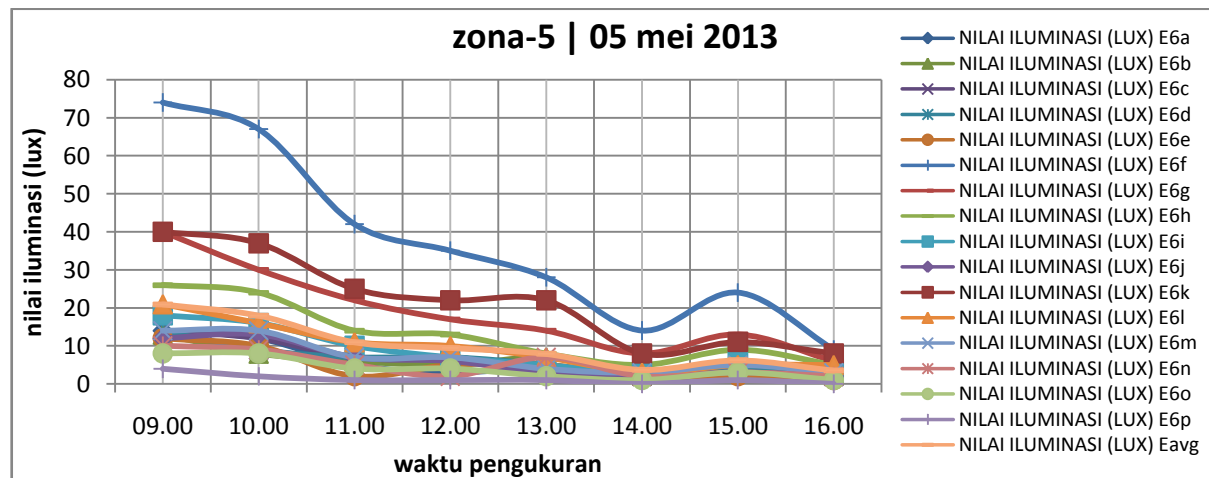
Gambar 111. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 28 April 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6 hari Minggu tgl. 28 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH**, **tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 13-26Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 51. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 05 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	14	13	14	14	12	74	40	26	18	12	40	21	14	10	8	4	4	74	21	CERAH
2	10.00	12	8	12	9	10	67	30	24	16	13	37	16	14	9	8	2	2	67	18	CERAH
3	11.00	5	6	7	7	2	42	22	14	10	7	25	11	7	5	4	1	1	42	11	BERAWAN
4	12.00	3	5	7	7	5	35	17	13	7	6	22	10	7	2	4	1	1	35	9	BERAWAN
5	13.00	4	7	4	5	5	28	14	8	5	3	22	7	4	7	2	1	1	28	8	BERAWAN
6	14.00	1	3	2	2	2	14	8	5	3	2	8	3	3	2	1	0	0	14	4	MENDUNG
7	15.00	2	4	4	4	2	24	13	9	6	3	11	5	5	3	3	1	1	24	6	MENDUNG
8	16.00	4	3	2	2	1	9	6	5	3	2	8	5	3	2	1	0	0	9	4	MENDUNG



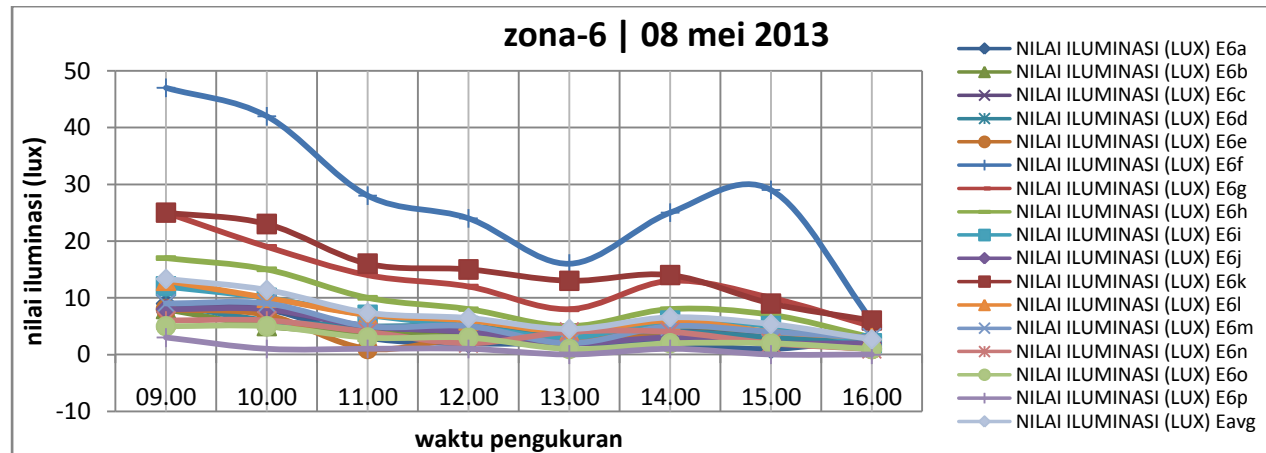
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6** hari **Minggu tgl. 05 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BRWN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 18-21Lux (CERAH) 8-11Lux (BERAWAN) dan 4-6Lux (MENDUNG), yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 112. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 05 Mei 2013)

Tabel 52. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Rabu, 08 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUK	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		URAN	E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	
1	09.00	9	8	9	9	8	47	25	17	12	8	25	13	9	6	5	3	3	47	13	BERAWAN
2	10.00	8	5	8	6	7	42	19	15	10	8	23	10	9	6	5	1	1	42	11	BERAWAN
3	11.00	3	4	5	5	1	28	14	10	7	5	16	7	5	4	3	1	1	28	7	MENDUNG
4	12.00	2	4	4	5	3	24	12	8	5	4	15	6	5	2	3	1	1	24	6	MENDUNG
5	13.00	2	4	2	3	3	16	8	5	3	2	13	4	2	4	1	0	0	16	5	MENDUNG
6	14.00	2	5	4	4	3	25	13	8	6	3	14	6	5	4	2	1	1	25	7	MENDUNG
7	15.00	1	3	3	3	2	29	10	7	5	2	9	4	4	2	2	0	0	29	5	MENDUNG
8	16.00	3	3	2	2	1	6	5	3	2	2	6	3	3	1	1	0	0	6	3	MENDUNG



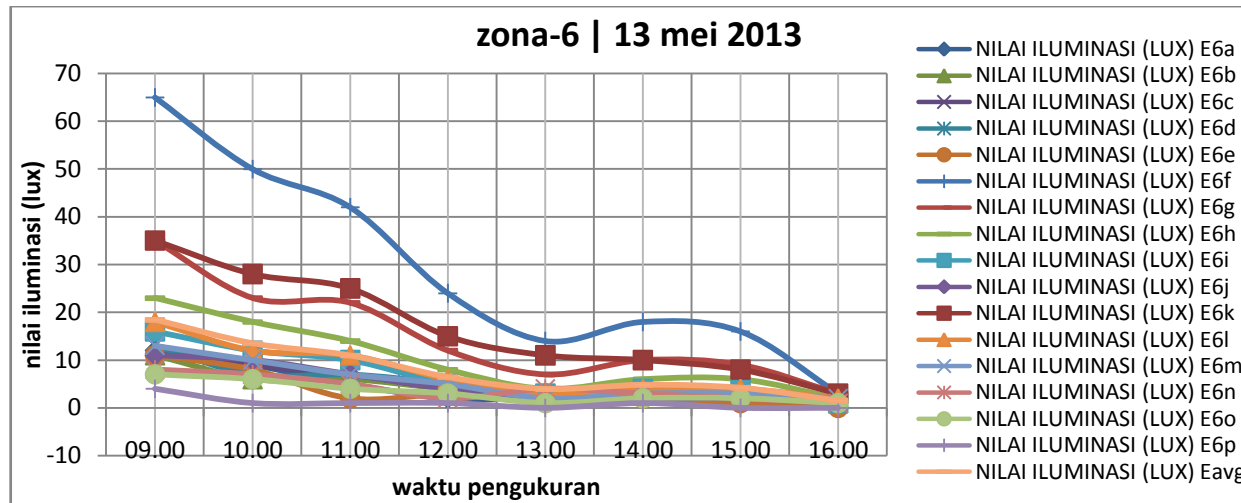
Gambar 113. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Rabu, 08 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6 hari Rabu tgl. 08 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 11-13Lux (BERAWAN) dan 3-7 Lux (MENDUNG), yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Tabel 53. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 13 Mei 2013)

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	12	11	13	13	11	65	35	23	16	11	35	18	13	8	7	4	4	65	18	CERAH
2	10.00	9	6	9	7	8	50	23	18	12	10	28	12	10	7	6	1	1	50	14	BERAWAN
3	11.00	5	6	7	7	2	42	22	14	10	7	25	11	7	5	4	1	1	42	11	BERAWAN
4	12.00	2	4	4	5	3	24	12	8	5	4	15	6	5	2	3	1	1	24	6	BERAWAN
5	13.00	2	3	2	2	3	14	7	4	3	2	11	3	2	4	1	0	0	14	4	MENDUNG
6	14.00	2	4	3	3	2	18	10	6	4	2	10	4	3	3	2	1	1	18	5	MENDUNG
7	15.00	1	3	3	3	1	16	9	6	4	2	8	4	3	2	2	0	0	16	4	MENDUNG
8	16.00	2	1	1	1	0	3	3	2	1	1	3	2	2	1	1	0	0	3	2	MENDUNG



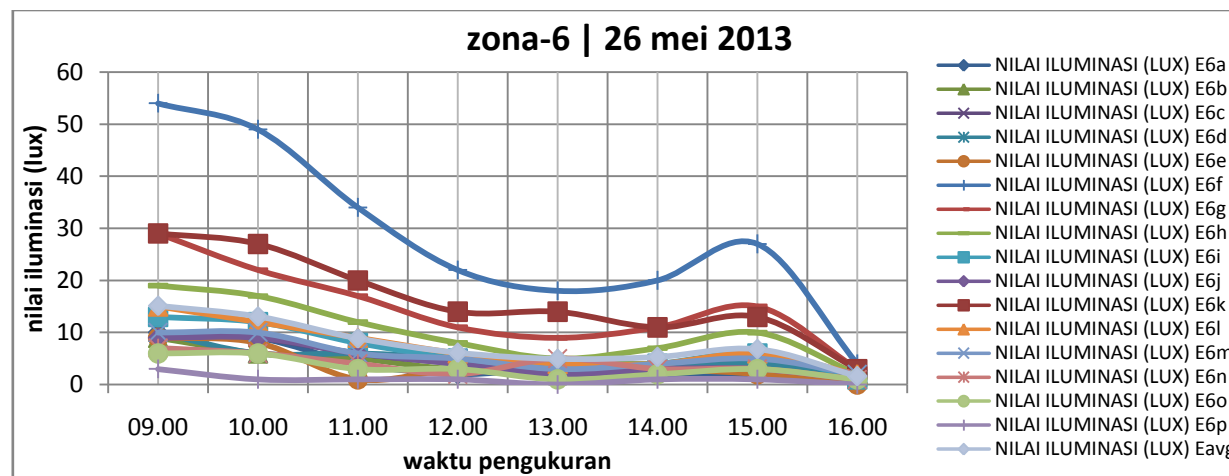
Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6** hari **Senin tgl. 13 Mei 2013** dengan **kondisi langit CERAH-BERAWAN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi.** Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 18Lux (CERAH), 6-14Lux (BERAWAN) dan 2-5 Lux (MENDUNG), yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 114. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Sabtu, 13 Mei 2013)

Tabel 54. Hasil Pengukuran Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 26 Mei 2013)

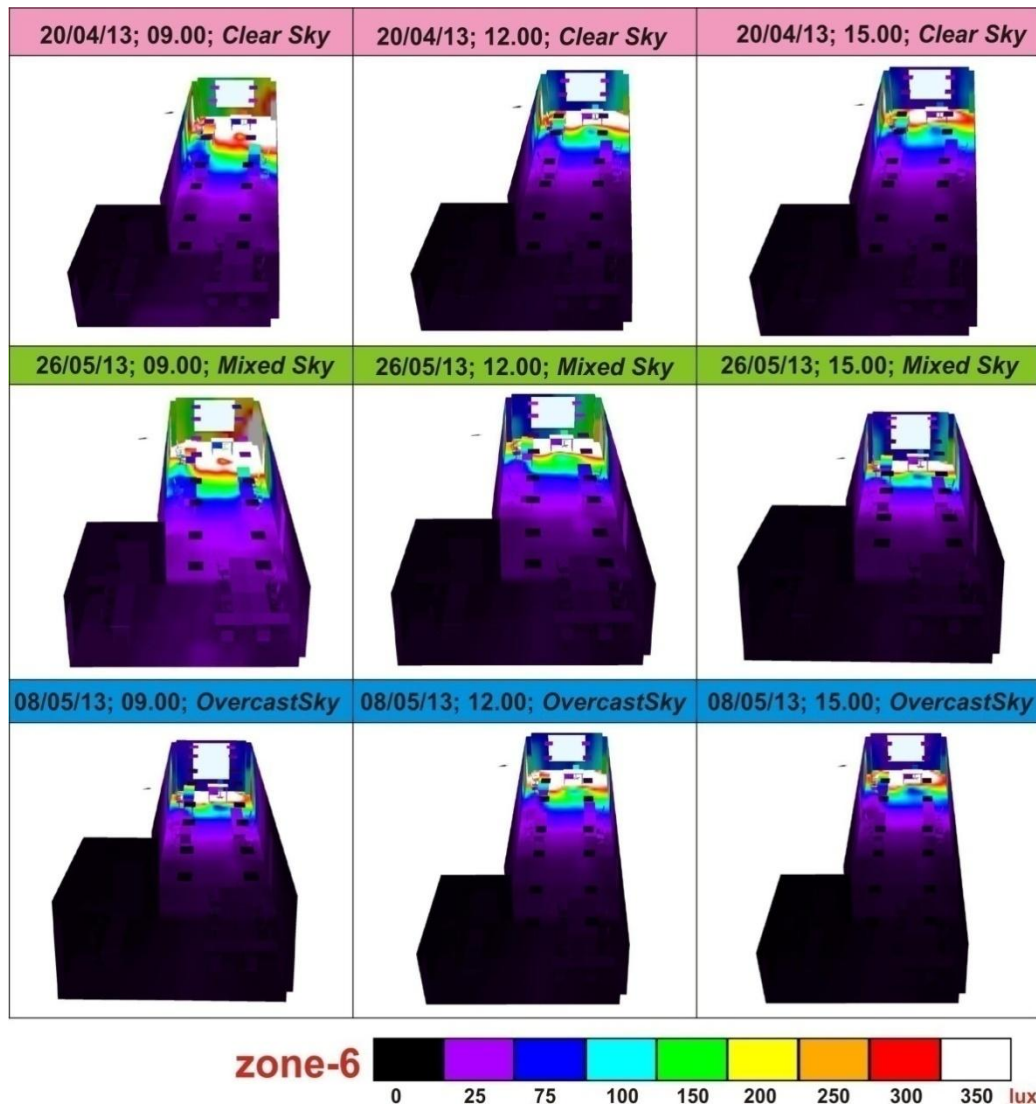
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	10	9	10	10	9	54	29	19	13	9	29	15	10	7	6	3	3	54	15	BERAWAN
2	10.00	9	6	9	6	8	49	22	17	12	9	27	12	10	6	6	1	1	49	13	BERAWAN
3	11.00	4	5	6	6	1	34	17	12	8	6	20	9	6	4	3	1	1	34	9	BERAWAN
4	12.00	2	3	4	5	3	22	11	8	5	4	14	6	5	2	3	1	1	22	6	BERAWAN
5	13.00	3	4	2	3	3	18	9	5	3	2	14	4	3	5	1	0	0	18	5	BERAWAN
6	14.00	2	4	3	3	3	20	11	7	4	3	11	4	4	3	2	1	1	20	5	MENDUNG
7	15.00	2	5	4	4	2	27	15	10	6	3	13	6	5	3	3	1	1	27	7	MENDUNG
8	16.00	2	2	1	1	0	4	3	2	1	1	3	2	2	1	1	0	0	4	2	MENDUNG



Gambar 115. Grafik Pencahayaan Alami Zona-6 (Minggu, 26 Mei 2013)

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan pada **Zona-6** hari **Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN-MENDUNG, tidak memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 5-15 Lux (BERAWAN) dan 2-7 Lux (MENDUNG), yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 116. *False Colour Rendering* Simulasi ZONA-6, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*), *DIALux 10.1 Simulation Program*

vii. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami

Dari data yang dikemukakan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 55. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Cerah (*Clearsky*)

NO.	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Data dan Informasi	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Sekretaris BKKBN	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
5	ZONA 5	Ruang Ketua	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit cerah (*ClearSky*) ruang Bidang Data dan Informasi, Ruang Sekertaris BKKBN, Ruang Sekretariat Kepala BKKBN (jam 14.00-16.00), dan Ruang Arsip sudah memenuhi Tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan (SNI 03-6197-2000) sehingga tidak membutuhkan lagi bantuan Pencahayaan Buatan.

Tabel 56. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Berawan (*Intermediate Sky*)

NO.	NAMA ZONA	NAMA RUANG	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Data dan Informasi	MEMENUHI Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Sekretaris BKKBN	MEMENUHI Standarisasi
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	BELUM Memenuhi Standarisasi
5	ZONA 5	Ruang Ketua	BELUM Memenuhi Standarisasi
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit berawan (*Intermediate Sky*) ruang Bidang Data dan Informasi, Ruang Sekertaris BKKBN, dan Ruang Arsip memenuhi Tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan (SNI 03-6197-2000) sehingga tidak membutuhkan lagi bantuan Pencahayaan Buatan.

Tabel 57. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Alami, Kondisi Langit Mendung (*Overcast Sky*)

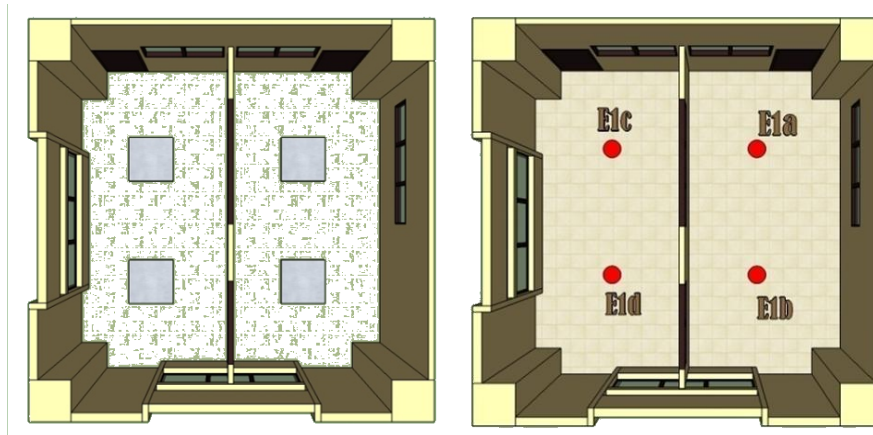
NO.	NAMA ZONA	NAMA RUANG	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Data dan Informasi	BELUM Memenuhi Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Sekretaris BKKBN	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	BELUM Memenuhi Standarisasi
5	ZONA 5	Ruang Ketua	BELUM Memenuhi Standarisasi
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit mendung (*OvercastSky*) keseluruhan ruang belum memenuhi Tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan (SNI 03-6197-2000) sehingga membutuhkan bantuan Pencahayaan Buatan.

b. Kualitas Pencahayaan Buatan

Pengukuran terhadap tingkat pencahayaan buatan pada obyek penelitian, dilakukan hanya sekali. Yaitu pada malam hari pukul 19.00. Pada waktu pengukuran, seluruh lampu dinyalakan kemudian diukur secara manual dengan memakai *Lux Meter*. Ketinggian titik ukur 0,75 meter dari lantai. Armatur pada obyek penelitian yaitu jenis *Troffer with Mirror Reflektor*, yang berisi 4 buah lampu *Flourecent* 18 Watt.

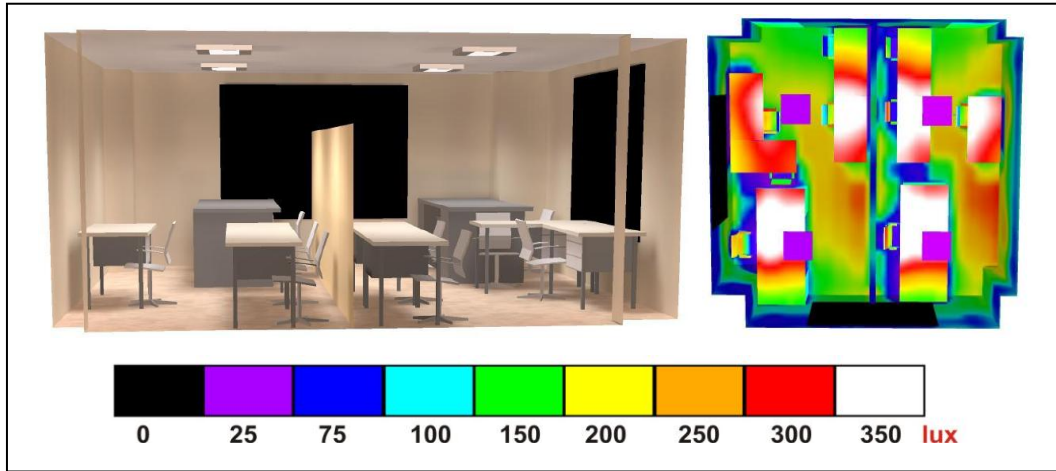
i. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona 1



Gambar 117. Isometri Perletakan Lampu Zona-1

Tabel 58. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-1).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	19.00	310	245	320	240	240	320	279	



Gambar 118. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-1.

Tabel 59. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-1).

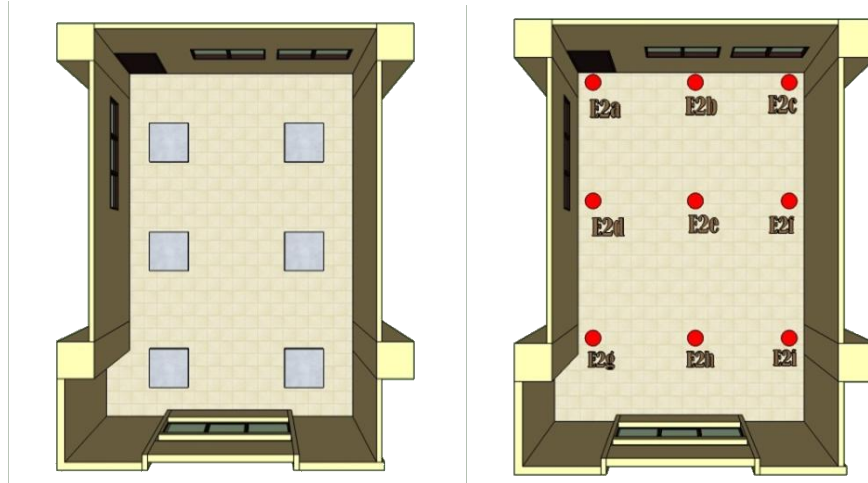
HARI : SABTU
TANGGAL : 20 APRIL 2013

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	19.00	320	325	309	319	309	325	318	

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-1** yang diukur dengan memakai luxmeter, **belum memenuhi standarisasi** karena iluminasi rata-ratanya (*Eavg*) yaitu 279 Lux, yang berarti dibawah standar tingkat pencahayaan rata-rata ruang Kerja yaitu 350 Lux. Begitupula dengan pengukuran dengan menggunakan simulasi, *Eavg* zona-1 hanya mencapai 318 lux.

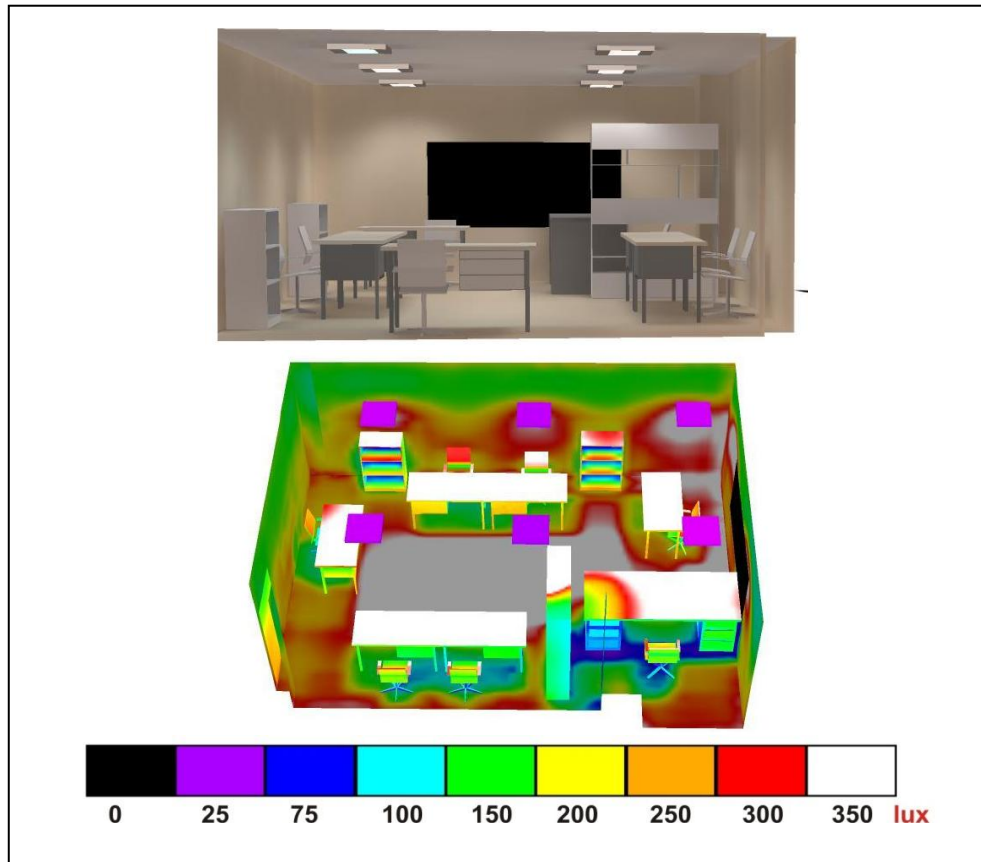
ii. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona-2



Gambar 119. Isometri Perletakan Lampu pada plafon (zona-2)

Tabel 60. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-2).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)						KONDISI LANGIT
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	
1	19.00	240	230	280	203	210	233	
		E2g	E2h	E2i	Emin	Emax	Eavg	
	19.00	240	260	303	203	303	244	



Gambar 120. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-2.

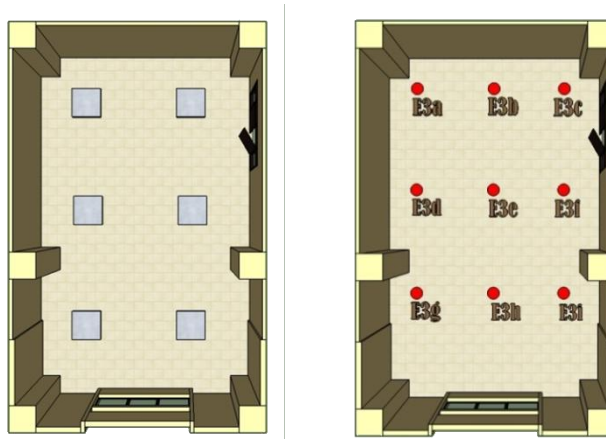
Tabel 61. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-2).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)					
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f
	19.00	288	110	274	374	517	390
		E2g	E2h	E2i	Emin	Emax	Eavg
	19.00	300	492	386	110	517	217

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-2** yang diukur dengan memakai luxmeter, **belum memenuhi standarisasi** karena iluminasi rata-ratanya (*Eavg*) yaitu 244 Lux, yang berarti dibawah standar tingkat pencahayaan rata-rata ruang Kerja yaitu 350 Lux. Begitupula dengan pengukuran dengan menggunakan simulasi, *Eavg* zona-1 hanya mencapai 217 lux.

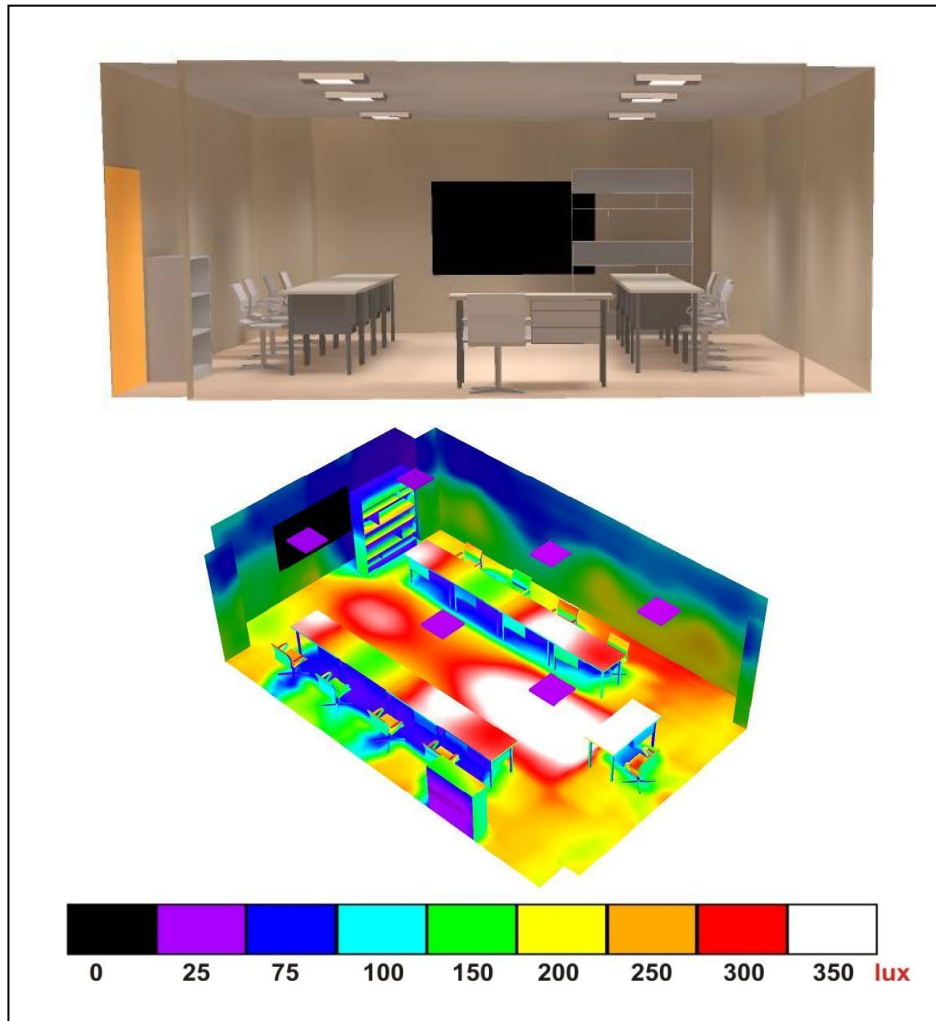
iii. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona 3



Gambar 121. Isometri Perletakan Lampu pada plafon dan Penempatan Titik Ukur Zona-3

Tabel 62. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-3).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)					
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f
1	09.00	229	263	214	289	364	285
		E3g	E3h	E3i	Emin	Emax	Eavg
	09.00	154	187	154	154	364	219



Gambar 122. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-3.

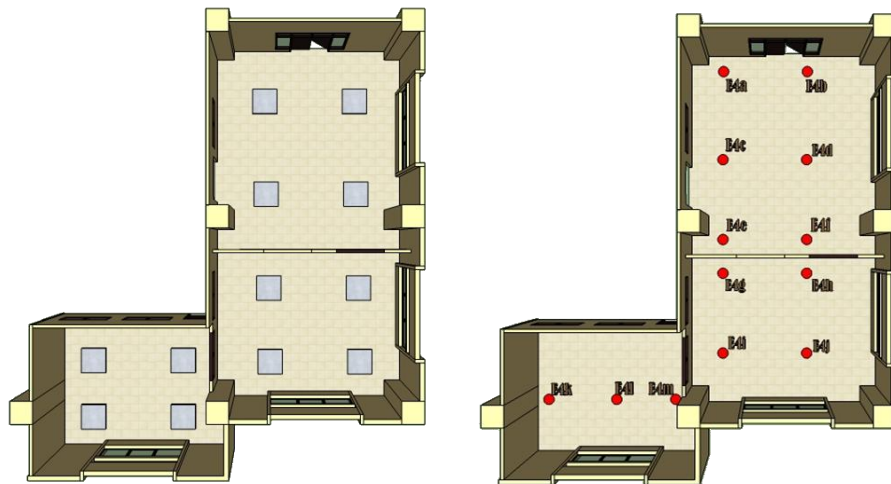
Tabel 63. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-3).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)					
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f
1	09.00	269	309	252	340	428	335
		E3g	E3h	E3i	Emin	Emax	Eavg
	09.00	193	234	192	192	428	264

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-3** yang diukur dengan memakai luxmeter, **belum memenuhi standarisasi** karena iluminasi rata-ratanya (*Eavg*) yaitu 219 Lux, yang berarti dibawah standar tingkat pencahayaan rata-rata ruang Kerja yaitu 350 Lux. Begitupula dengan pengukuran dengan menggunakan simulasi, *Eavg* zona-3 hanya berkisar 264 lux.

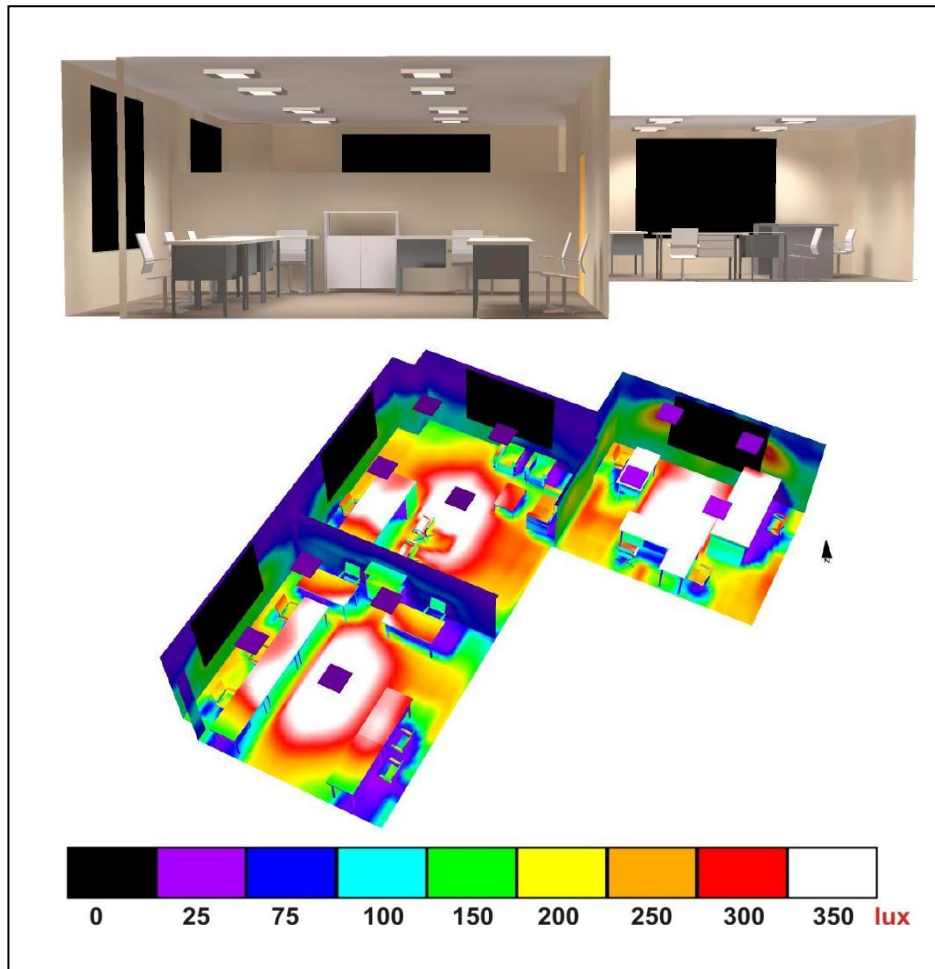
iv. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona 4



Gbr 123. Isometri Perletakan Lampu pada plafon dan Titik Ukur Zona-4

Tabel 64. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-4).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	E4g	E4h
	19.00	248	229	390	256	282	168	300	249
		E4i	E4j	E4k	E4l	E4m	Emin	Emax	Eavg



Gambar 124.3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-4.

Tabel 65. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-4).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	E4g	E4h
	19.00	166	292	253	469	162	298	247	301

	E4i	E4j	E4k	E4l	E4m	Emin	Emax	Eavg
19.00	328	412	320	562	338	162	562	333

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-4** yang diukur dengan memakai luxmeter, **belum memenuhi standarisasi** karena iluminasi rata-ratanya (*Eavg*) yaitu 302 Lux, yang berarti diatas standar tingkat pencahayaan rata-rata ruang Kerja yaitu 350 Lux. Begitupula dengan pengukuran dengan menggunakan simulasi, *Eavg* zona-4 hanya berkisar 333 lux.

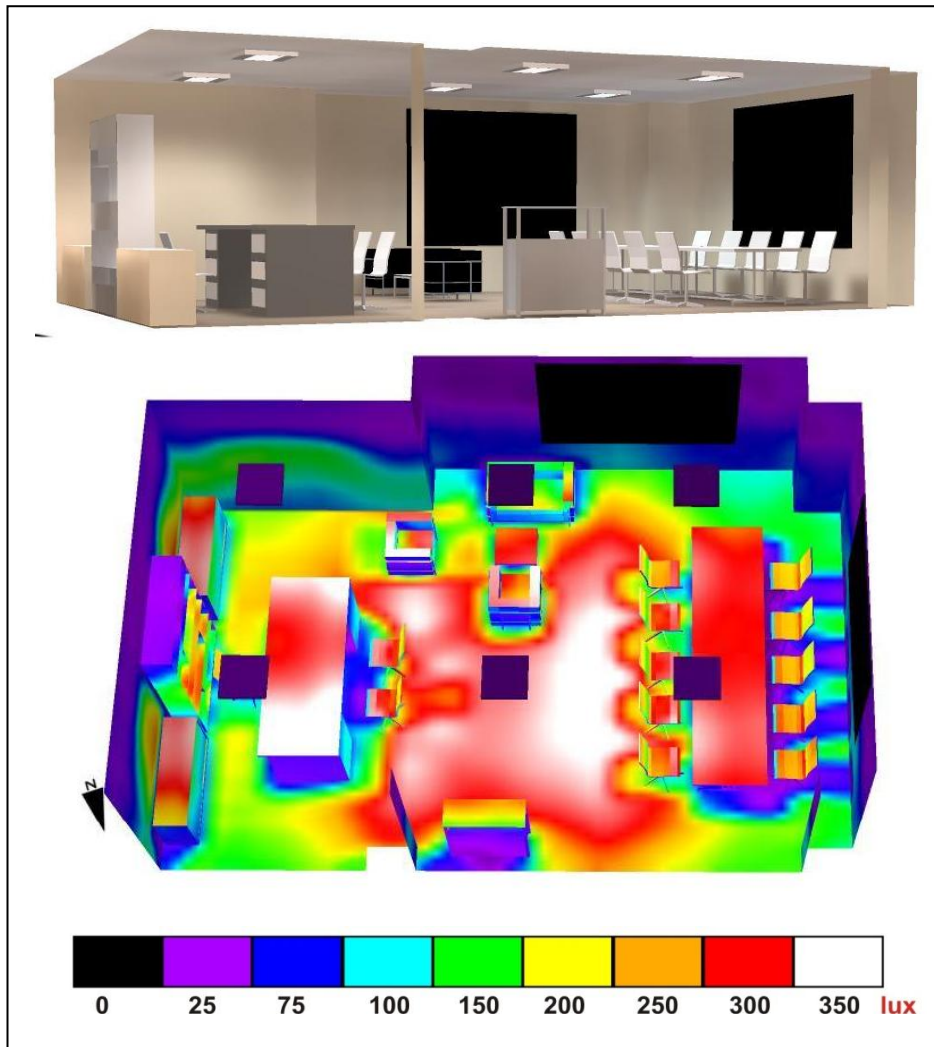
v. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona 5



Gbr 125. Isometri Perletakan Lampu pada plafon dan Titik Ukur Zona-5

Tabel 66. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-5).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)					
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f
1	19.00	384	300	251	300	248	265
		E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg
	19.00	245	299	288	245	384	284



Gambar 126. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-5.

Tabel 67. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-5).

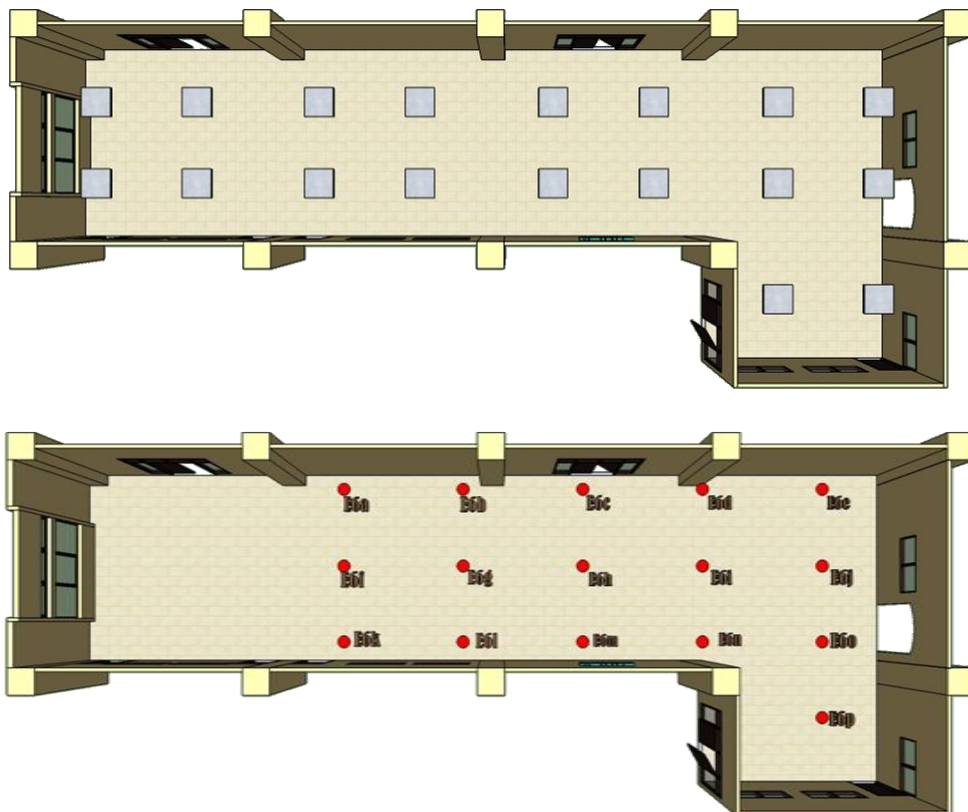
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)					
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f
	19.00	319	350	348	188	330	353
		E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg

19.00	219	232	248	188	353	274
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-5** yang diukur dengan memakai luxmeter, **belum memenuhi standarisasi** karena iluminasi rata-ratanya (*Eavg*) yaitu 284 Lux, yang berarti diatas standar tingkat pencahayaan rata-rata ruang Kerja yaitu 350 Lux. Begitupula dengan pengukuran dengan menggunakan simulasi, *Eavg* zona-5 hanya berkisar 274 lux.

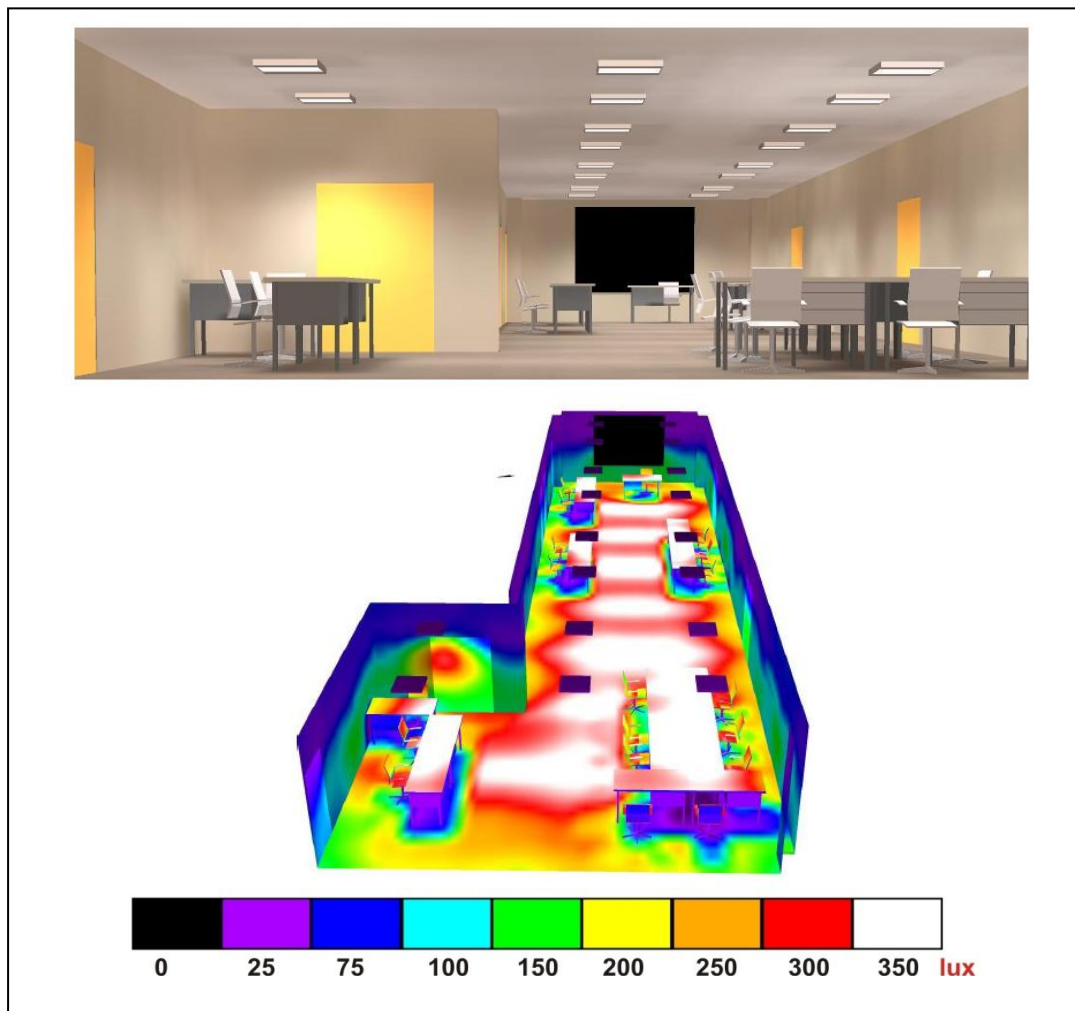
vi. Kualitas Pencahayaan Buatan Zona 6



Gbr.127. Isometri Perletakan Lampu pada plafon dan Titik Ukur Zona-6

Tabel 68. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Luxmeter (Zona-6).

NO.	WAKTU PENGUKU RAN	NILAI ILUMINASI (LUX)									
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j
		240	267	367	280	352	250	263	305	300	240
	19.00	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
		370	353	374	340	390	242	240	390	316	



Gambar 128. 3D Rendering dan False Colour Rendering Simulasi DiaLUX Zona-6.

Tabel 69. Hasil Pengukuran Pencahayaan Buatan dengan Simulasi DiaLUX (Zona-6).

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)									
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j
	19.00	307	196	250	231	209	420	279	372	315	299
		E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
		277	182	237	250	233	355	182	420	272	

Penjelasan:

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan buatan pada **Zona-6 Belum Memenuhi Standarisasi**, baik yang diukur dengan memakai *luxmeter* maupun pada pengukuran dengan menggunakan simulasi. Pengukuran dengan luxmeter, Eavg zona-6 yaitu 316 lux, sementara dengan simulasi DIALux 10.1 Eavg nya yaitu 272 lux. Yang berarti masih dibawah standar iluminasi rata-rata minimum ruang kerja 350 Lux.

viii. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Buatan

Dari data yang dikemukakan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 70. Rangkuman Kualitas Pencahayaan Buatan

NO.	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Data dan Informasi	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Sekretaris BKKBN	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
5	ZONA 5	Ruang Ketua	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	19.00	BELUM Memenuhi Standarisasi

Dari tabel 83 dapat dilihat bahwa keseluruhan zona, belum memenuhi standar Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Minimum (SNI 03-6575-2001). Tetapi hal tersebut tidak menjadi masalah yang berarti,

karena objek penelitian sangat jarang digunakan untuk bekerja pada waktu malam hari.

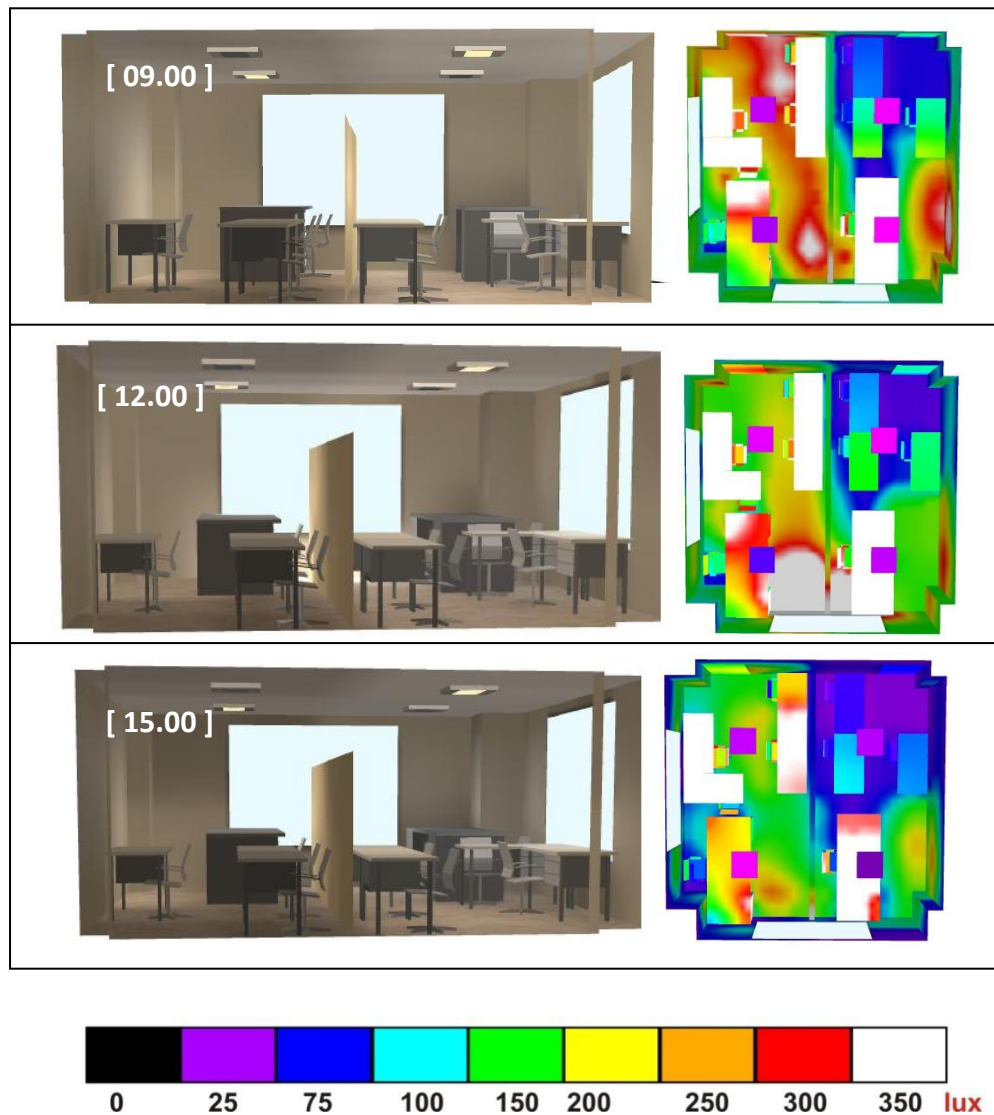
Adapun untuk penelitian mengenai penghematan energi, maka dilakukan simulasi eksperimen untuk Pencahayaan Buatan yang memenuhi standarisasi.

2. Sistem Pencahayaan Kombinasi / *Hybrid*

a. Pencahayaan Kombinasi Manual

Sebagaimana yang telah dikemukakan pada pembahasan sebelumnya, bahwa obyek penelitian dalam kondisi eksisting menggunakan sistem pencahayaan kombinasi alami dan buatan. Tetap memanfaatkan pencahayaan alami yang berasal dari jendela, tetapi juga menyalakan lampu secara *selang-seling* (manual). Untuk mengetahui tingkat pencahayaannya, dilakukan pengukuran dengan bantuan simulasi komputer dengan menggunakan program *DiaLUX 10.1*. Simulasi dilakukan dengan tiga kondisi langit yaitu Cerah (*Clear Sky*), Berawan (*Mixed Sky*), dan Mendung (*Overcast Sky*). Terdapat tiga jenis kondisi langit pada simulasi ini, yang ketentuannya mengikuti standar yang ditetapkan oleh CIE 110-1994 (*Spatial Distribution of Daylight–Luminance Distributions of Various Reference Skies*). Waktu simulasi yaitu pagi, siang dan sore hari, yaitu pada pukul 09.00, 12.00 dan 15.00. *Workplane* ditempatkan setinggi 0,75 meter dari permukaan lantai. Data lokasi yang diinput ke dalam program simulasi yaitu Makassar dengan Longitude $119,40^{\circ}$ dan Latitude $-5,10^{\circ}$.

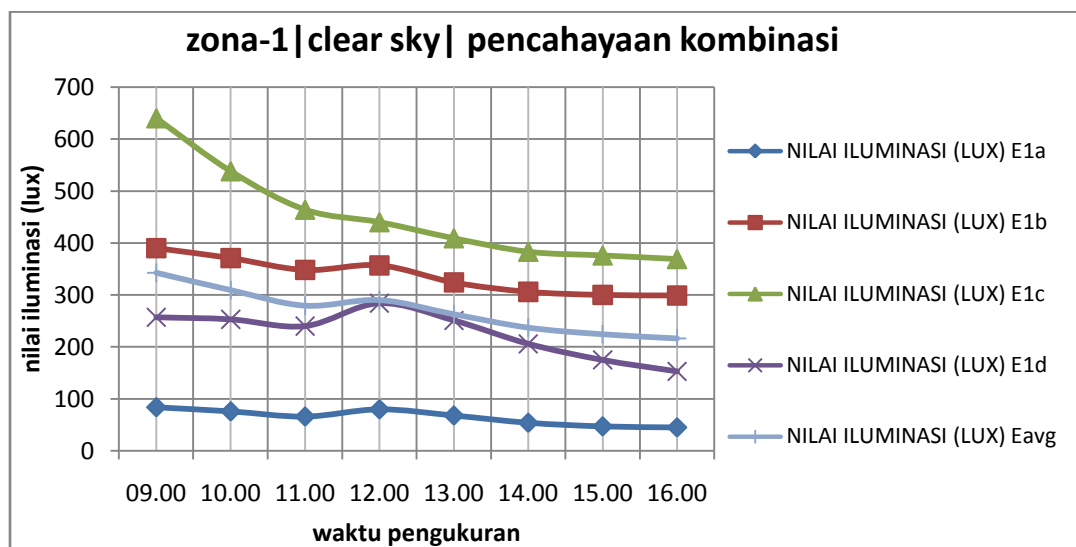
i. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona 1



Gambar 129. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-1
Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*).

Tabel 71. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual Simulasi Zona-1 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah

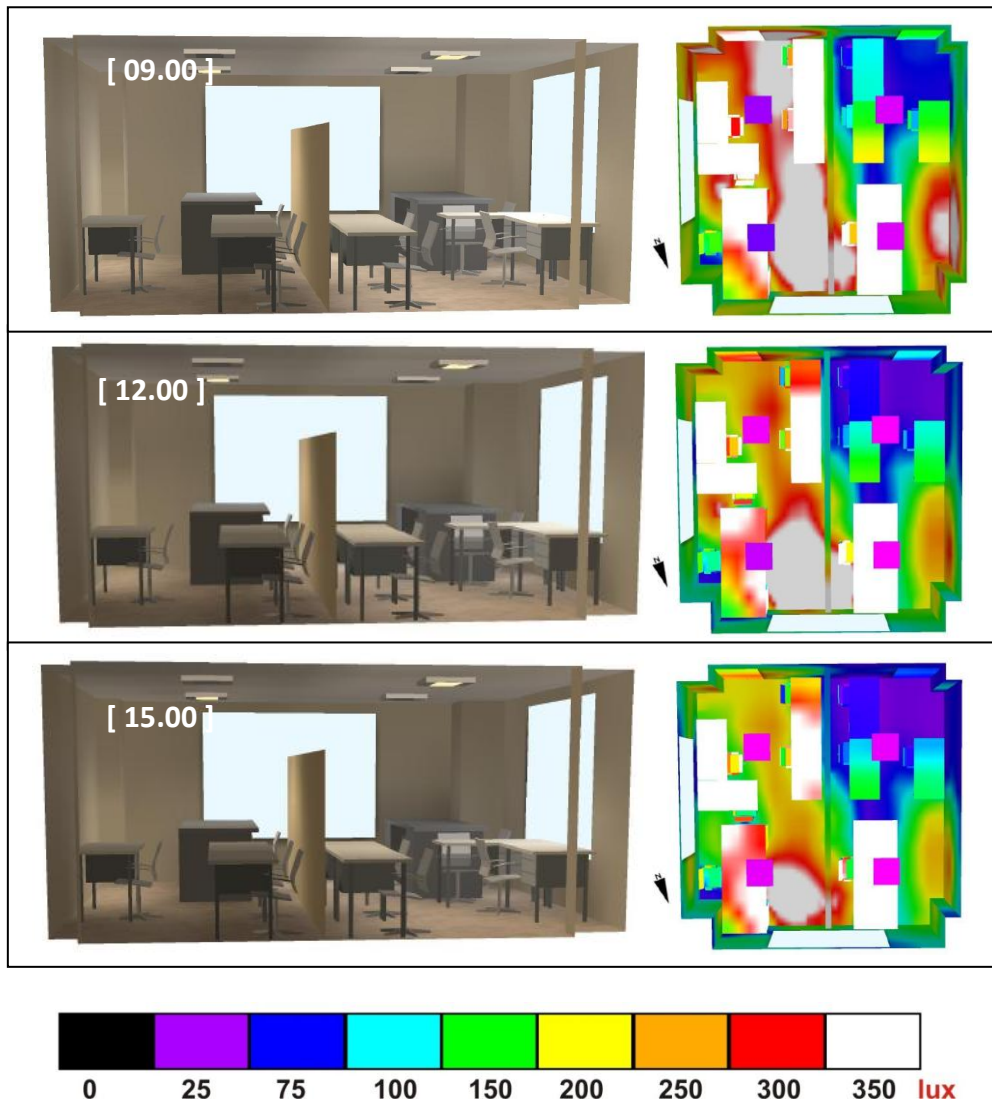
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	84	390	640	257	84	640	343	CERAH
2	12.00	80	357	440	284	80	440	290	CERAH
3	15.00	47	300	376	175	47	376	225	CERAH



Gambar 130. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-1 Tanggal 20 April 2013, Kondisi langit Cerah (*Clear Sky*)

Penjelasan:

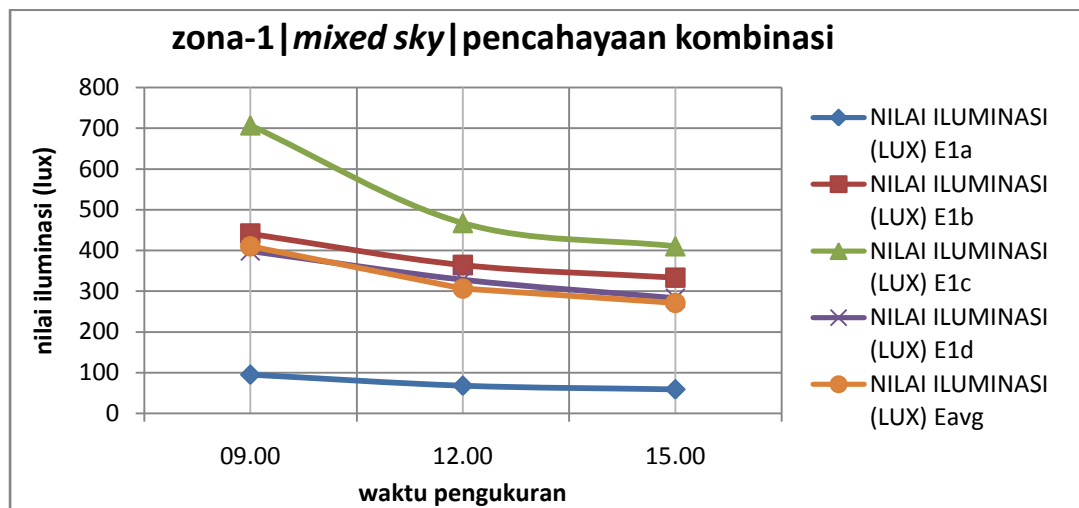
Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-1 hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH, belum memenuhi standarisasi**. Dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 217-343 Lux, yang berarti masih dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 131. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-1
 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan
 (*Mixed Sky*)

Tabel 72. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual
 Simulasi Zona 1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan
 (*Mixed Sky*)

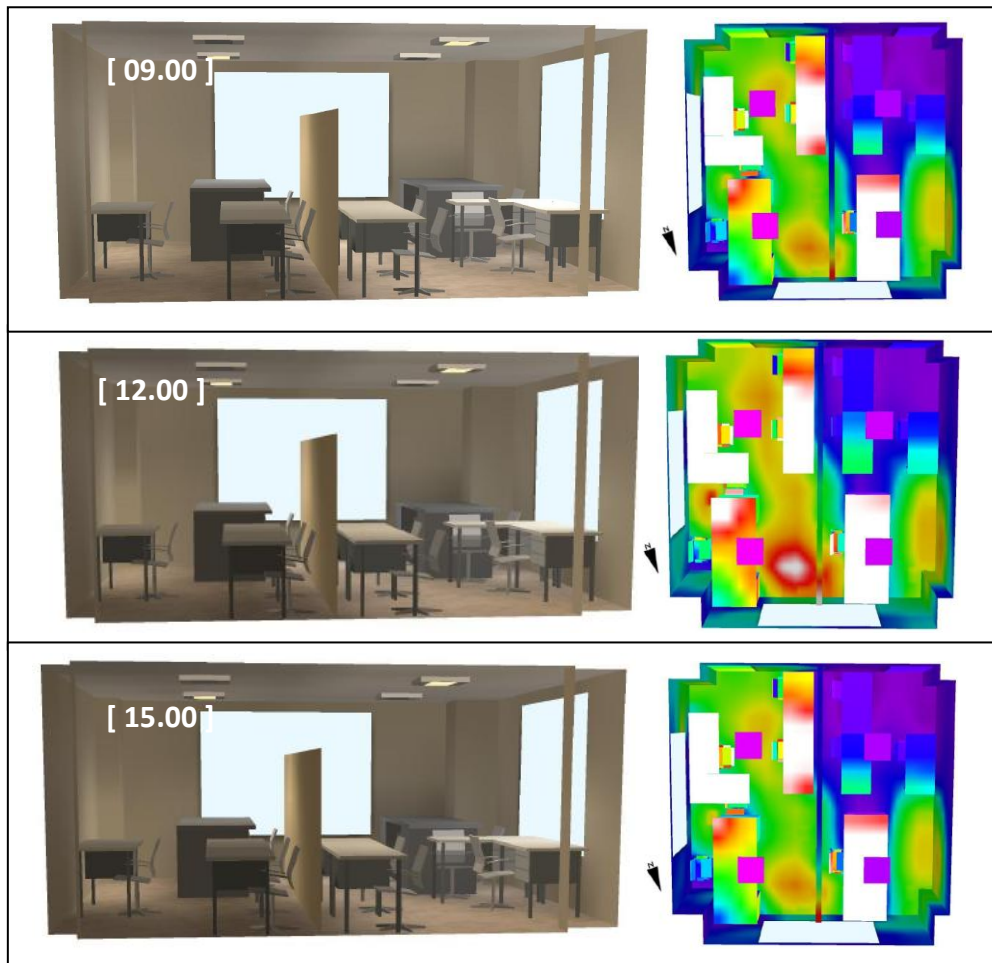
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	95	441	707	398	95	707	410	BERAWAN
2	12.00	68	364	467	328	68	467	307	BERAWAN
3	15.00	59	333	410	283	59	410	271	BERAWAN



Gambar 132. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual,
 Simulasi Zona 1 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi langit Berawan

Penjelasan:

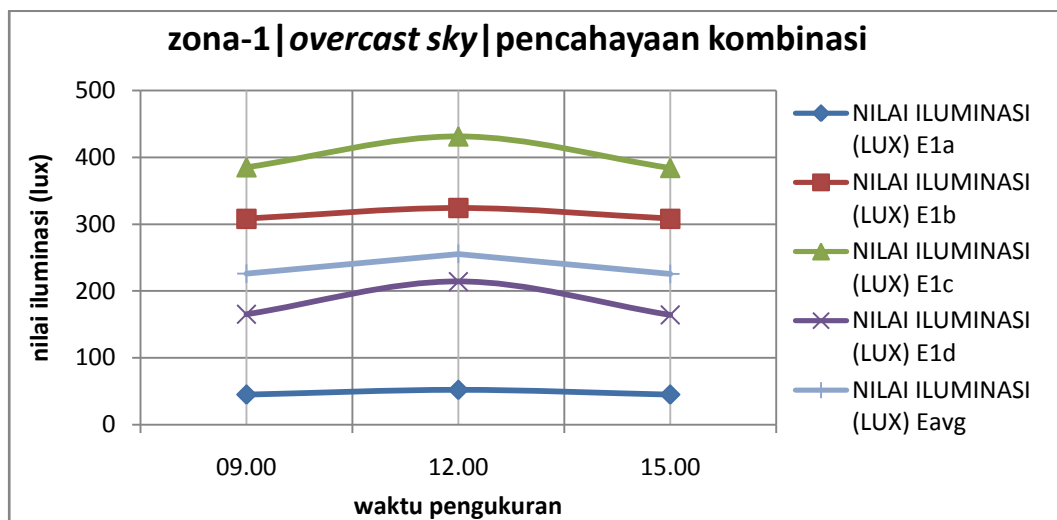
Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-1** hari Rabu tgl. **08 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN** memenuhi standarisasi pada pagi hari, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) mencapai 410 Lux, yang berarti diatas standar iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi menurun ketika siang dan sore hari, hanya berkisar 271-307 Lux yang berarti di bawah standar 350 Lux.



Gambar 133. Pencahayaan Kombinasi Manual,
 Simulasi Zona-1 Tanggal 26 Mei 2013,
 Kondisi Langit Mendung (*Overcast Sky*)

Tabel 73. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual
 Simulasi Zona 1 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi langit Mendung
 (*Overcast Sky*)

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)							KONDISI LANGIT
		E1a	E1b	E1c	E1d	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	45	308	385	165	45	385	226	MENDUNG
2	12.00	52	324	431	214	52	431	255	MENDUNG
3	15.00	45	308	384	164	45	384	225	MENDUNG

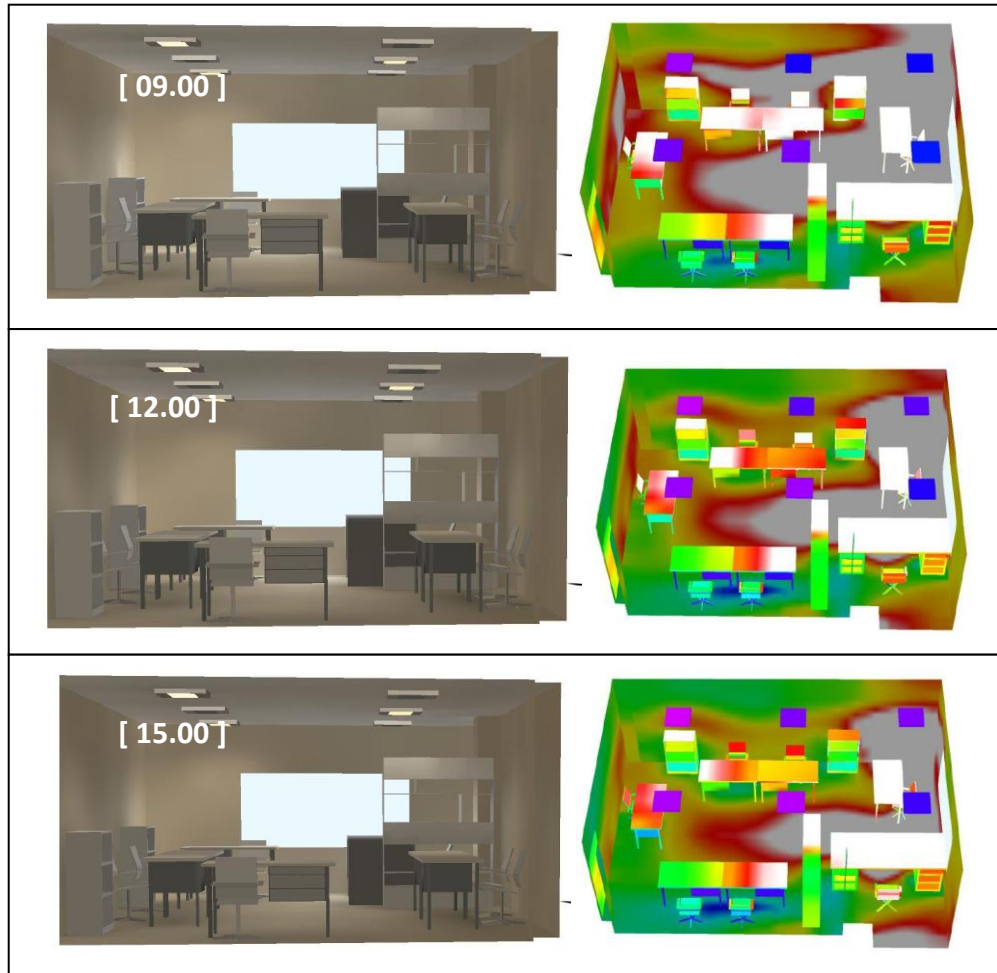


Gambar 134. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona 1
 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi langit Mendung

Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-1** hari Rabu tgl. **08 Mei 2013** dengan **kondisi langit MENDUNG BELUM** memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 225-255 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

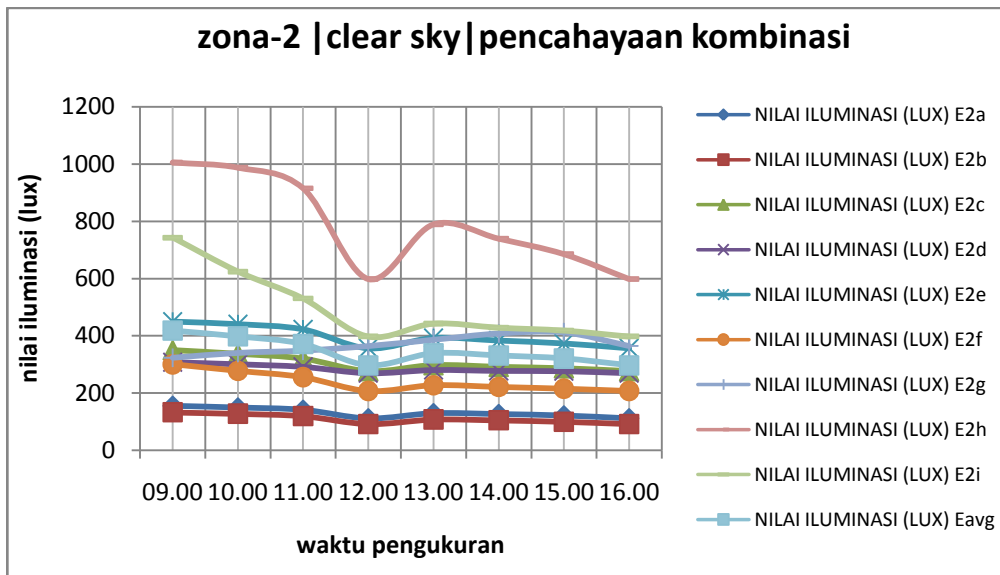
ii. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Zona 2



Gambar 135. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-2
Tanggal 20 April 2013, Pukul 09.00-16.00,
Kondisi Langit Cerah.

Tabel 74. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH

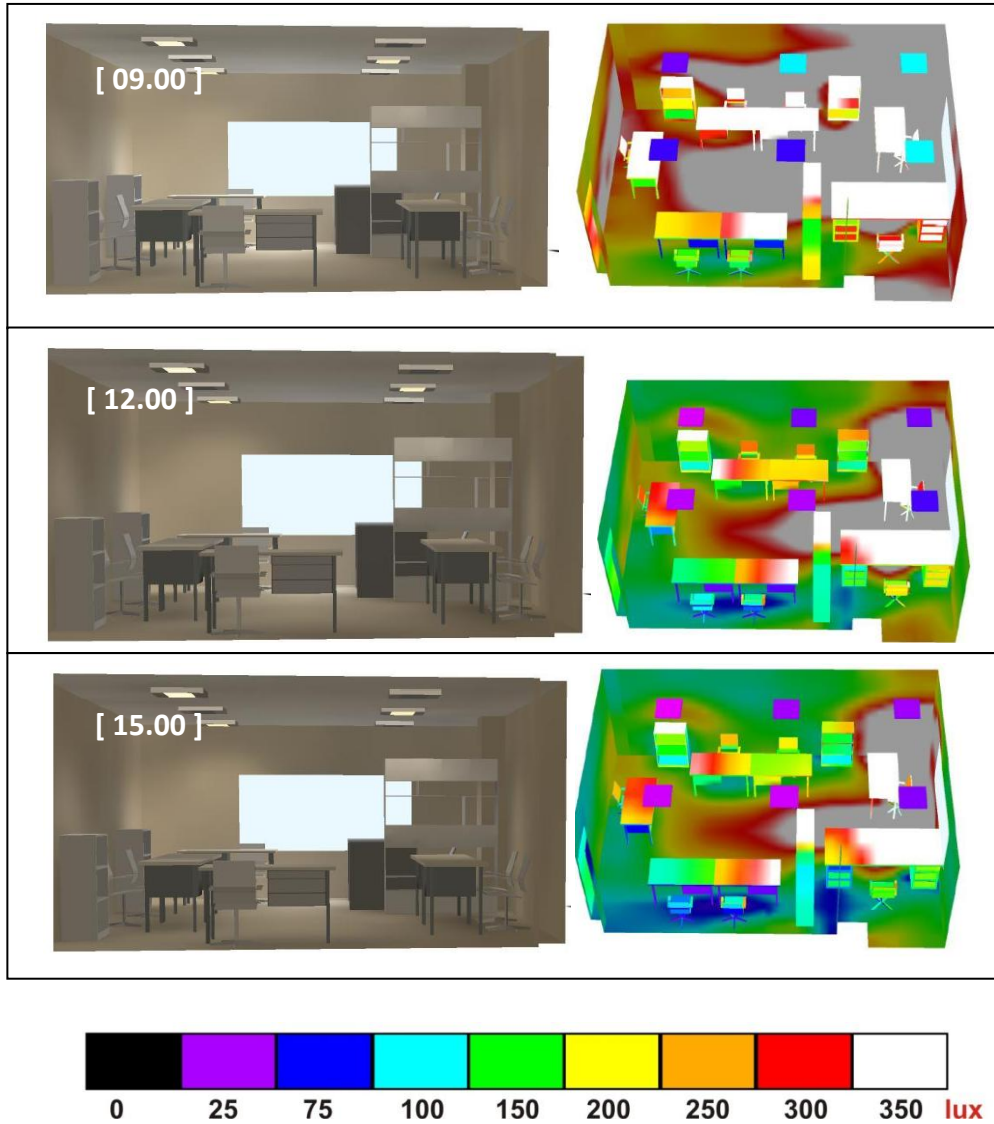
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	155	132	350	307	449	300	323	1005	743	132	1005	418	CERAH
2	12.00	111	91	276	269	356	207	364	598	397	91	598	297	CERAH
3	15.00	121	99	286	276	373	215	412	685	418	99	685	321	CERAH



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi pada **Zona-2 hari Sabtu tgl. 20 April 2013 dengan kondisi langit CERAH memenuhi standarisasi pada pagi hari**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 418 Lux, yang berarti diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. **Pada siang dan sore hari belum memenuhi standarisasi**, Dari render ruang, terlihat penyebaran cahaya yang tidak merata keseluruhan ruang.

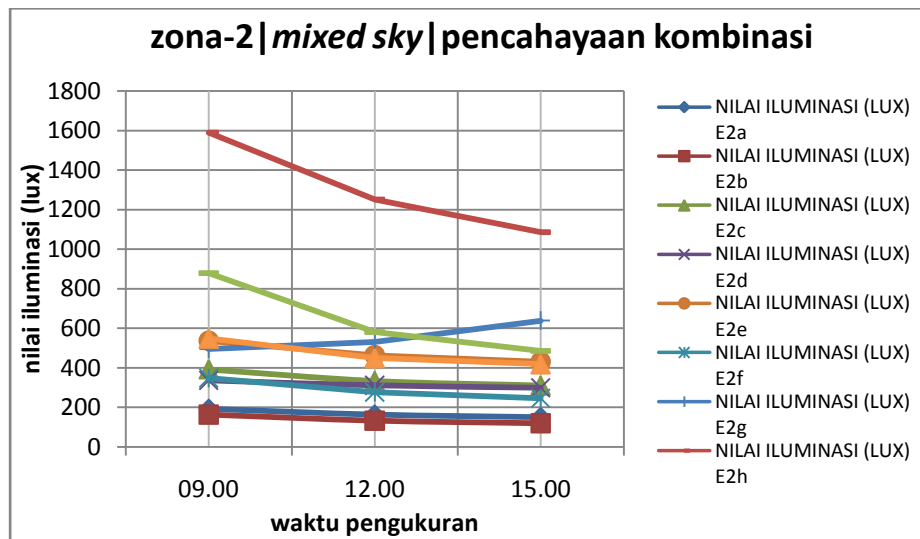
Gambar 136. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH



Gambar 137. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2
 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan
 (*Mixed Sky*)

Tabel 75. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN

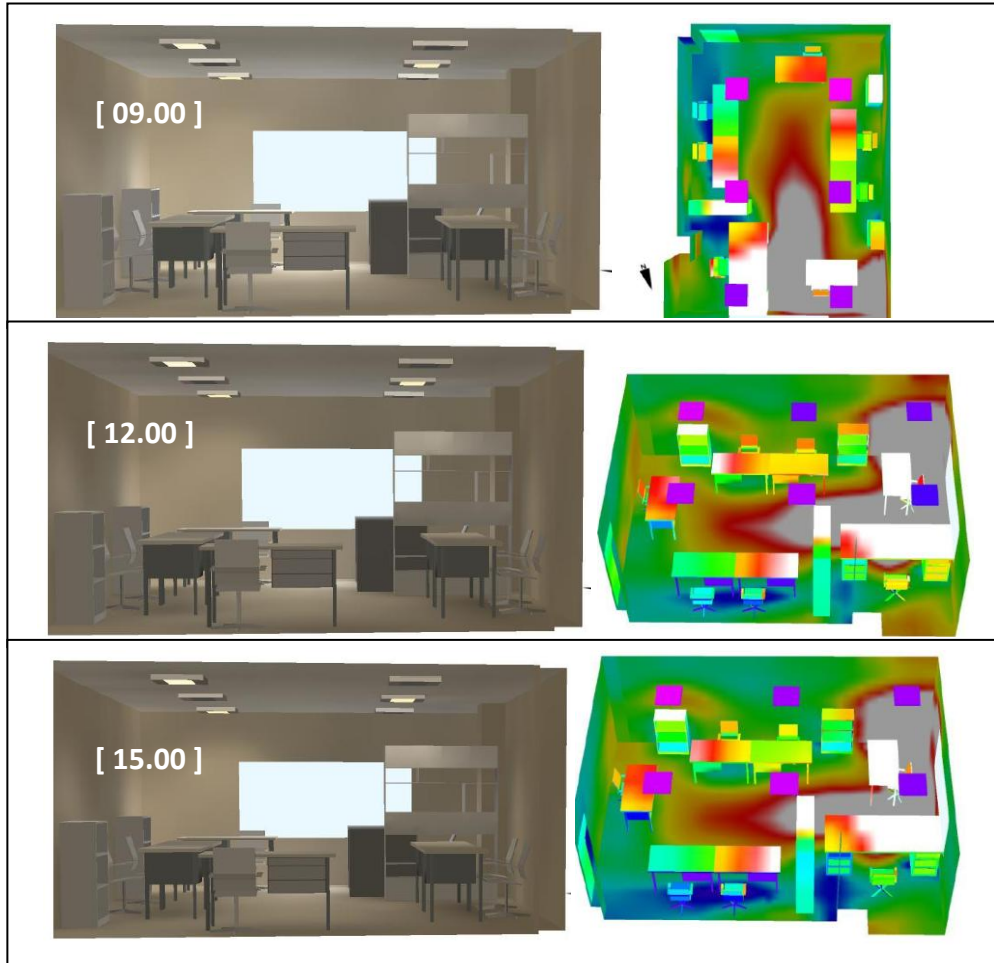
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	193	164	393	337	537	348	496	1590	880	164	1590	549	BERAWAN
2	12.00	164	134	334	312	465	277	532	1252	582	134	1252	450	BERAWAN
3	15.00	151	121	311	300	432	247	639	1086	486	121	1086	419	BERAWAN



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan integrasi eksisting pada **Zona-2 hari Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN** memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 419-549 Lux, yang berarti jauh diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux, tetapi dapat dilihat penyebaran cahaya yang tidak merata keseluruhan ruang.

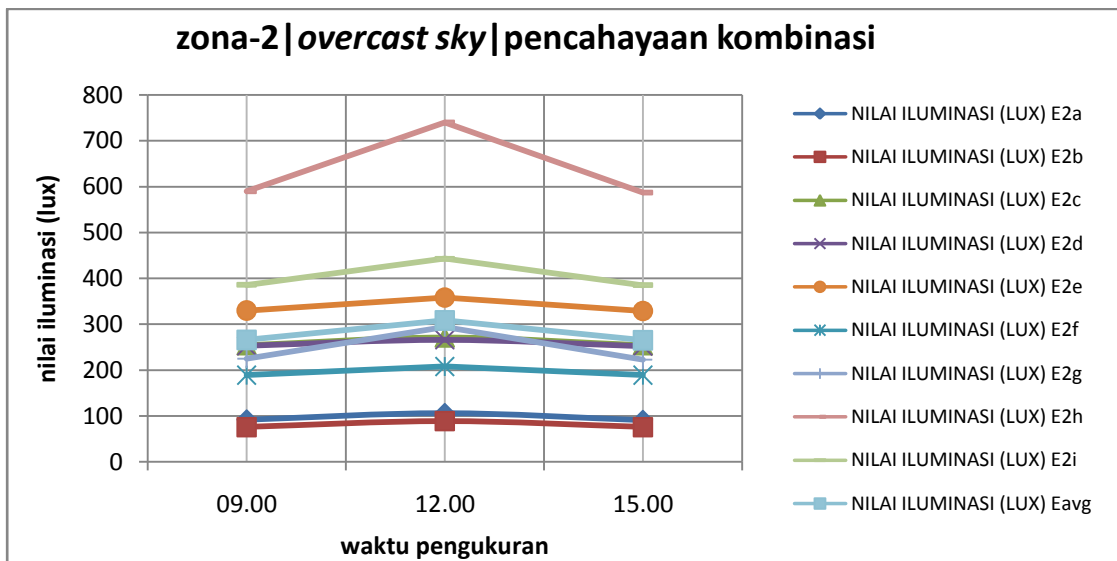
Gambar 138. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN



Gambar 139. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung (*Overcast Sky*)

Tabel 76. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-2 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E2a	E2b	E2c	E2d	E2e	E2f	E2g	E2h	E2i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	92	76	254	253	330	189	225	590	386	76	590	266	MENDUNG
2	12.00	106	89	271	266	358	208	294	740	443	89	740	308	MENDUNG
3	15.00	91	76	254	252	329	189	223	587	385	76	587	265	MENDUNG

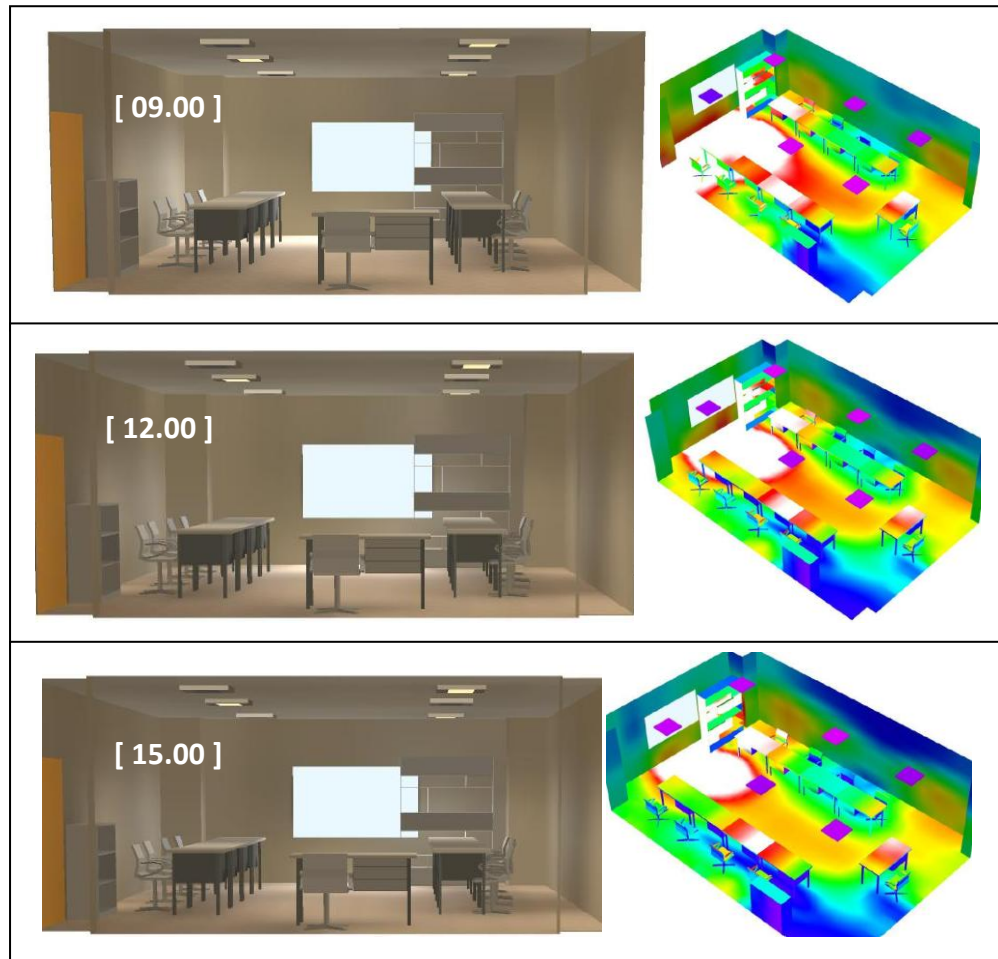


Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-2** hari Rabu tgl. **8 Mei 2013** dengan kondisi langit **MENDUNG**, belum memenuhi standar, dikarenakan Eavg hanya berkisar 265-308 Lux. Yang berarti di bawah ketentuan iluminasi standar untuk ruang kerja 350 Lux

Gambar 140. Grafik Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan, Simulasi Zona-2 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

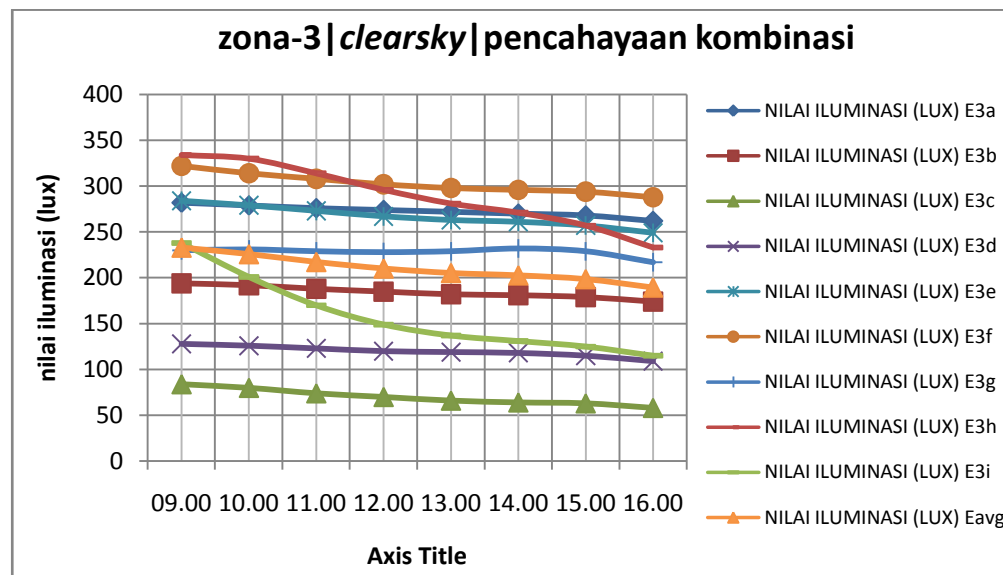
iii. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona-3



Gambar 141. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3
Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah
(*Clear Sky*).

Tabel 77. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 20 APRIL 2013 kondisi langit Cerah

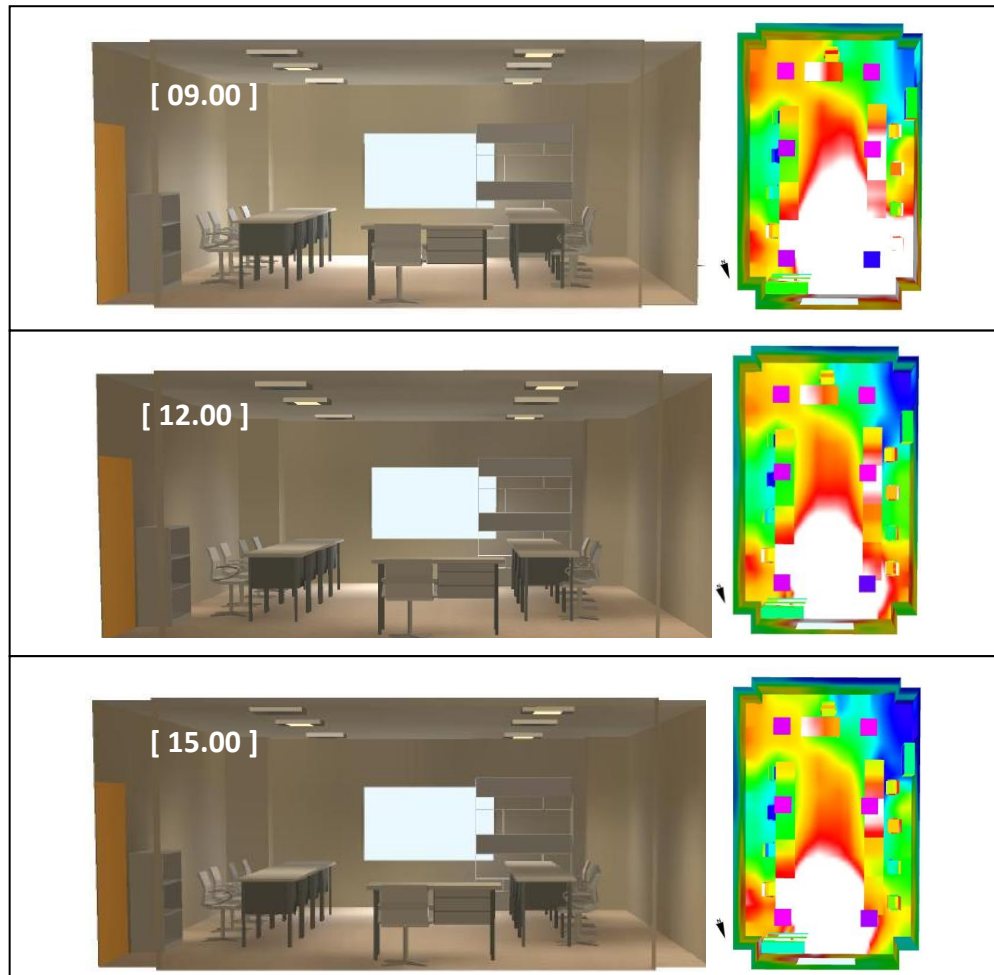
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	282	194	84	128	284	322	230	334	238	84	334	233	CERAH
2	12.00	274	185	70	120	267	302	228	296	149	70	302	210	CERAH
3	15.00	268	179	63	115	257	294	229	257	125	63	294	199	CERAH



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-3 hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH** **belum memenuhi standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 199-233 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

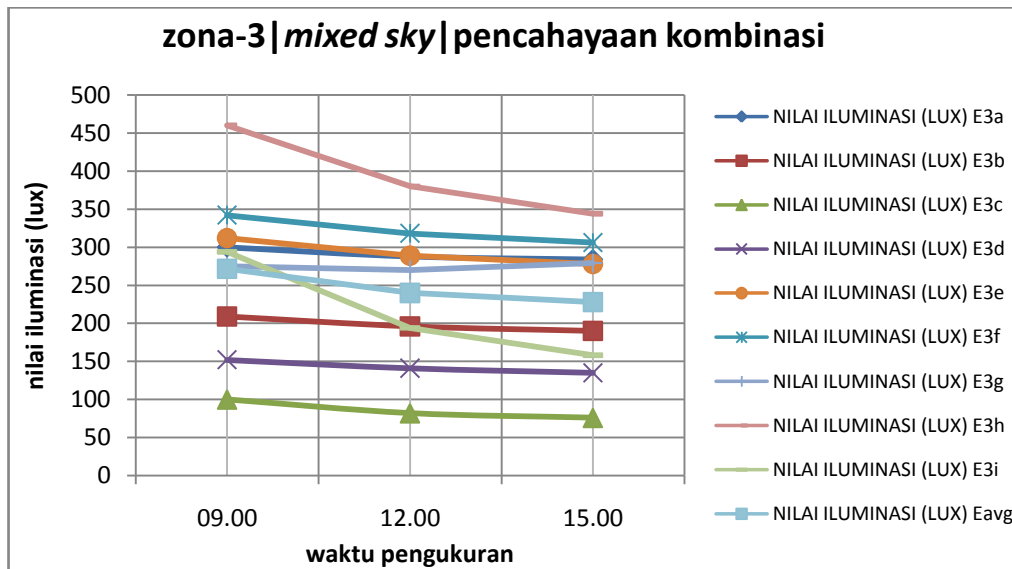
Gambar 142. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 20 APRIL 2013 kondisi langit Cerah



Gambar 143. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3 Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan (*Mixed Sky*)

Tabel 78. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN

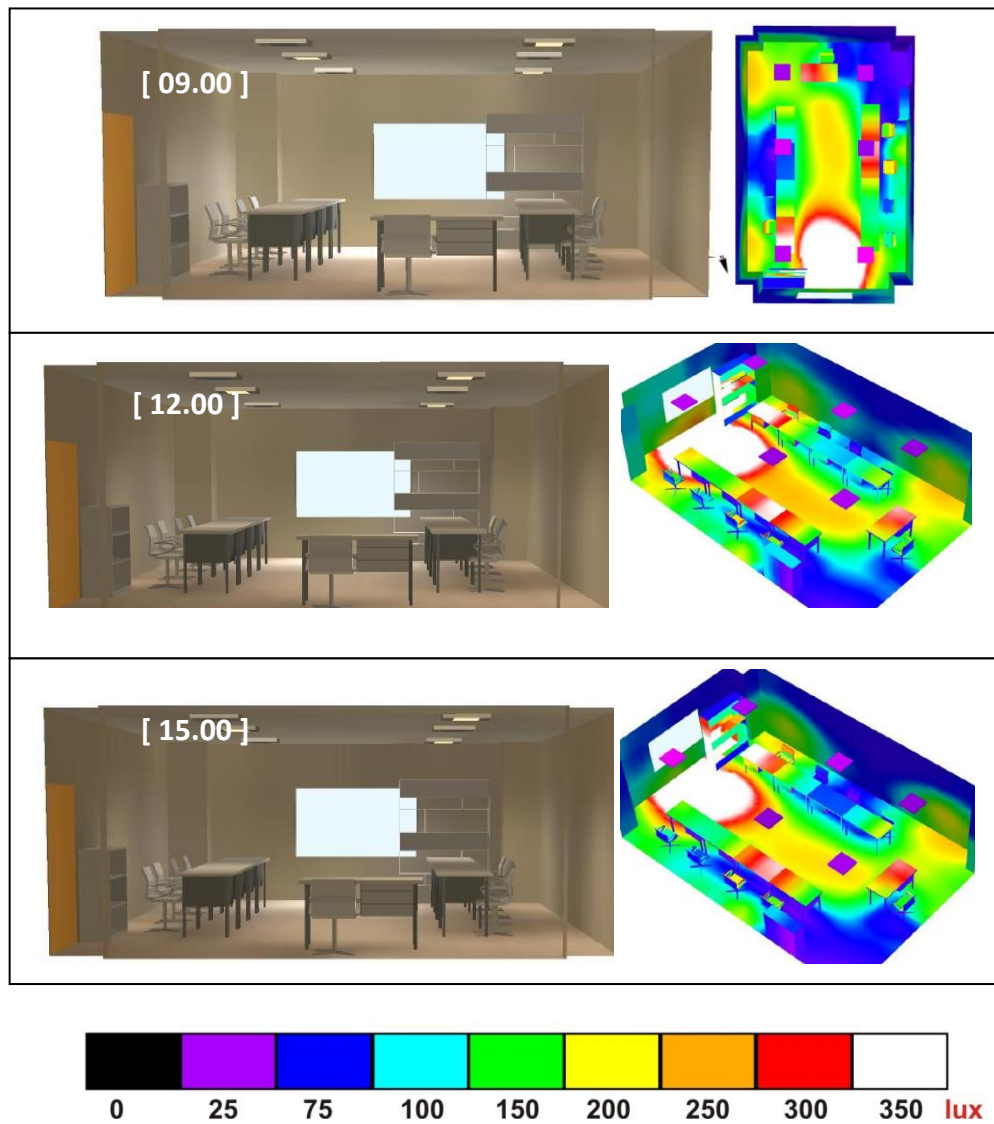
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	300	209	100	152	312	342	275	460	294	100	460	272	BERAWAN
2	12.00	288	196	82	141	289	318	270	380	194	82	380	240	BERAWAN
3	15.00	284	190	76	135	278	306	279	344	158	76	344	228	BERAWAN



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan integrasi eksisting pada **Zona-3 hari Minggu tgl. 26 Mei 2013 dengan kondisi langit BERAWAN belum memenuhi standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 228-272 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

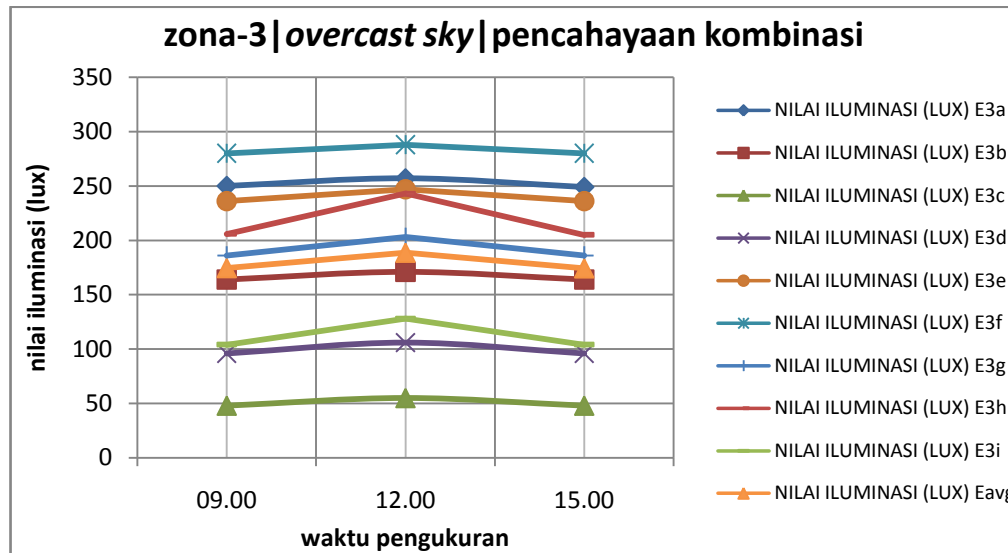
Gambar 144. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN



Gambar 145. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-3
Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung
(Overcast Sky)

Tabel 79. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E3a	E3b	E3c	E3d	E3e	E3f	E3g	E3h	E3i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	250	164	48	96	236	280	186	206	104	48	280	174	MENDUNG
2	12.00	257	171	55	106	247	288	203	243	128	55	288	189	MENDUNG
3	15.00	249	164	48	96	236	280	186	205	104	48	280	174	MENDUNG

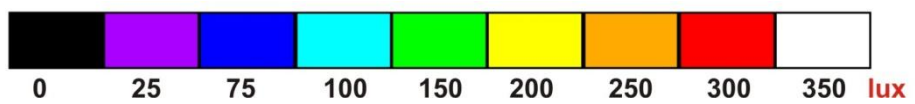
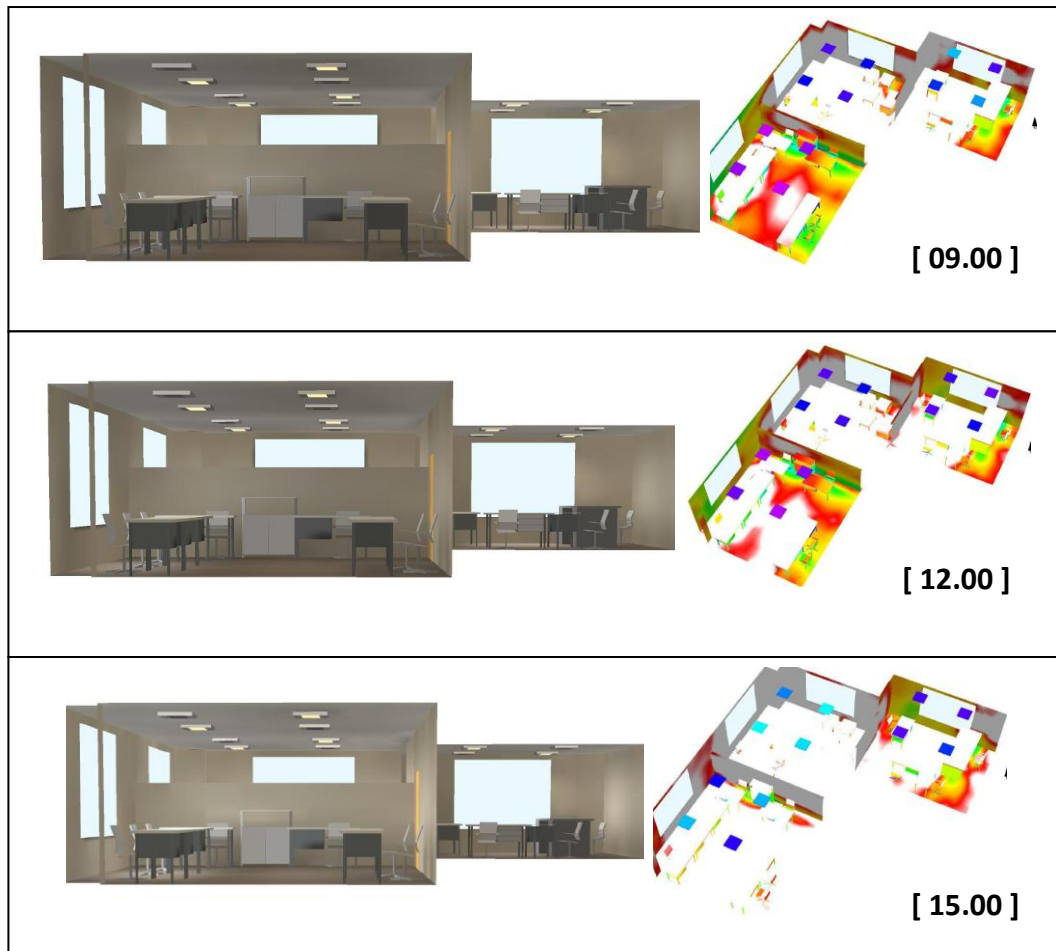


Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan integrasi eksisting pada **Zona-3** hari Rabu tgl. **8 Mei 2013** dengan **kondisi langit MENDUNG** **belum memenuhi standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 174-189 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gambar 146. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-3 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

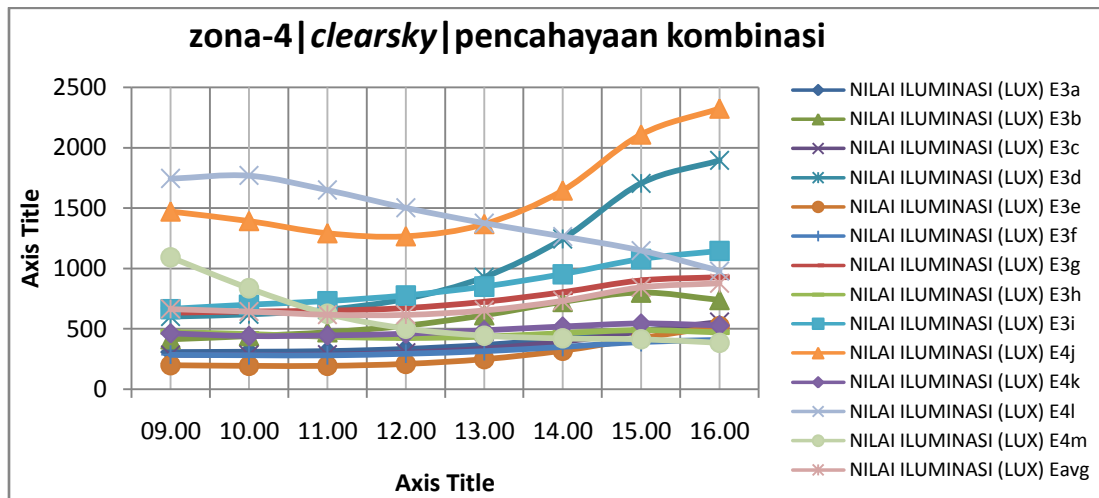
iv. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona 4



Gambar 147. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4
Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah
(*Clear Sky*)

Tabel 80. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 20 APRIL 2013 kondisi langit CERAH

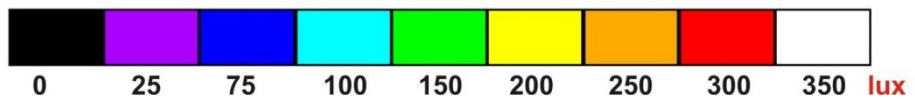
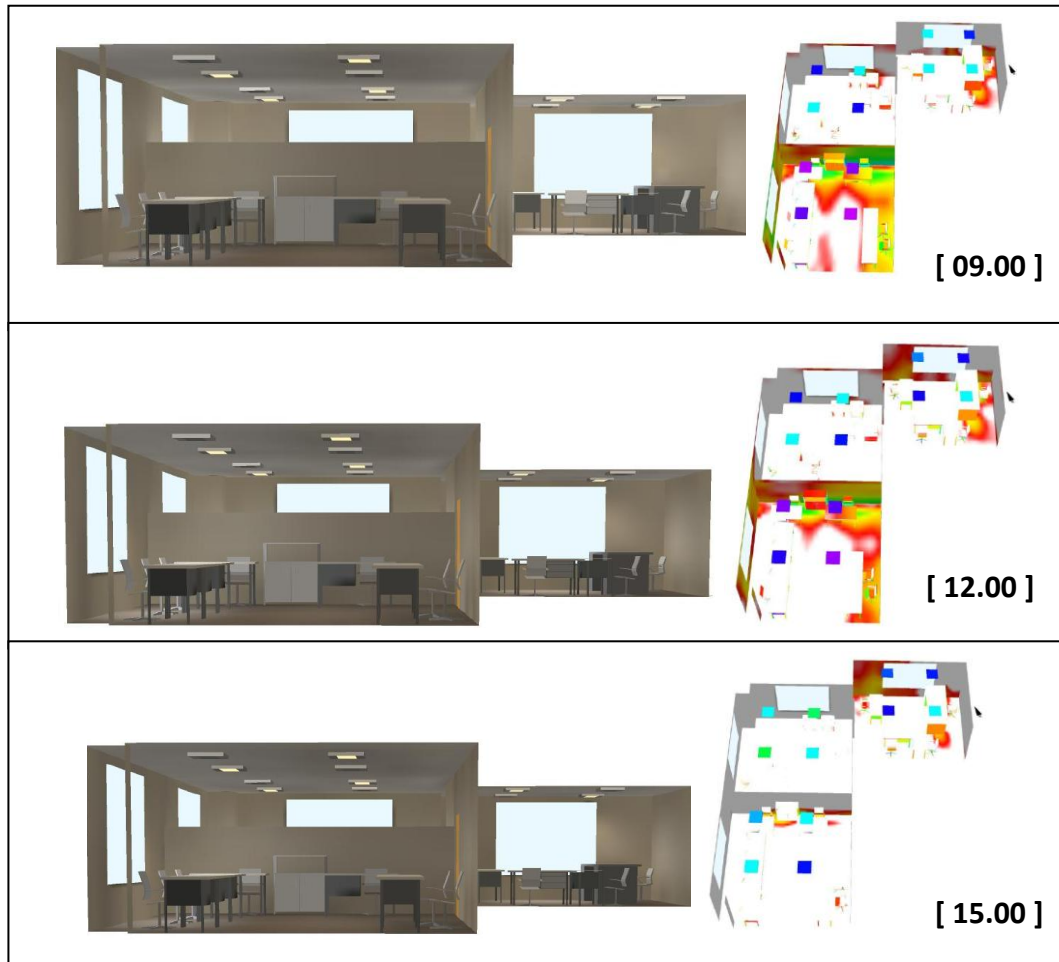
NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT						RUANG SEKERTARIS						RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	308	415	285	603	200	286	350	633	474	665	1472	811	463	1744	1093	1100	CERAH
2	12.00	334	527	303	750	211	295	403	672	426	777	1267	786	460	1502	503	822	CERAH
3	15.00	487	801	479	1705	423	391	714	902	491	1079	2110	1146	544	1148	414	702	CERAH



Gbr 148. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 20 APRIL 2013 kondisi langit CERAH (Clear Sky)

Penjelasan:

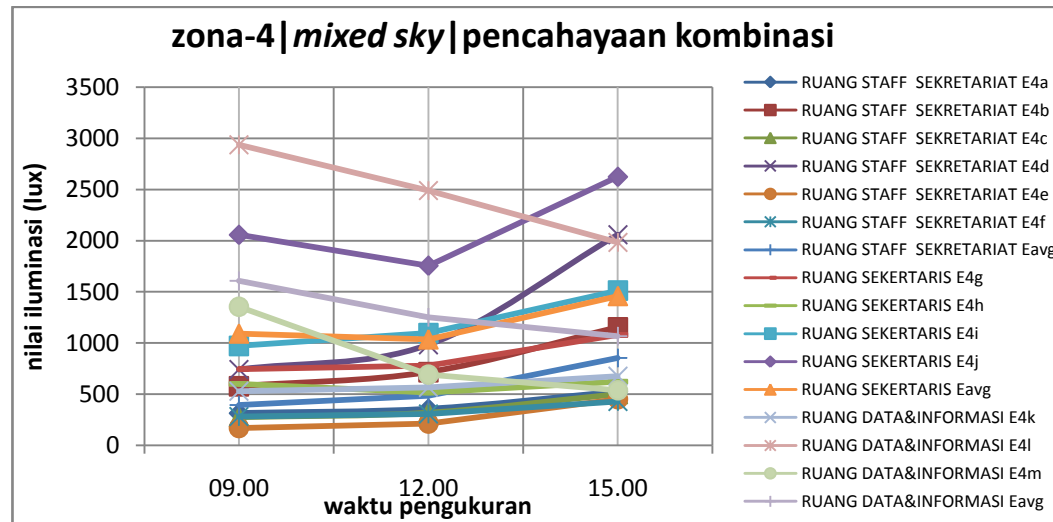
Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-4 (ruang sekretaris & rg.data)** hari Minggu tgl. 20 April 2013 dengan kondisi langit CERAH memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi pada **Zona-4 ruang Staff Sekretariat** belum memenuhi standarisasi.



Gambar 149. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-4
Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan
(Mixed Sky)

Tabel 81 Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN

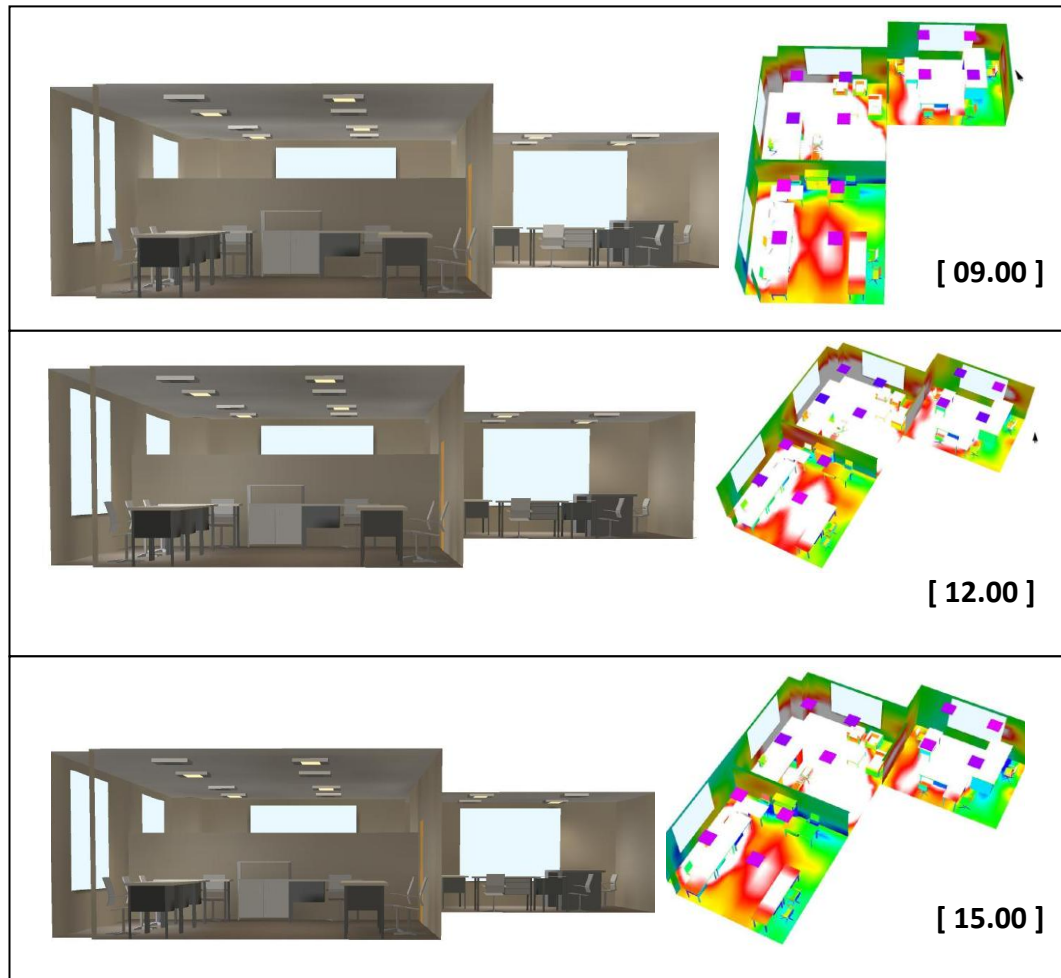
NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT							RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT	
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg		
1	09.00	31	4	577	274	741	170	280	393	745	599	971	2056	1093	528	2936	1354	1606	BERAWAN
		35	6	715	318	983	215	306	482	778	514	1097	1755	1036	567	2488	692	1249	
2	12.00	52	115																BERAWAN



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-4** hari Minggu tgl. **26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN** memenuhi standarisasi pada keseluruhan ruang, dikarenakan iluminasi diatas standar ruang Kerja yaitu 350 Lux.

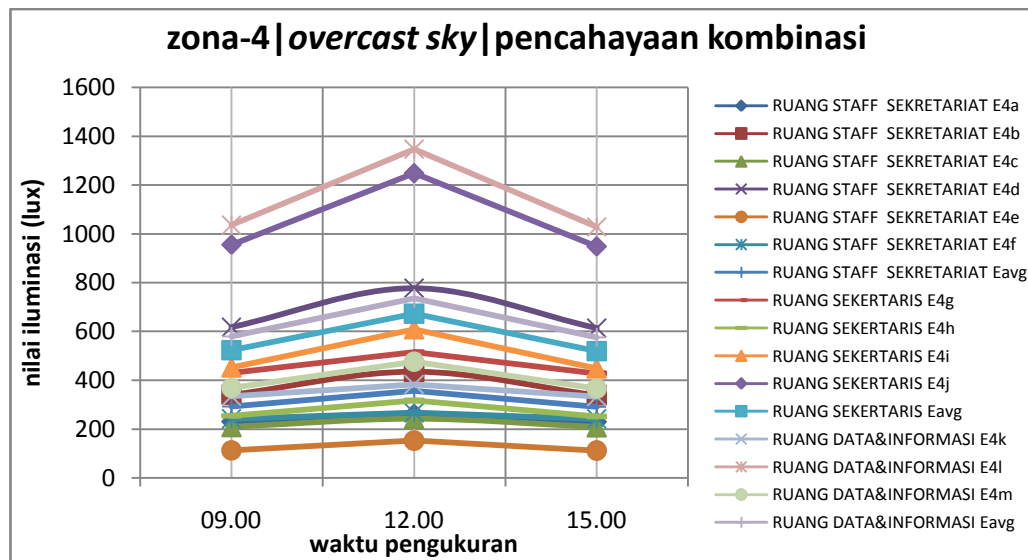
Gbr 150. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN



Gambar 151. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4
 Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung
 (*Overcast Sky*)

Tabel 82 Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit Mendung

NO.	WAKTU PENGUKURAN	RUANG STAFF SEKRETARIAT							RUANG SEKERTARIS					RUANG DATA&INFORMASI				KONDISI LANGIT
		E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	E4f	Eavg	E4g	E4h	E4i	E4j	Eavg	E4k	E4l	E4m	Eavg	
1	09.00	231	341	209	618	113	242	292	430	254	453	955	523	334	1036	368	579	MENDUNG
2	12.00	262	435	243	777	153	267	356	515	318	609	1248	673	383	1347	476	735	MENDUNG
3	15.00	230	339	208	614	112	242	291	428	252	449	948	519	333	1028	366	576	MENDUNG

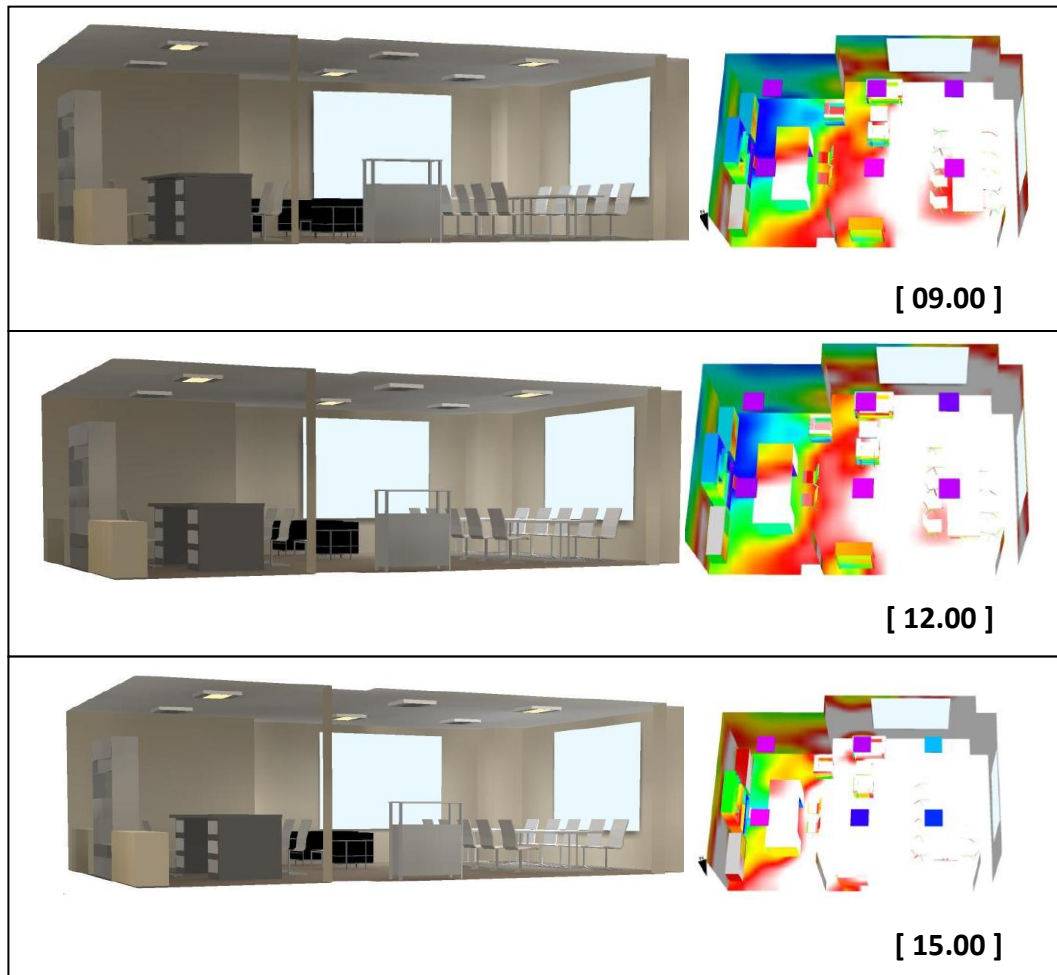


Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-4** hari Minggu tgl. **08 Mei 2013** dengan kondisi langit **MENDUNG** memenuhi standarisasi pada Ruang Sekretaris dan Ruang Data, dikarenakan iluminasi diatas standar ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi pada ruang **Staff** belum memenuhi standar.

Gbr 152. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-4 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

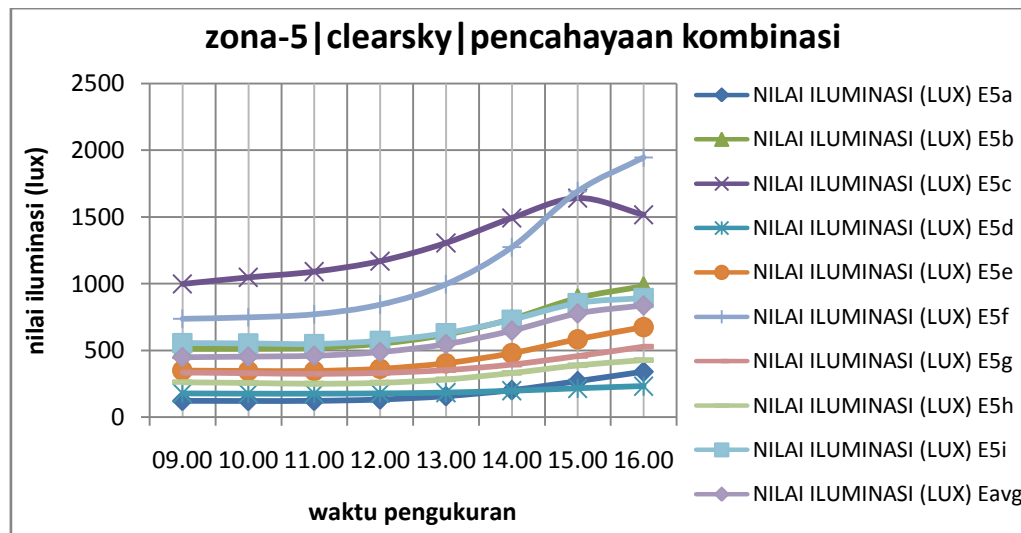
v. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona-5



Gambar 153. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-5
Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*)

Tabel 83. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH

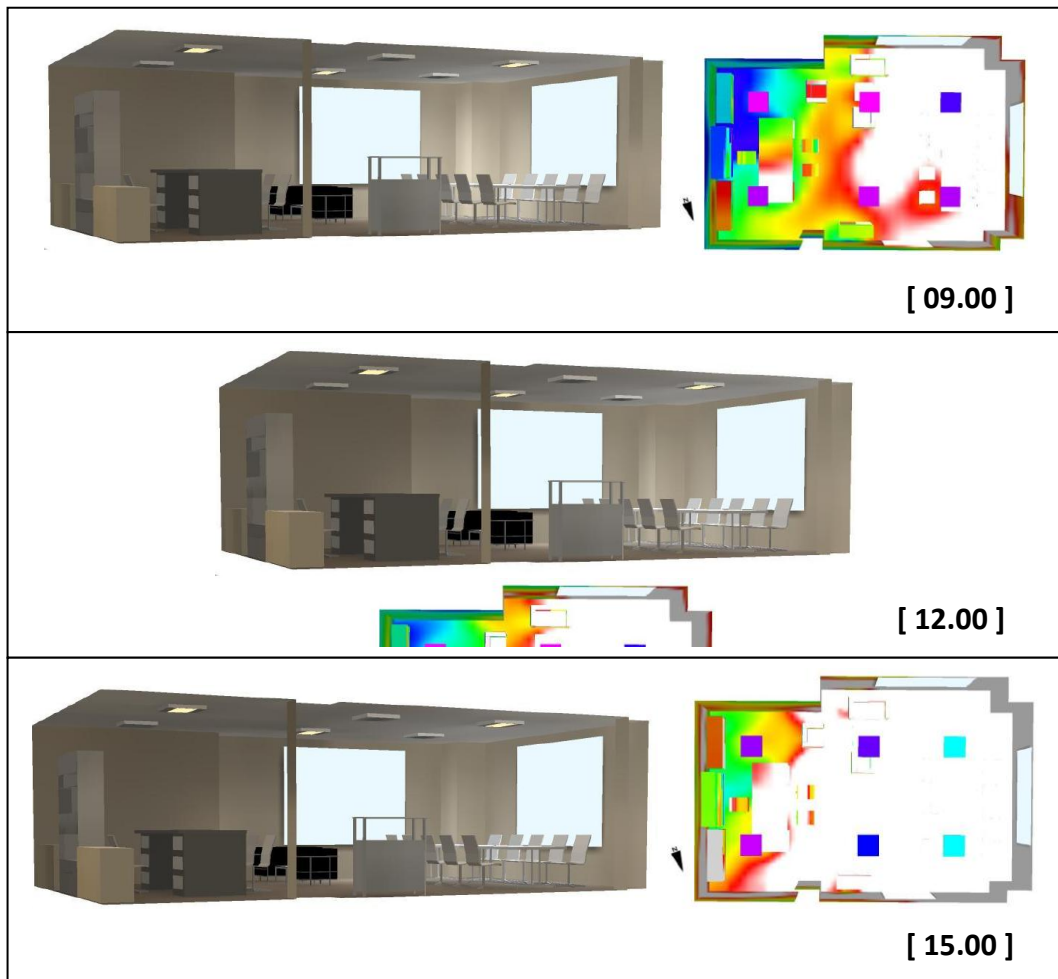
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)												KONDISI LANGIT
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	122	512	998	179	349	736	334	262	555	122	998	450	CERAH
2	12.00	132	550	1169	179	362	842	331	258	572	132	1169	488	CERAH
3	15.00	269	892	1641	216	584	1691	458	388	854	216	1691	777	CERAH



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan integrasi eksisting pada **Zona-5 tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH memenuhi standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 488-777Lux, yang berarti diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi dapat dilihat penyebaran cahaya yang kurang merata, walaupun *Eavg* nya mencukupi (Gambar 154).

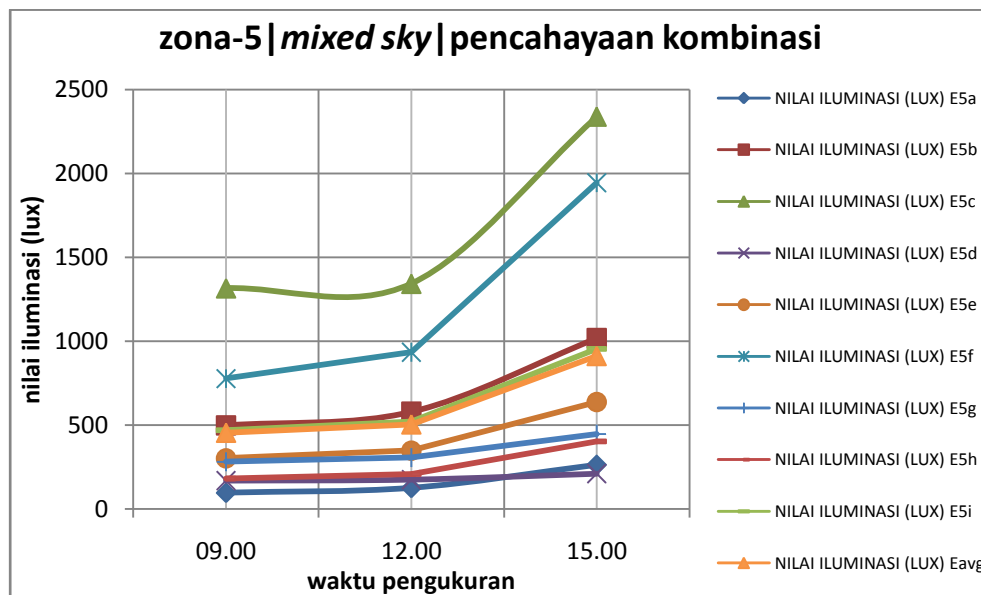
Gambar 154. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH



Gambar 155. Pencahayaan Kombinasi Manual Simulasi Zone-5
 Tanggal 26 Mei 2013 Kondisi Langit Berawan
 (*Mixed Sky*)

Tabel 84. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN

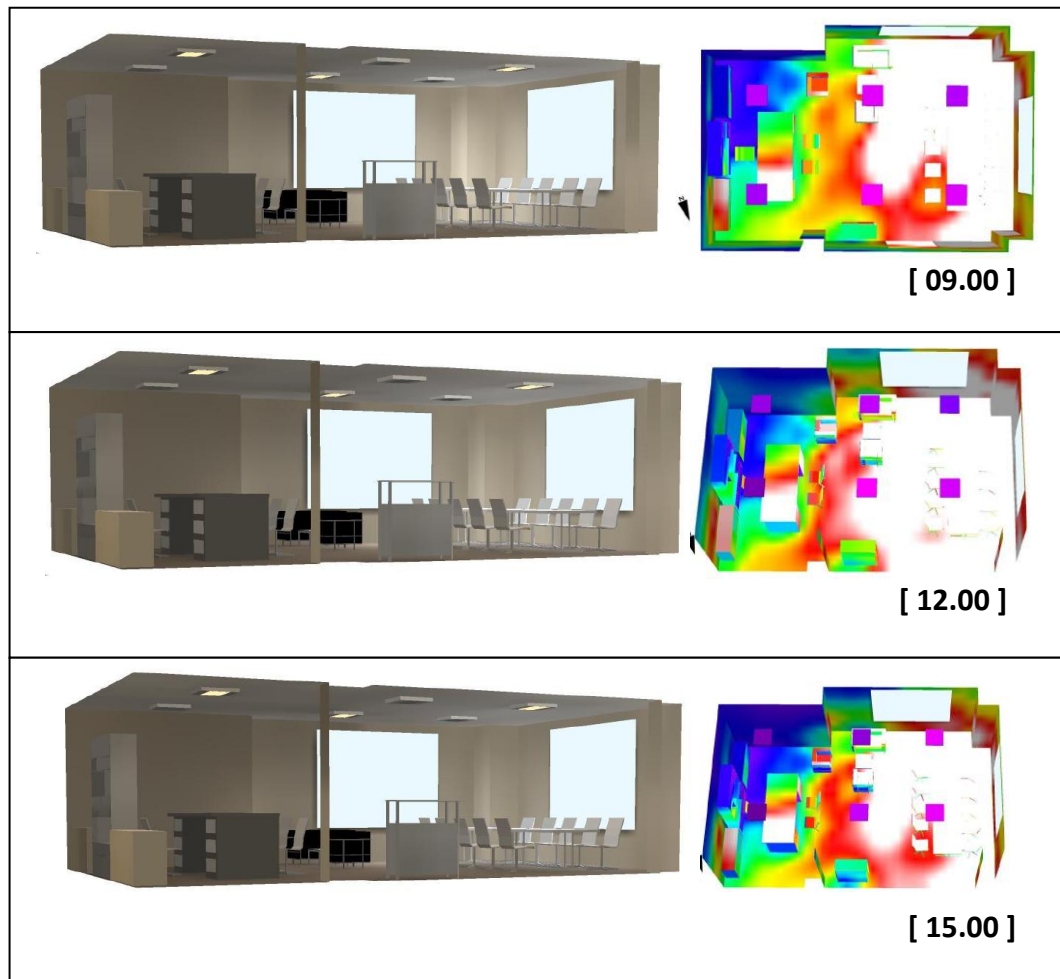
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	97	498	1316	169	303	778	282	182	470	97	1316	455	BERAWAN
2	12.00	126	579	1343	175	349	935	307	209	521	126	1343	505	BERAWAN
3	15.00	264	1018	2338	211	638	1944	446	403	954	211	2338	913	BERAWAN



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-5 tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN** memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 455-913 Lux, yang berarti diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi dapat dilihat penyebaran cahaya yang tidak merata, walaupun *Eavg* nya mencukupi (lihat Gambar 156).

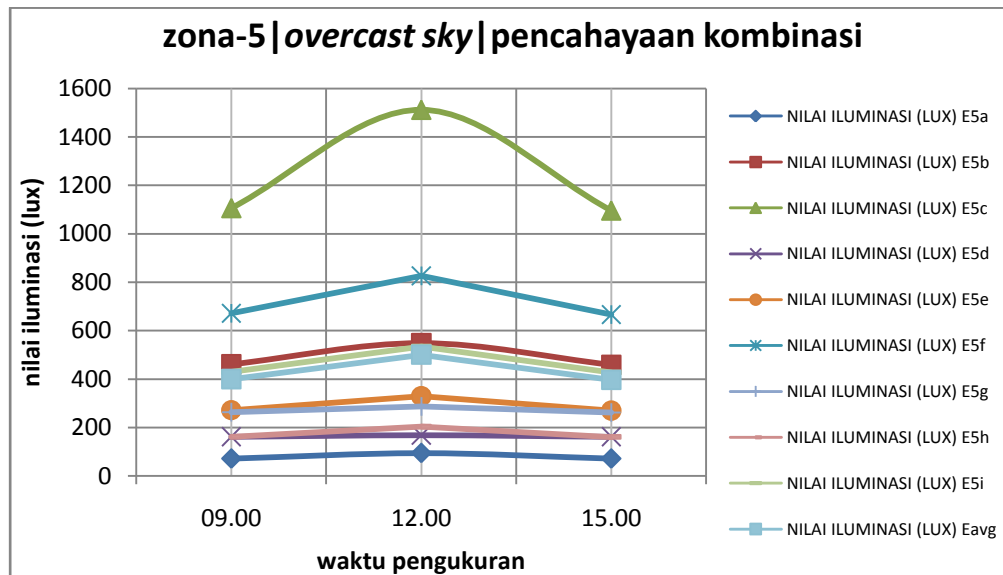
Gbr 156. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN (*Mixed Sky*)



Gambar 157. Pencahayaan Kombinasi Manual Simulasi Zone-5
Tanggal 08 Mei 2013 Kondisi Langit Mendung
(*Overcast Sky*)

Tabel 85. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)											KONDISI LANGIT	
		E5a	E5b	E5c	E5d	E5e	E5f	E5g	E5h	E5i	Emin	Emax		Eavg
1	09.00	71	460	1106	161	271	671	262	161	429	71	1106	399	MENDUNG
2	12.00	94	548	1512	168	329	826	286	203	534	94	1512	500	MENDUNG
3	15.00	71	458	1096	161	269	666	261	160	426	71	1096	396	MENDUNG

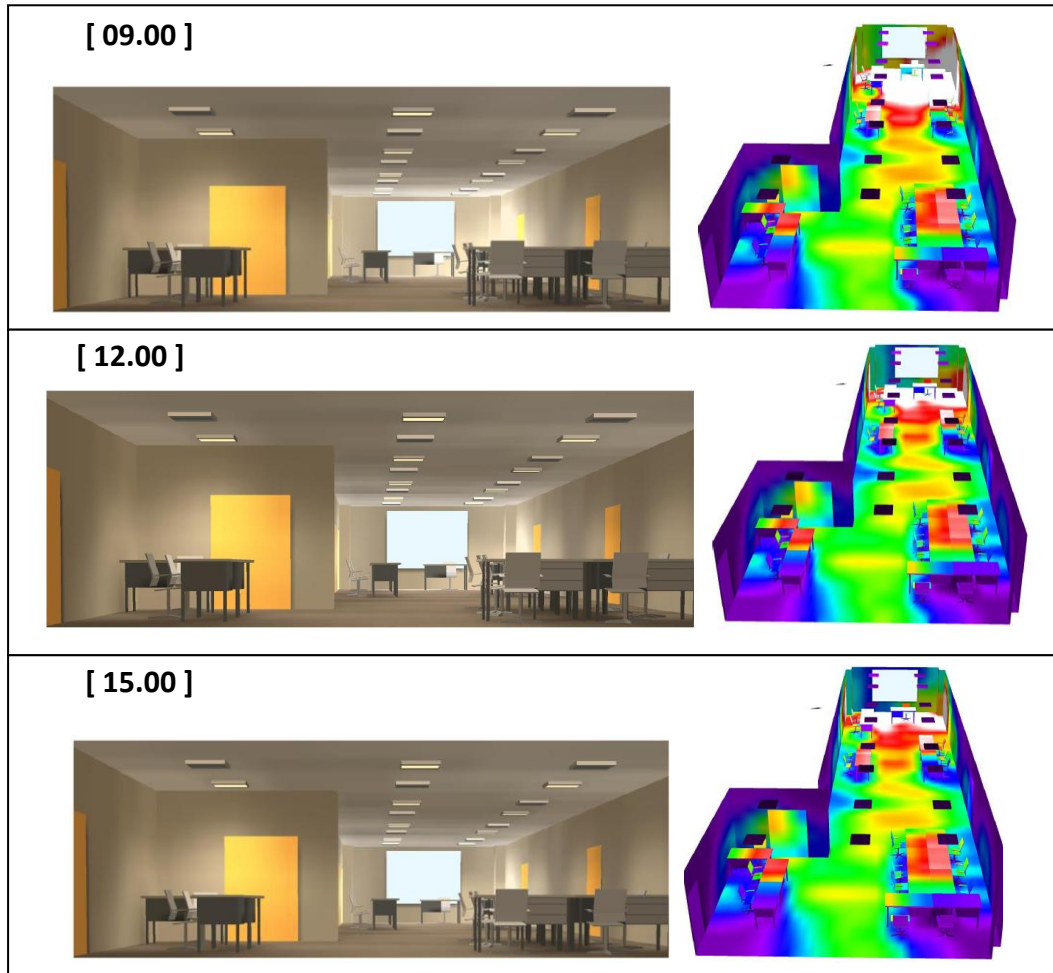


Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-5 tgl. 8 Mei 2013** dengan **kondisi langit MENDUNG** memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) berkisar 396-500 Lux, yang berarti diatas standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux. Tetapi dapat dilihat penyebaran cahaya yang kurang merata, walaupun *Eavg* nya mencukupi (lihat Gambar 158).

Gbr 158. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-5 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit Mendung (*Overcast Sky*)

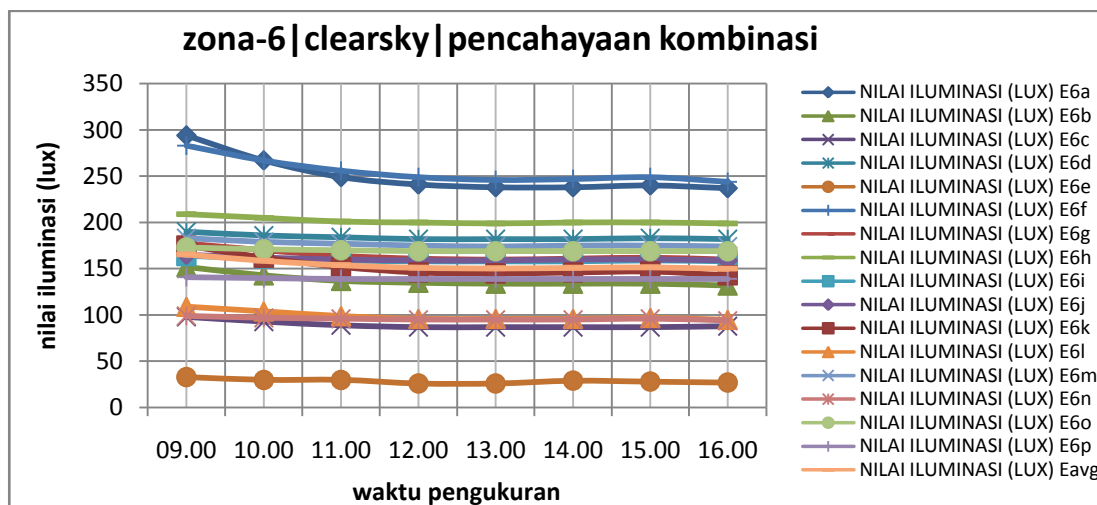
vi. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Zona 6



Gambar 159. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6
Hari Sabtu Tanggal 20 April 2013, Kondisi Langit
Cerah (*Clear Sky*)

Tabel 86. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH

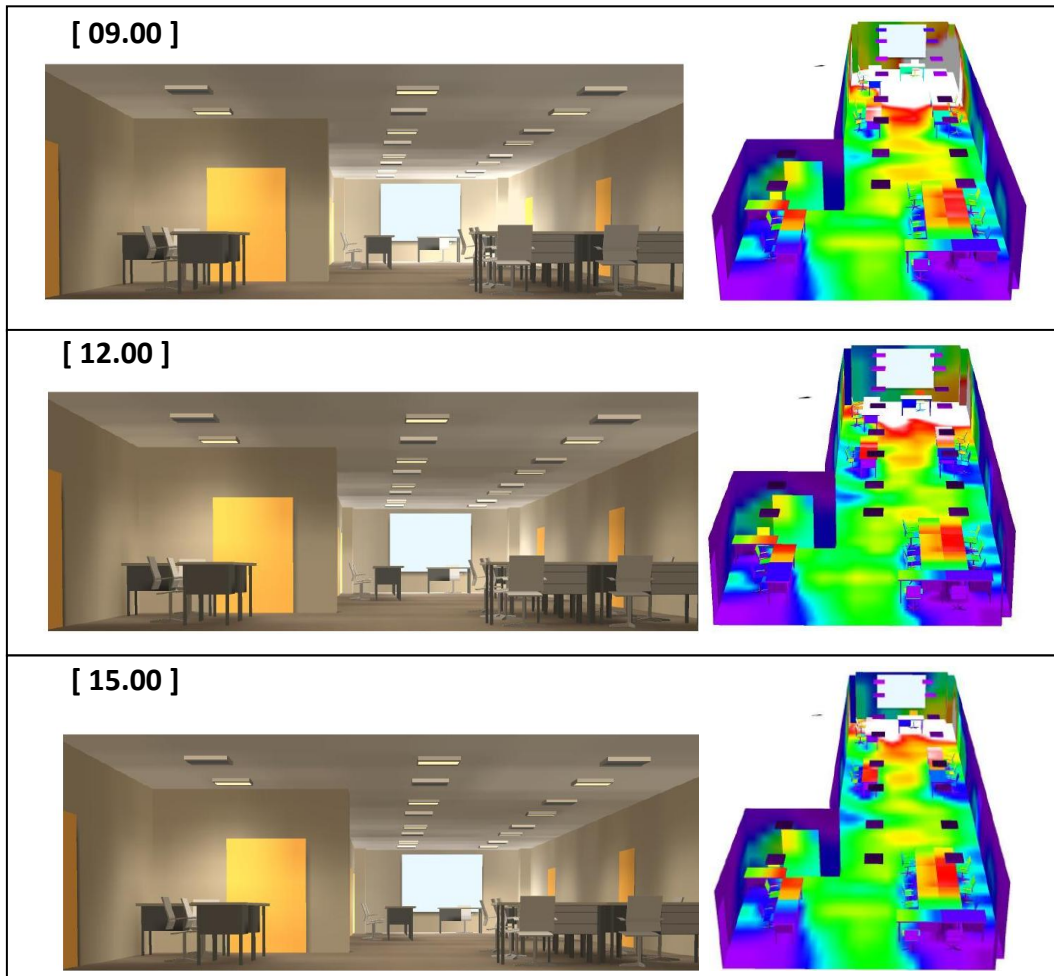
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	Eavg	
1	09.00	294	152	98	190	33	283	177	209	164	165	175	109	183	99	173	141	33	294	165	CERAH
2	12.00	241	135	87	182	26	249	161	200	158	159	146	96	175	95	169	139	26	249	151	CERAH
3	15.00	240	134	87	183	28	249	162	200	159	160	147	97	175	96	169	139	28	249	152	CERAH



Gbr 160. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 20 April 2013 kondisi langit CERAH

Penjelasan:

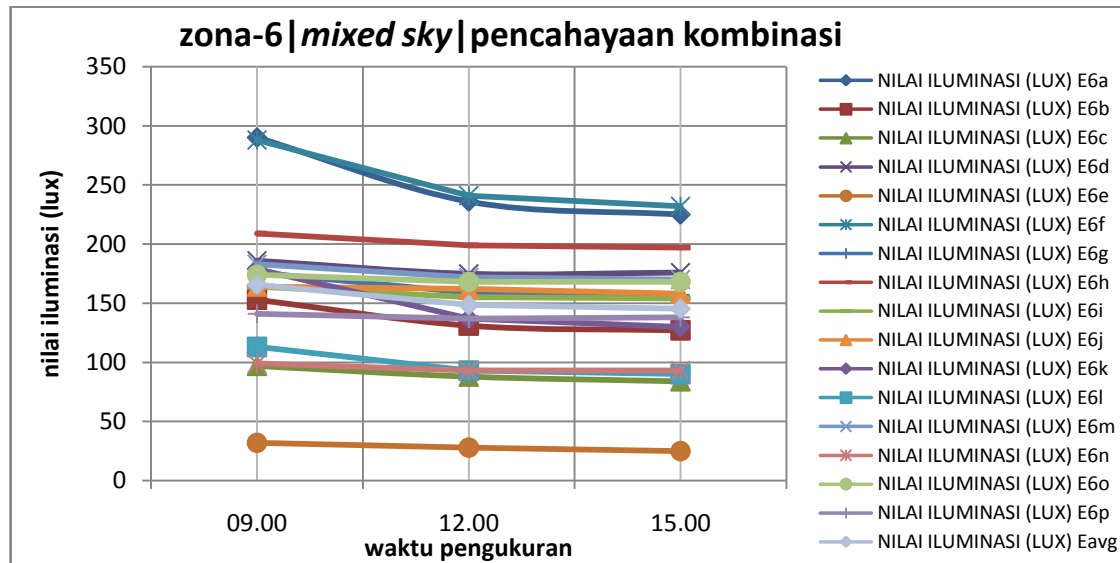
Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan integrasi eksisting pada **Zona-6 Hari Sabtu tgl. 20 April 2013** dengan **kondisi langit CERAH** **belum memenuhi standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 151-165Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.



Gambar 161. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-6 Hari Minggu Tanggal 26 Mei 2013, Kondisi Langit Berawan (*Mixed Sky*)

Tabel 87. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN

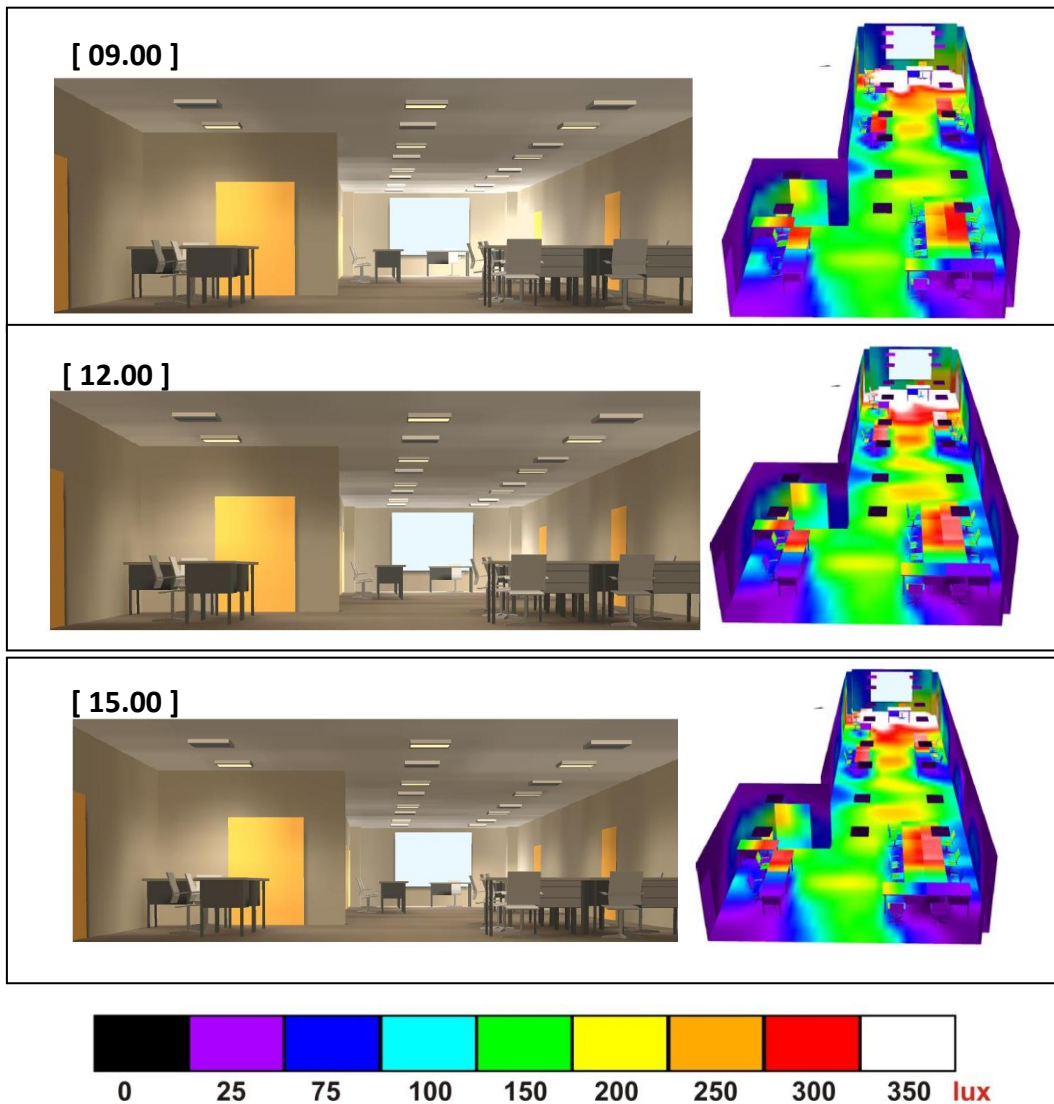
NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		RAN	E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	
1	09.00	290	153	97	186	32	288	176	209	164	164	179	113	183	99	174	141	32	290	166	BERAWAN
2	12.00	236	131	88	175	28	241	159	199	155	162	137	93	172	93	168	137	28	241	148	BERAWAN
3	15.00	225	127	84	176	25	232	157	197	154	158	130	90	170	93	168	138	25	232	145	BERAWAN



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-6 Hari Minggu tgl. 26 Mei 2013** dengan **kondisi langit BERAWAN** belum memenuhi standarisasi, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 145-166 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

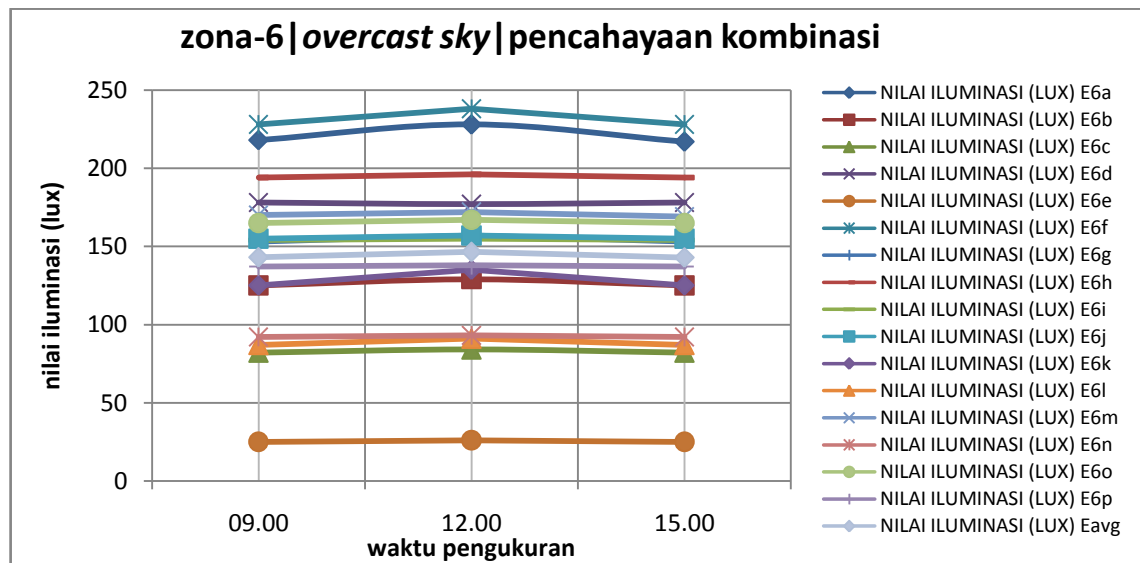
Gbr.162. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 26 Mei 2013 kondisi langit BERAWAN



Gambar 164. Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zone-6 Hari Minggu Tanggal 08 Mei 2013, Kondisi Langit Mendung (*Overcast Sky*)

Tabel 88. Hasil Pengukuran Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG

NO.	WAKTU PENGUKURAN	NILAI ILUMINASI (LUX)																			KONDISI LANGIT
		RAN	E6a	E6b	E6c	E6d	E6e	E6f	E6g	E6h	E6i	E6j	E6k	E6l	E6m	E6n	E6o	E6p	Emin	Emax	
1	09.00	218	125	82	178	25	228	153	194	154	155	125	87	170	92	165	137	25	228	143	MENDUNG
2	12.00	228	129	84	177	26	238	157	196	155	157	135	91	172	93	167	138	26	238	146	MENDUNG
3	15.00	217	125	82	178	25	228	153	194	154	155	125	87	169	92	165	137	25	228	143	MENDUNG



Penjelasan:

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa Tingkat pencahayaan kombinasi manual pada **Zona-6 Hari Rabu tgl. 08 Mei 2013** dengan **kondisi langit MENDUNG** belum memenuhi **standarisasi**, dikarenakan iluminasi rata-rata (*Eavg*) hanya berkisar 143-146 Lux, yang berarti dibawah standar Iluminasi ruang Kerja yaitu 350 Lux.

Gbr.164. Grafik Pencahayaan Kombinasi Manual, Simulasi Zona-6 Tanggal 08 Mei 2013 kondisi langit MENDUNG (*Overcast Sky*)

vii. Rangkuman; Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual

Dari data yang telah dikemukakan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 89. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona 1-6 pada Kondisi langit Cerah (*clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Simulasi DIALUX 10.1

NO.	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi MEMENUHI
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	09.00-11.00	Standarisasi, cahaya tdk merata
			12.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi MEMENUHI
		Ruang Bidang Data dan Informasi	09.00-16.00	Standarisasi, cahaya merata MEMENUHI
4	ZONA 4	Ruang Sekretaris BKKBN	09.00-16.00	Standarisasi, cahaya merata
		Ruang Staff Sekretariat Kepala BKKBN	09.00-14.00	BELUM Memenuhi Standarisasi MEMENUHI
5	ZONA 5	Ruang Ketua	09.00-16.00	Standarisasi, cahaya tidak merata
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit cerah (*Clear Sky*) dengan sistem pencahayaan kombinasi manual, ruang Bidang Pengendalian KB dan Ruang Kepala BKKBN telah memenuhi Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan (SNI 03-6197-2000), tetapi cahaya yang tersedia tidak merata. Ada area yang iluminasinya jauh diatas 350 Lux sementara ada

yg jauh dibawah 350 Lux. Salah satu penyebab terjadinya ketimpangan karena adanya titik lampu yang menyala pada area yang telah tercukupi oleh pencahayaan alami dan begitupun sebaliknya. Hal ini mengakibatkan pemborosan energi dan penggunaan lampu yang tidak efektif.

Pada ruang Bidang Data dan Informasi dan ruang Sekretaris BKKBN, iluminasinya telah memenuhi Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Yang Direkomendasikan dan penyebaran cahaya yang merata. Hal ini dikarenakan pencahayaan alami pada ruang-ruang tersebut sudah baik, sehingga tidak perlu lagi untuk mengintegrasikannya dengan pencahayaan buatan. Dengan kata lain, titik-titik lampu yang menyala pada ruang ini merupakan pemborosan energi dan penggunaan lampu yang tidak efektif.

Pada Ruang Penggerakan Masyarakat, Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat, Ruang Sekretariat Umum BKKBN, Ruang Staff Sekretariat Kepala BKKBN, dan ruang Pegawai Umum iluminasinya belum memenuhi standar Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Yang Direkomendasikan. Hal ini menandakan area ini masih membutuhkan bantuan pencahayaan buatan yang lebih, sehingga kebutuhan iluminasi dapat tercukupi.

Tabel 90. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona 1-6 pada Kondisi langit Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, Simulasi DIALux 10.1

NO	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	09.00-11.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya tidak merata
			12.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian KB	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya tidak merata
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Bidang Data dan Informasi	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya merata
		Ruang Sekretaris BKKBN	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya merata
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya tidak merata
5	ZONA 5	Ruang Kepala	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya tidak merata
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit Berawan (*Mixed Sky*), iluminasi pada ruang bidang Penggerakan Masyarakat, Bidang Pengendalian KB, ruang Bidang Data dan teknologi, ruang Sekretaris BKKBN, ruang Staff Sekretariat BKKBN, dan ruang Kepala BKKBN, telah memenuhi standar Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan (SNI 03-6197-2000). Tetapi walaupun demikian pada rendering simulasi pencahayaan DIALux 10.1 dapat dilihat penyebaran cahaya dalam ruang tidak merata.

Penyebabnya sama dengan kondisi pencahayaan kombinasi manual pada kondisi Cerah (*Clear Sky*).

Pada ruang Bidang Pengendalian Masyarakat, ruang Sekretariat Umum, dan ruang Pegawai Umum, iluminasi belum memenuhi standar Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan (SNI 03-6197-2000). Sistem Pencahayaan pada ruangan tersebut masih membutuhkan bantuan pencahayaan buatan yang lebih banyak dan sistematis. Sehingga pencahayaan buatan yang berintegrasi dengan sistem pencahayaan alami pada kondisi langit Berawan (*mixed sky*) dapat lebih efektif dan efisien.

Tabel 91. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual Zona 1-6 pada Kondisi langit Mendung (*overcast sky*) Tanggal 08 Mei 2013, Simulasi DIALux 10.1

NO	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
1	ZONA 1	Ruang Bidang Penggerakan Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
		Ruang Bidang Pengendalian Masyarakat	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
2	ZONA 2	Ruang Bidang Pengendalian KB	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
3	ZONA 3	Ruang Sekretariat Umum BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
4	ZONA 4	Ruang Bidang Data dan Informasi	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya merata
		Ruang Sekretaris BKKBN	09.00-16.00	MEMENUHI Standarisasi, cahaya merata
		Ruang Sekretariat Kepala BKKBN	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi
NO	NAMA ZONA	NAMA RUANG	WAKTU	KUALITAS PENCAHAYAAN
5	ZONA 5	Ruang Ketua	09.00-16.00	MEMENUHI standarisasi, tetapi penyebaran cahaya tidak merata
6	ZONA 6	Ruang Pegawai Umum	09.00-16.00	BELUM Memenuhi Standarisasi

Pada kondisi langit mendung (*Overcast Sky*) ruang Bidang Data dan Informasi, ruang Sekretaris, dan ruang Kepala BKKBN dapat memenuhi standar iluminasi Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Yang Direkomendasikan (SNI 03-6197-2000) yaitu 350 Lux. Hal itu dikarenakan pencahayaan alami yang masuk pada ruangan tersebut cukup tinggi, ditambah lagi dengan lampu yang menyala secara seling-seling. Tetapi meskipun demikian, penggunaan lampu masih harus diefektifkan.

viii. Audit Energi Sistem Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan

Untuk mengetahui energi yang terpakai pada sistem pencahayaan buatan eksisting pada obyek penelitian, peneliti melakukan simulasi pencahayaan pada sistem pencahayaan buatan sesuai dengan kondisi riil di lapangan.

Tabel 92. Hasil Perhitungan Energi Pencahayaan Buatan Eksisting dengan Simulasi DIALux 10.1

No.	Zona Pencahayaan	Zona Energy Evaluation (Kwh/a)	Luas Area (m ²)	Total Energi per m ² (kWh/(a · m ²))
1	Zona - 1	473,04	39,22	12,06
2	Zona - 2	848,52	46,06	18,42
3	Zona - 3	687,96	67,41	10,21
4	Zona - 4	1.149,12	100,13	11,48
5	Zona - 5	619,92	57,07	10,86
6	Zona - 6	2.131,92	164,91	12,93
	TOTAL	5.910,48	474,80	12,45

Output energi yang dihasilkan oleh simulasi ini merupakan kalkulasi energi per tahun dari obyek simulasi. Kemudian untuk mengetahui besar energi yang digunakan pada sistem pencahayaan kombinasi manual, yaitu sistem pencahayaan yang memanfaatkan cahaya alami yang masuk melalui jendela dan juga menggunakan pencahayaan buatan dengan menyalakan lampu secara selang seling, dapat diuraikan pada tabel berikut.

Tabel 93. Analisis Perhitungan Energi Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan (Manual)

No.	Zona Pencahayaan	Zone Energy Evaluation (Kwh/a)	Energi Pencahayaan Selang-seling (Kwh/a)	Luas Area (m ²)	Total Energi per m ² (kWh/(a · m ²))
A	B	C	D	E	F
1	Zona - 1	473,04	236,52	39,22	6,03
2	Zona - 2	848,52	424,26	46,06	9,21
3	Zona - 3	687,96	343,98	67,41	5,10
4	Zona - 4	1.149,12	574,56	100,13	5,74
5	Zona - 5	619,92	309,96	57,07	5,43
6	Zona - 6	2.131,92	1.065,96	164,91	6,46
TOTAL		5.910,48	2.955,24	474,80	6,22

Keterangan:

C = Zone Energy Evaluation (Kwh/a)

D = Energi Pencahayaan Selang-seling (Kwh/a) = 50% x C

F = Total Energi per m² (kWh/(a · m²)) = D / E

Dari data yang diuraikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah energi pencahayaan pertahun yang terpakai oleh objek penelitian apabila menggunakan lampu secara menyeluruh yaitu **5.910,48 kWh/a**. Kemudian jumlah energi pencahayaan kombinasi manual (eksisting) pertahun yang terpakai oleh objek penelitian, dengan menggunakan lampu secara selang-seling yaitu **2.955,24 kWh/a**. Apabila dikonversi ke dalam Tarif Dasar Listrik per Oktober 2013 untuk bangunan pemerintah non-subsidi yaitu Rp.1.075,- per kWh, berarti jumlah biaya listrik untuk pencahayaan buatan secara selang-seling per tahunnya sebesar Rp.3.176.883,-.

Tetapi sistem pencahayaan kombinasi manual secara ini masih belum efektif. Mengingat kualitas pencahayaan yang dihasilkan belum memenuhi standarisasi Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan (SNI 03-6197-2000) begitu pula halnya dengan Sistem Pencahayaan Buatan eksistingnya, yang dapat dilihat pada pembahasan penelitian yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya.

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pencahayaan integrasi yang meminimalisasi biaya pemakaian listrik untuk pencahayaan, tetapi juga dapat memenuhi kualitas pencahayaan sesuai fungsi ruang.

b. Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan yang Diintegrasikan dengan *Daylight Sensor*

Untuk mendapatkan sistem pencahayaan yang optimal, maka dilakukan percobaan rekayasa sistem pencahayaan pada objek penelitian. Eksperimen dilakukan dengan menambahkan sensor cahaya (*daylight sensor*) pada titik lampu. Cara kerja sensor ini adalah mematikan atau memutuskan aliran listrik yang menuju titik lampu apabila jumlah iluminasi melebihi standar yang telah ditentukan yaitu 350 lux. Adapun *range* nya antara 340-360 lux. Sistem pencahayaan integrasi ini merupakan sistem pencahayaan eksperimen, mengintegrasikan antara pencahayaan alami (sesuai eksisting) dengan pencahayaan buatan (tidak sesuai dengan kondisi eksisting, tetapi telah memenuhi standar Pencahayaan Minimum untuk ruang kantor).

Untuk itu, dilakukan terlebih dahulu Simulasi Pencahayaan Buatan, dan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 94. Pencahayaan Buatan Eksperimen

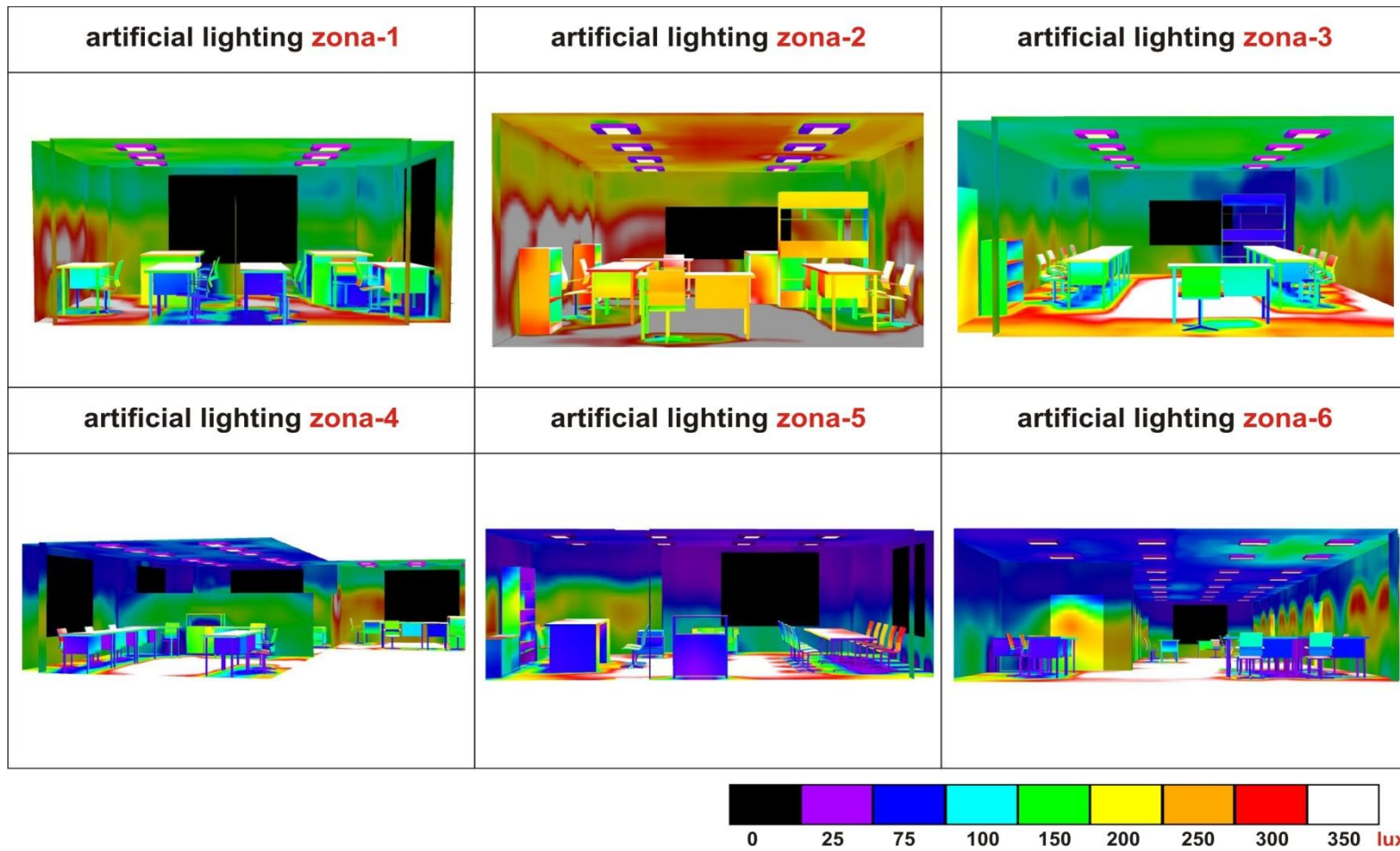
No.	Zona Pencahayaan	Luas Area (m ²)	Titik Lampu Eksisting (unit)	Titik Lampu Simulasi (unit)	Daya per titik lampu (watt)	Daya Listrik per m ² (watt/m ²)
	A	B	C	D	E	F
1	Zona-1	39,22	4	6	72	11
2	Zona-2	46,06	6	8	72	13
3	Zona-3	67,41	6	8	72	9
4	Zona-4	100,13	12	18	72	13
5	Zona-5	57,07	6	8	72	10
6	Zona-6	164,91	18	26	72	11

Keterangan:

- E = Daya Per Titik Lampu, tiap titik terdiri empat mata lampu
Flourescent 18 watt (4 x 18 watt = 72 watt)
- F = Daya Listrik per m² (watt/m²) = (D x E) / B
 Ketentuan SNI, daya listrik maksimum ruang kantor 15 watt/m²

Tabel 95. Hasil Perhitungan Energi Pencahayaan Buatan Eksperimen dengan Simulasi DIALux 10.1

No.	Zona Pencahayaan	Zona Energy Evaluation (Kwh/a)	Luas Area (m ²)	Total Energi per m ² (kWh/(a · m ²))
1	Zona - 1	709,56	39,22	18,09
2	Zona - 2	1.085,64	46,06	23,56
3	Zona - 3	1.208,52	67,41	17,93
4	Zona - 4	2.216,16	100,13	22,13
5	Zona - 5	1.094,76	57,07	19,18
6	Zona - 6	3.949,56	164,91	23,95
	TOTAL	10.236,60	474,80	21,56



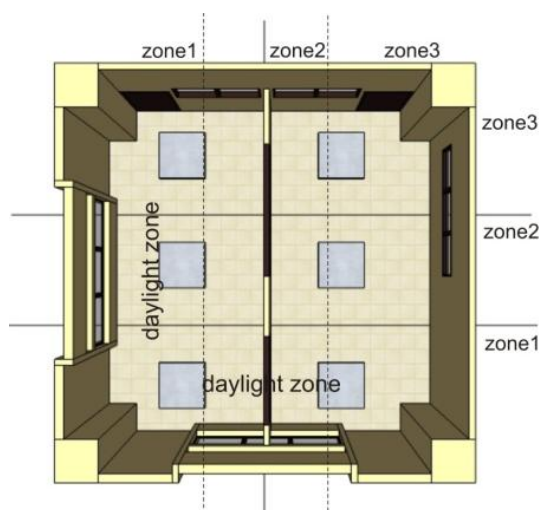
Gambar 165. Rendering Tingkat Iluminasi Pencahayaan Buatan Eksperimen Zona-1 sampai Zona-6 dengan program Simulasi DIALUX 10.1

i. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-1

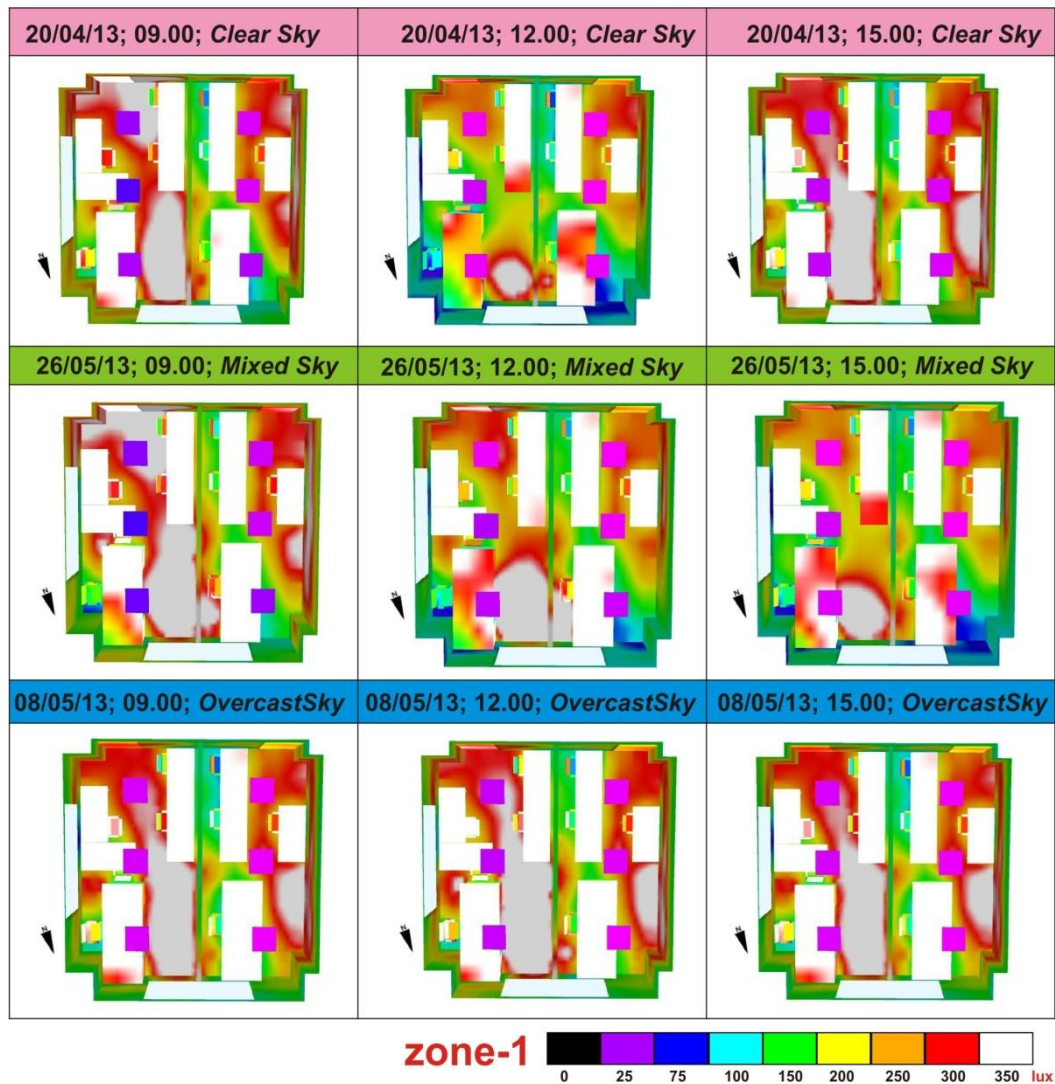
Tabel 96. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-1 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	4	2	3	3	6	0	6
2	12.00	3	3	3	3	6	0	6
3	15.00	6	0	6	0	6	0	6
Rata-Rata		4	2	4	2	6	0	

Pada Zona-1 kondisi langit **Cerah**, rata-rata dua titik lampu yang padam, dan empat titik lampu yang terus menyala, begitupula pada kondisi langit **Berawan**. Pada kondisi langit **Mendung**, keseluruhan lampu menyala karena sensor mendeteksi iluminasi dibawah 350 lux pada keseluruhan area pada ruang.



Gambar 166. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-1



Gambar 167. *False Colour Rendering* Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-1 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013.

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-1 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 709,56 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah**, rata-rata lampu menyala sebanyak 4 titik, yang berarti sekitar 67% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 67% dari 709,56 kWh/a yaitu **475,41 kWh/a**.

Untuk kondisi **Berawan**, rata-rata lampu menyala juga sebanyak 4 titik, yang berarti sekitar 67% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 67% dari 709,56 kWh/a yaitu **475,41 kWh/a**.

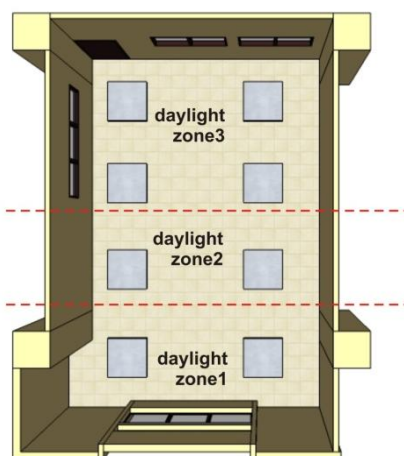
Untuk kondisi **Mendung**, keseluruhan lampu menyala, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 100% dari 709,56 kWh/a yaitu **709,56 kWh/a**.

ii. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-2

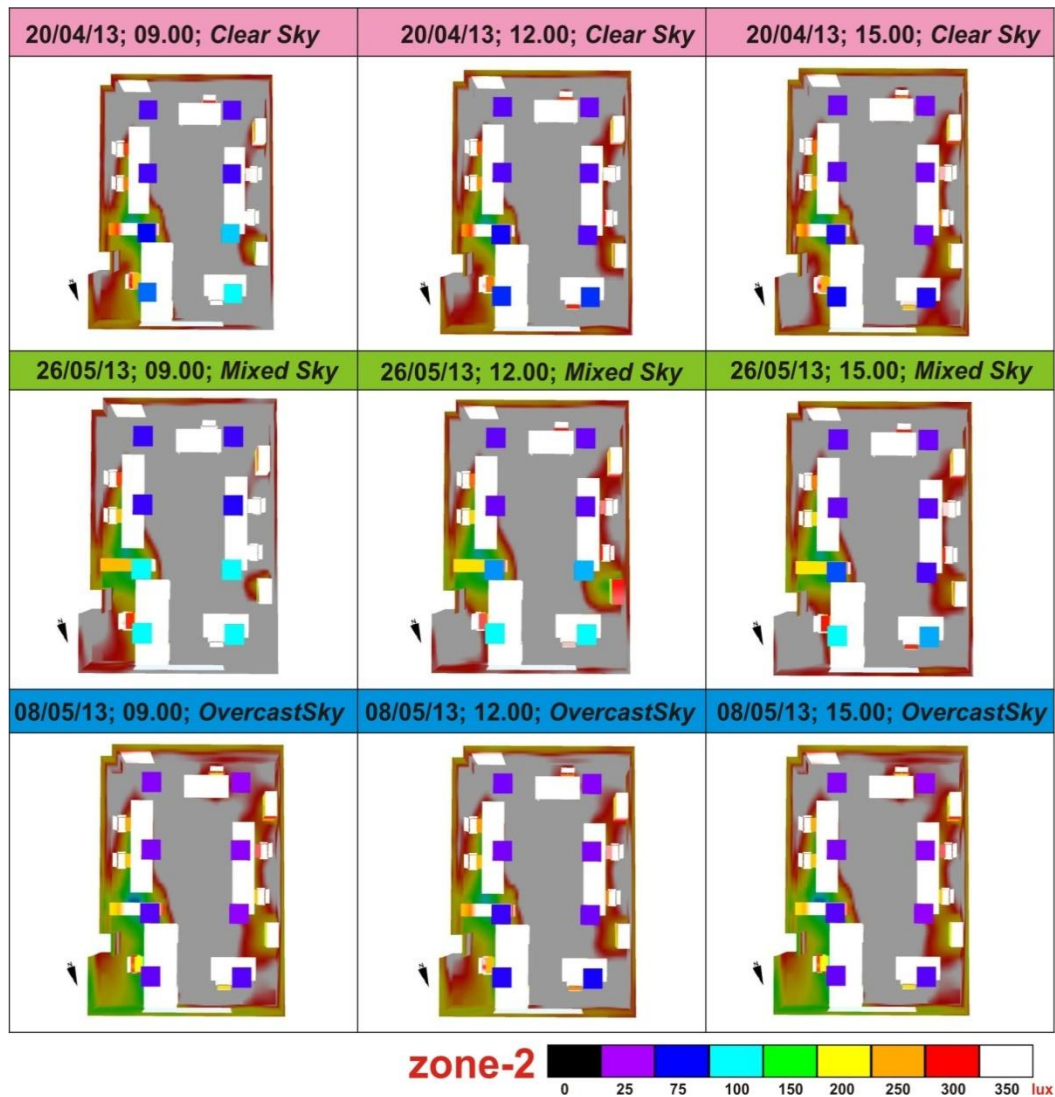
Tabel 97. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-2 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	4	4	5	3	6	2	8
2	12.00	4	4	6	2	6	2	8
3	15.00	5	3	6	2	7	1	8
Rata-Rata		4	4	6	2	6	2	

Pada Zona-2 kondisi langit **Cerah**, rata-rata empat titik lampu yang padam, dan empat titik lampu yang terus menyala. Pada kondisi langit **Berawan**, rata-rata enam titik lampu yang menyala dan dua titik lampu yang padam, begitupula pada kondisi langit **Mendung**.



Gambar 168. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-2



Gambar 169. *False Colour Rendering* Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-2 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013.

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari, baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-2 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 1.085,64 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah**, rata-rata lampu menyala sebanyak 4 titik, yang berarti sekitar 50% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 50% dari 1.085,64 kWh/a yaitu **542,82 kWh/a**.

Untuk kondisi **Berawan**, rata-rata lampu menyala sebanyak 6 titik, yang berarti sekitar 75% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 75% dari 1.085,64 kWh/a yaitu **814,23 kWh/a**.

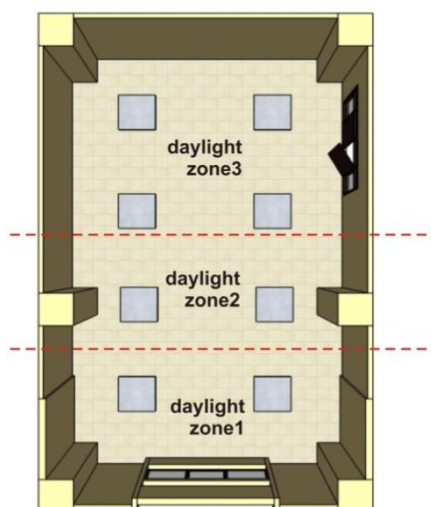
Untuk kondisi **Mendung**, rata-rata lampu menyala juga sebanyak 6 titik, yang berarti sekitar 75% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 75% dari 1.085,64 kWh/a yaitu **814,23 kWh/a**.

iii. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-3

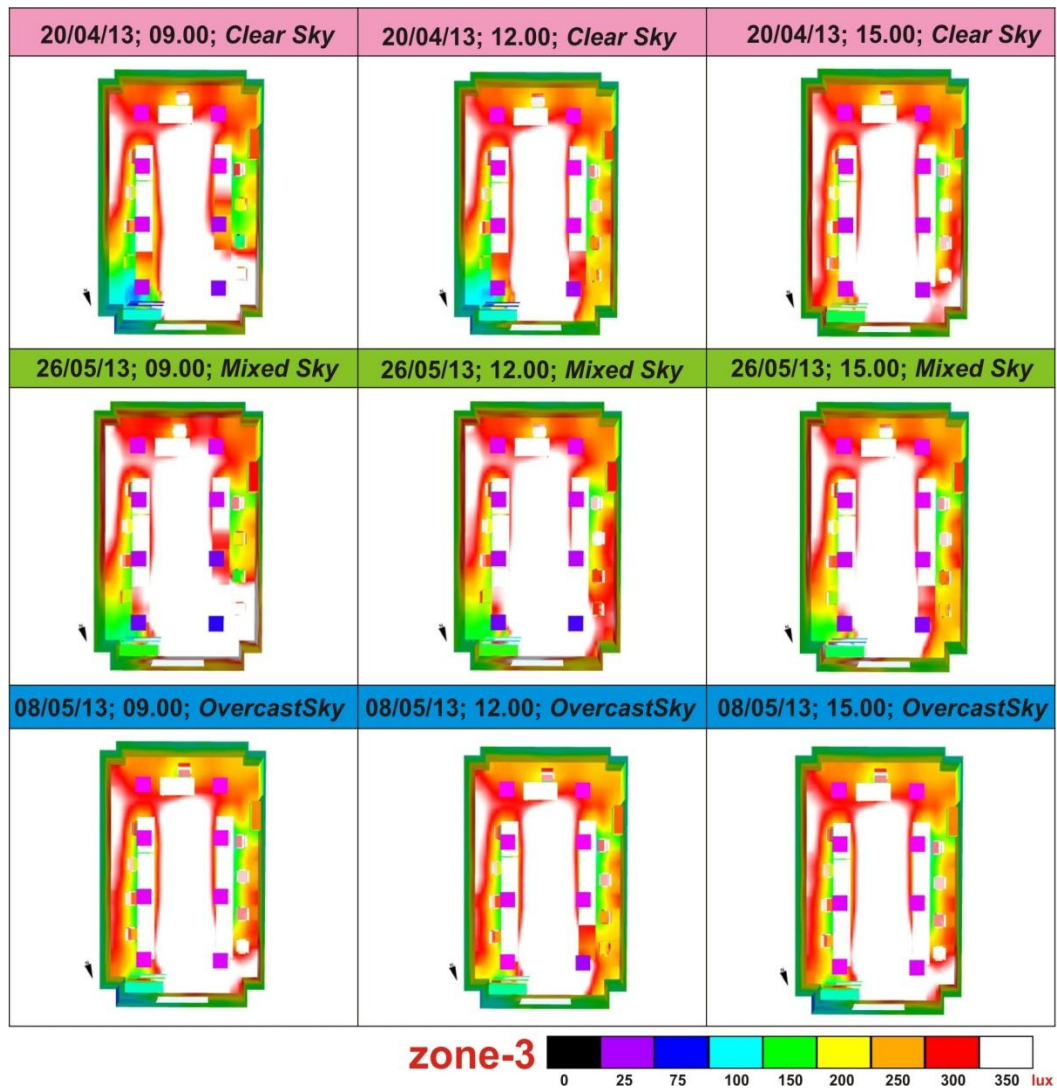
Tabel 98. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-3 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	5	3	5	3	8	0	8
2	12.00	5	3	6	2	7	1	8
3	15.00	6	2	8	0	8	0	8
Rata-Rata		5	3	6	2	8	0	

Pada Zona-3 kondisi langit **Cerah**, rata-rata tiga titik lampu yang padam, dan lima titik lampu yang terus menyala. Pada kondisi langit **Berawan**, rata-rata enam titik lampu yang menyala dan dua titik lampu yang padam, sedang pada kondisi **Mendung** rata-rata keseluruhan lampu menyala.



Gambar 170. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-3



Gambar 171. *False Colour Rendering* Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-3 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013.

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari, baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-3 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 1.208,52 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah**, rata-rata lampu menyala sebanyak 5 titik, yang berarti sekitar 62,50% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 62,50% dari 1.208,52 kWh/a yaitu **755,33 kWh/a**.

Untuk kondisi **Berawan**, rata-rata lampu menyala sebanyak 6 titik, yang berarti sekitar 75% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 75% dari 1.208,52 kWh/a yaitu **906,39 kWh/a**.

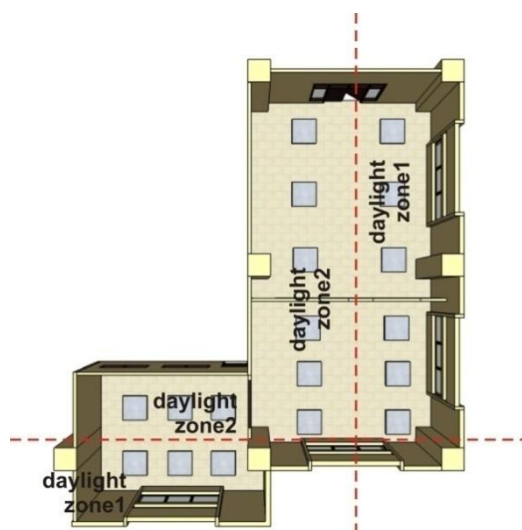
Untuk kondisi **Mendung**, rata-rata lampu menyala keseluruhan, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 100% dari 1.208,52 kWh/a yaitu **1.208,52 kWh/a**.

iv. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-4

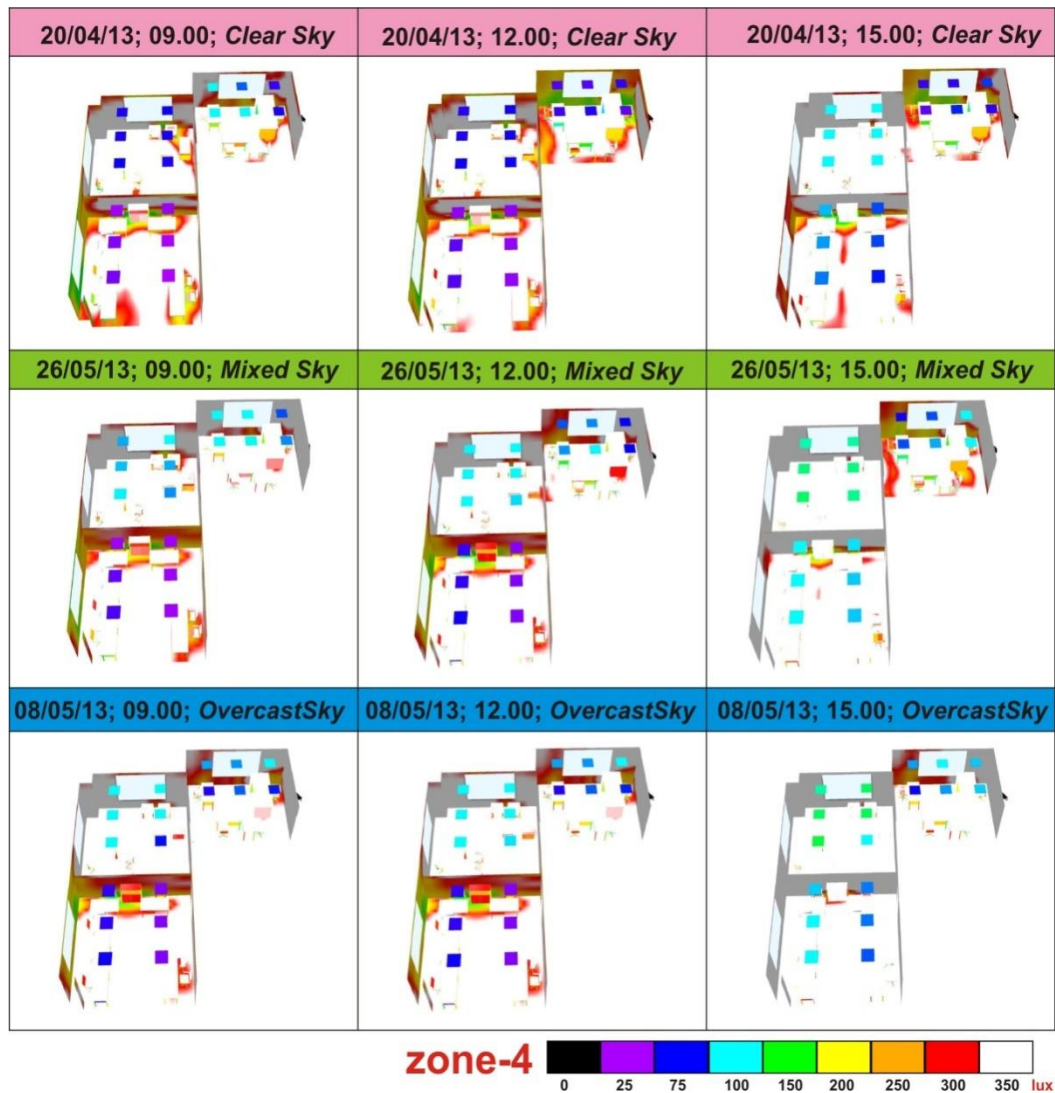
Tabel 99. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-4 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	6	12	6	12	7	11	18
2	12.00	5	13	5	13	6	12	18
3	15.00	0	18	2	16	9	9	18
Rata-Rata		4	14	4	14	7	11	

Pada Zona-4 kondisi langit **Cerah**, rata-rata empat belas titik lampu yang padam, dan empat titik lampu yang menyala. Begitu pula pada kondisi langit **Berawan**. Pada kondisi **Mendung** rata-rata tujuh lampu yang menyala dan sebelas lampu yang padam.



Gambar 172. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-4



Gambar 173. False Colour Rendering Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-Daylight Sensor Zona-4 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013.

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari, baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-4 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 2.216,16 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah**, rata-rata lampu menyala sebanyak 4 titik, yang berarti sekitar 22,22% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 22,22% dari 2.216,16 kWh/a yaitu **492,43 kWh/a**.

Untuk kondisi **Berawan**, rata-rata lampu menyala juga sebanyak 4 titik, yang berarti sekitar 22,22% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 22,22% dari 2.216,16 kWh/a yaitu **492,43 kWh/a**.

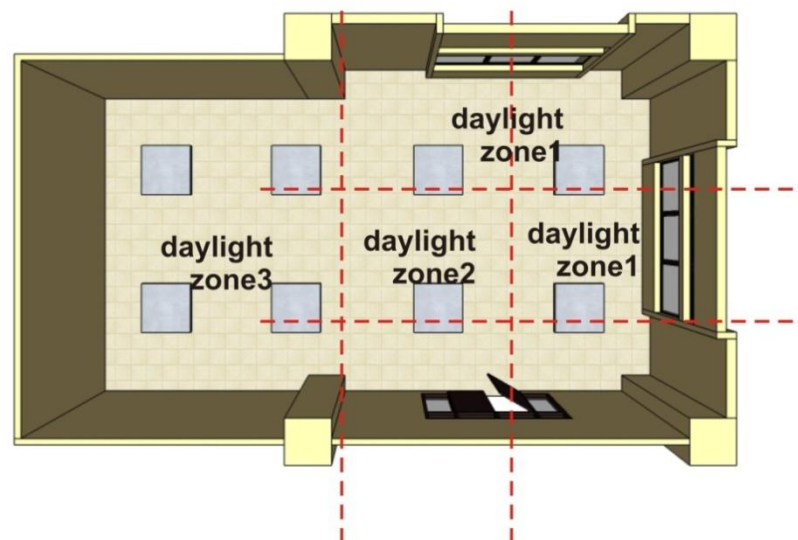
Untuk kondisi **Mendung**, rata-rata lampu menyala sebanyak 7 titik, yang berarti sekitar 38,89% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 38,89% dari 2.216,16 kWh/a yaitu **861,86 kWh/a**.

v. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-5

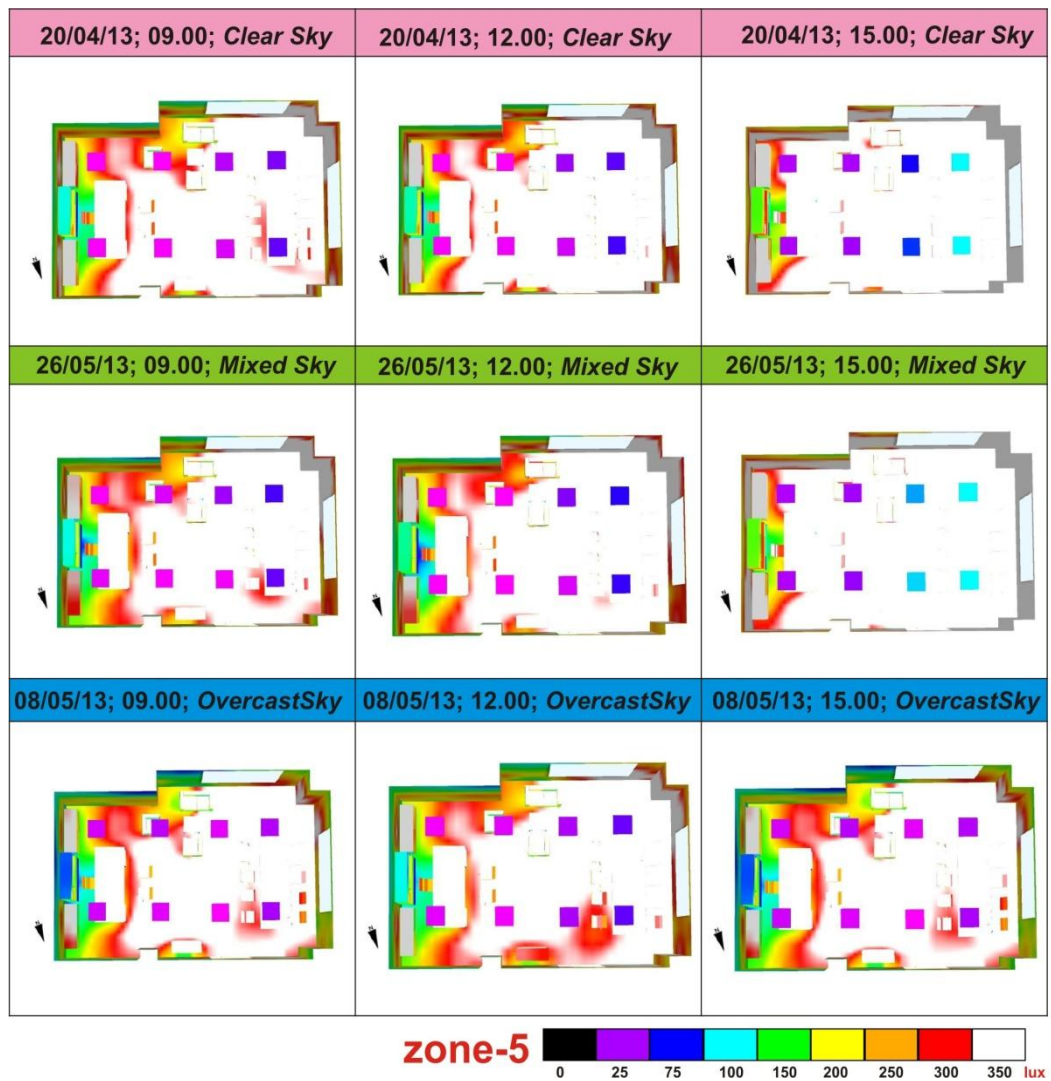
Tabel 100. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-5 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	5	3	5	3	5	3	8
2	12.00	5	3	5	3	4	4	8
3	15.00	4	4	5	3	5	3	8
Rata-Rata		5	3	5	3	5	3	

Pada Zona-5 kondisi langit **Cerah, Berawan dan Mendung**, rata-rata tiga titik lampu yang padam, dan lima titik lampu yang menyala.



Gambar174. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-5



Gambar 175. False Colour Rendering Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-Daylight Sensor Zona-5 Kondisi langit Cerah (Clearsky) Tanggal 20 April 2013, Berawan (Mixed Sky) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (Overcast Sky) Tanggal 08 Mei 2013.

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari, baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-5 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 1.094,76 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah, Berawan dan Mendung**, rata-rata lampu menyala sebanyak 5 titik, yang berarti sekitar 62,50% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 62,50% dari 1.094,76 kWh/a yaitu **684,23 kWh/a**.

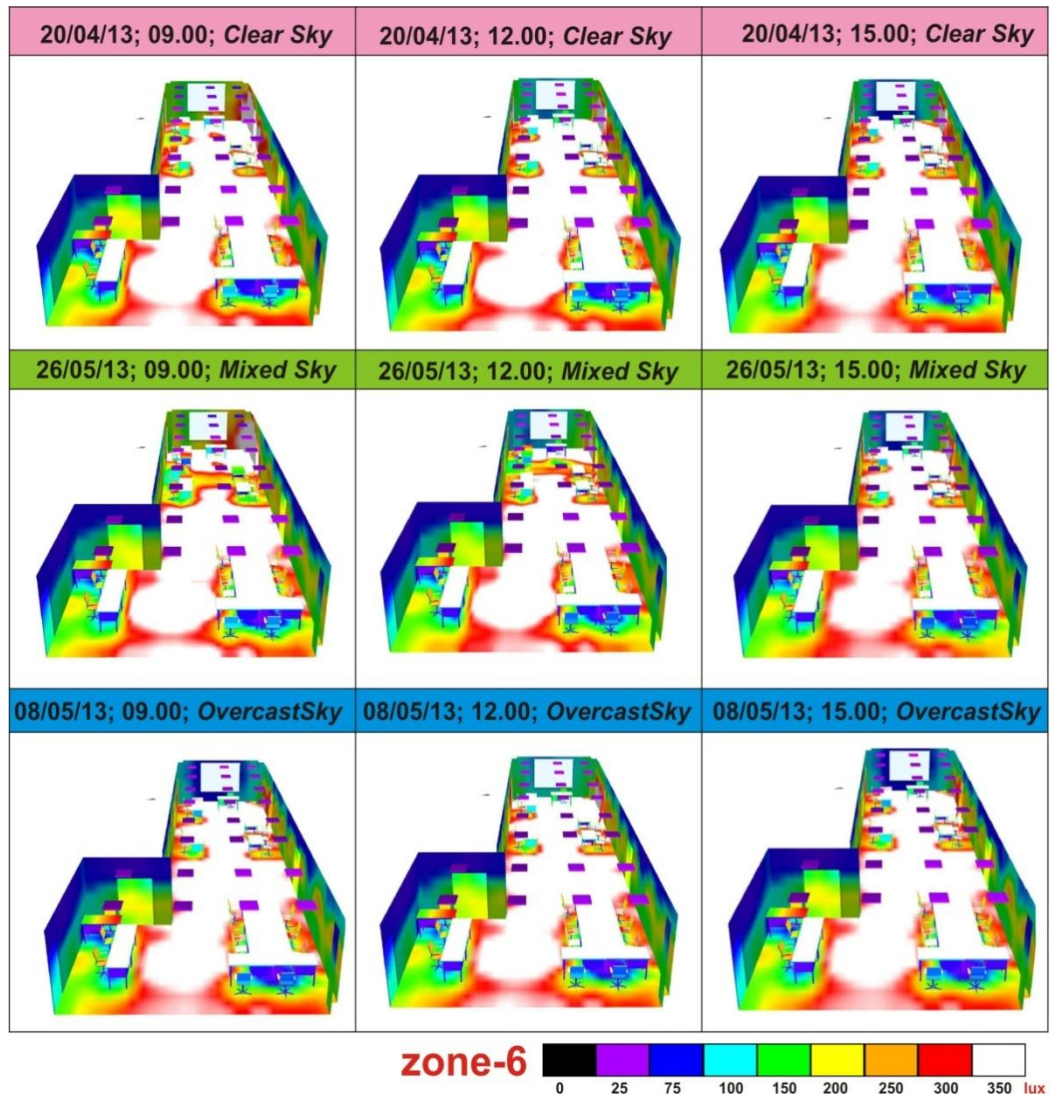
vi. Kualitas Pencahayaan Eksperimen & Audit Energi Zona-6

Tabel 101. Jumlah Lampu yang Menyala (ON) dan Padam (OFF) pada Eksperimen Zona-6 Kondisi Langit Cerah, Berawan dan Mendung

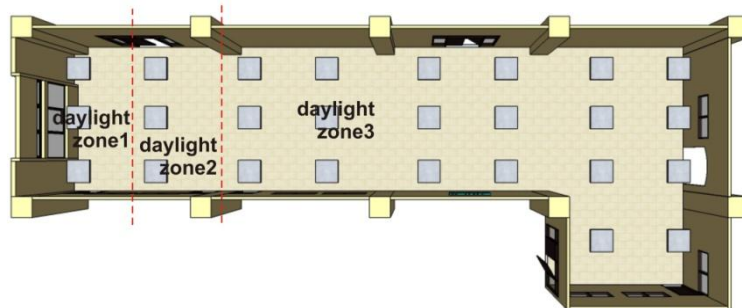
No.	Waktu Pengukuran	CERAH		BERAWAN		MENDUNG		Jumlah Lampu Terpasang
		ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	
1	09.00	17	9	20	6	23	3	26
2	12.00	20	6	23	3	23	3	26
3	15.00	23	3	23	3	23	3	26
Rata-Rata		20	6	22	4	23	3	

Pada Zona-6 kondisi langit **Cerah**, rata-rata dua puluh titik lampu yang menyala, dan enam titik lampu yang padam. Pada kondisi langit **Berawan**,

rata-rata dua puluh dua titik lampu yang menyala, dan tiga titik lampu yang padam. Pada kondisi **Mendung** rata-rata tujuh lampu yang menyala dan sebelas lampu yang padam.



Gambar 176. *False Colour Rendering* Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-6 Kondisi langit Cerah (*Clearsky*) Tanggal 20 April 2013, Berawan (*Mixed Sky*) Tanggal 26 Mei 2013, dan Mendung (*Overcast Sky*) Tanggal 08 Mei 2013.



Gambar 177. Pembagian *daylight area* pada Eksperimen Zona-6

Dari gambar di atas, dapat dilihat penyebaran cahaya yang merata pada keseluruhan ruang, dan pencahayaan yang cenderung konstan dari pagi hingga sore hari, baik pada kondisi langit Cerah maupun pada kondisi langit Berawan dan Mendung. *Total energy lighting*, pencahayaan buatan pada zona-6 yang dihitung dengan menggunakan simulasi DIALux adalah 3.949,56 kWh/a.

Untuk kondisi **Cerah**, rata-rata lampu menyala sebanyak 20 titik, yang berarti sekitar 76,92 % dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 76,92% dari 3.949,56 kWh/a yaitu **3.038,12 kWh/a**. Untuk kondisi **Berawan**, rata-rata lampu menyala juga sebanyak 22 titik, yang berarti sekitar 84,62% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 84,62% dari 3.949,56 kWh/a yaitu **3.342,12 kWh/a**. Untuk kondisi **Mendung**, rata-rata lampu menyala sebanyak 23 titik, yang berarti sekitar 88,46% dari keseluruhan lampu, maka *total energy lighting* pencahayaannya adalah sebesar 88,46% dari 3.949,56 kWh/a yaitu **3.493,84 kWh/a**.

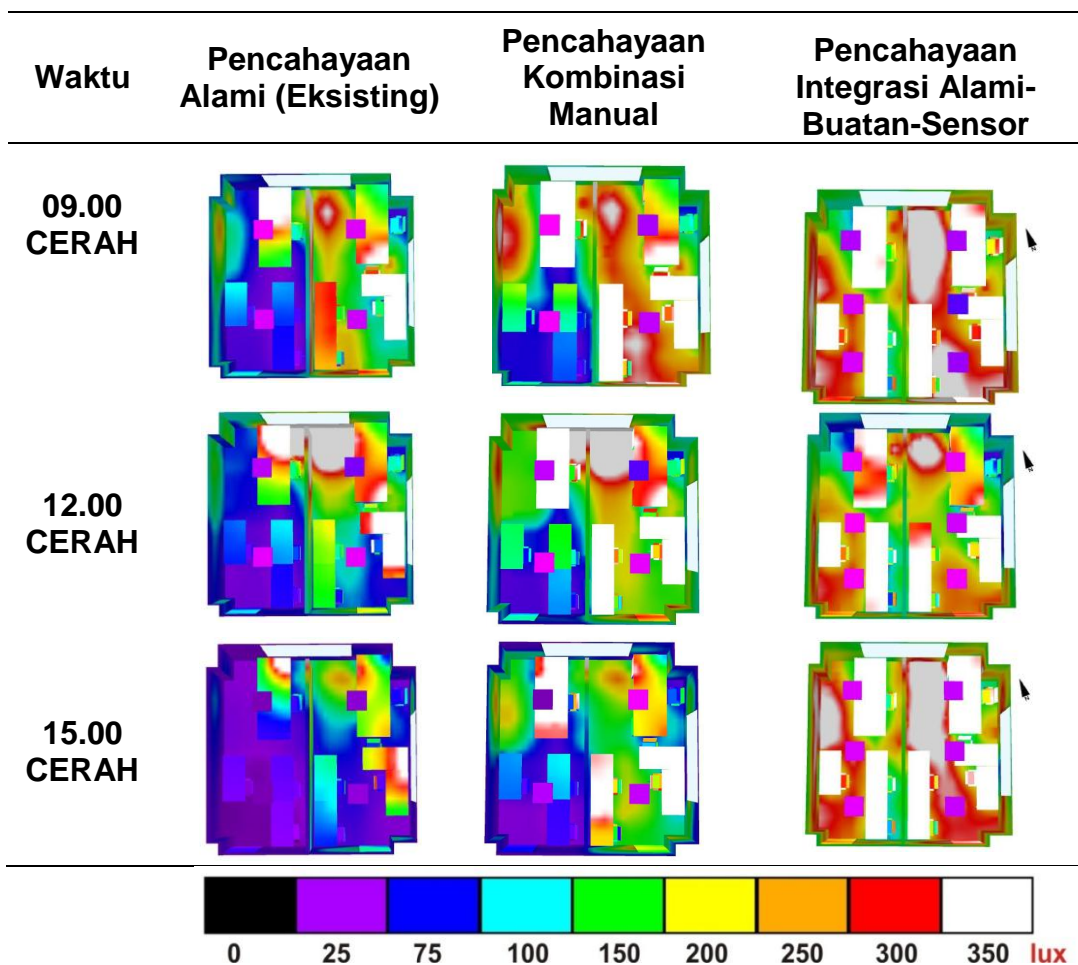
C. Rangkuman Analisis Hasil Penelitian

1. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Eksisting dan Eksperimen

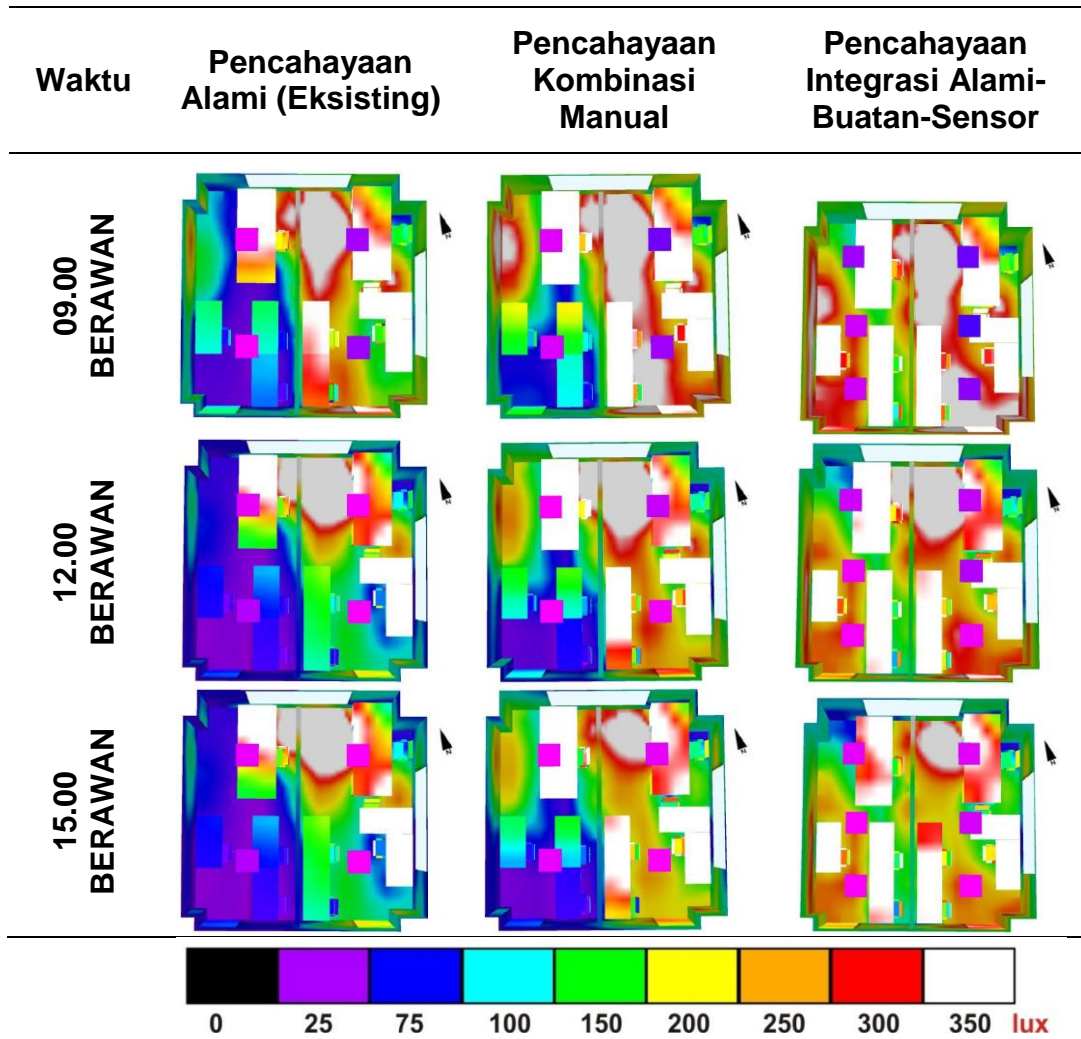
Berdasarkan hasil penelitian yang telah diurai sebelumnya, maka dapat dilakukan perbandingan mengenai kualitas Sistem Pencahayaan pada obyek penelitian.

a. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-1

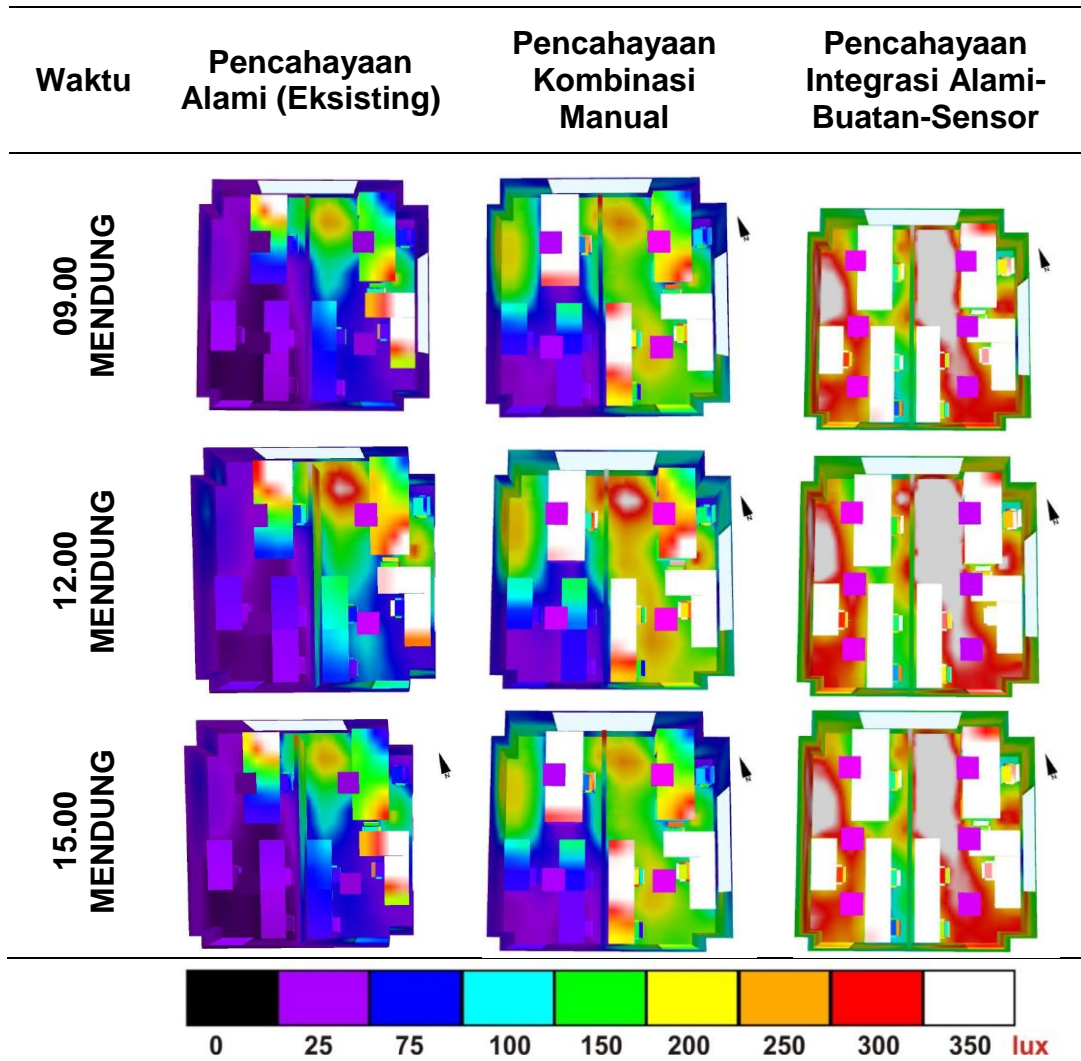
Tabel 102. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-1, Kondisi Langit Cerah (20 April 2013)



Tabel 103. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-1 pada Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)



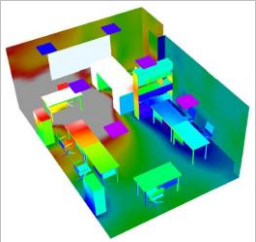
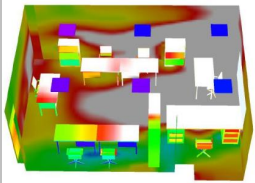
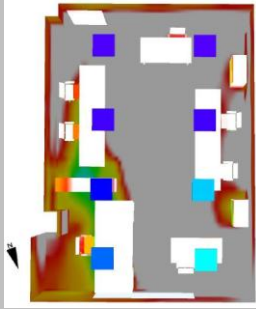
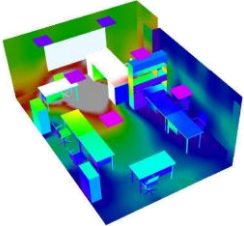
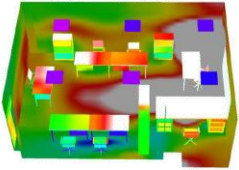
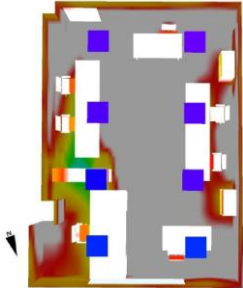
Tabel 104. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-1 pada Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)

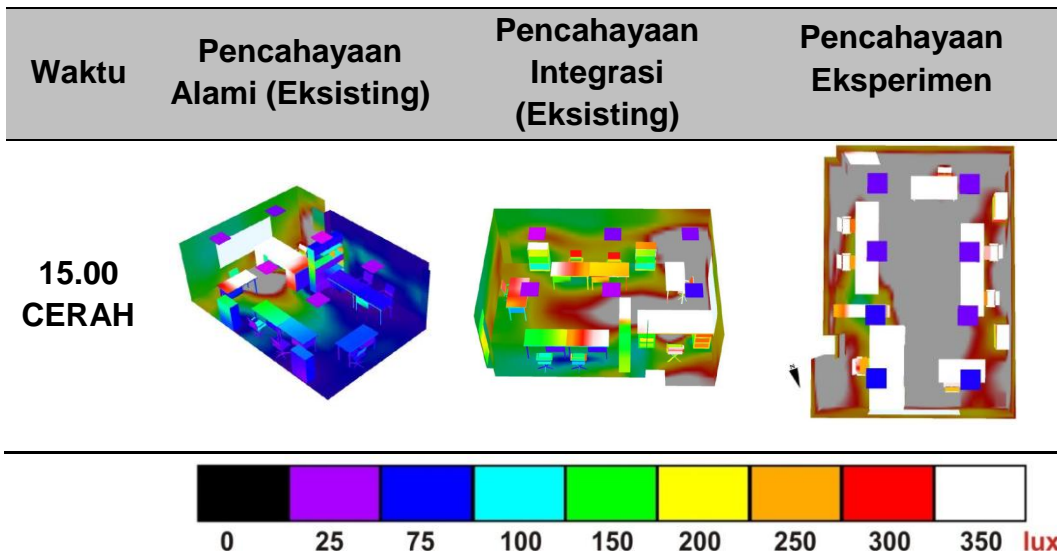


Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-1 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul 09.00 pagi hingga 16.00 petang. Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

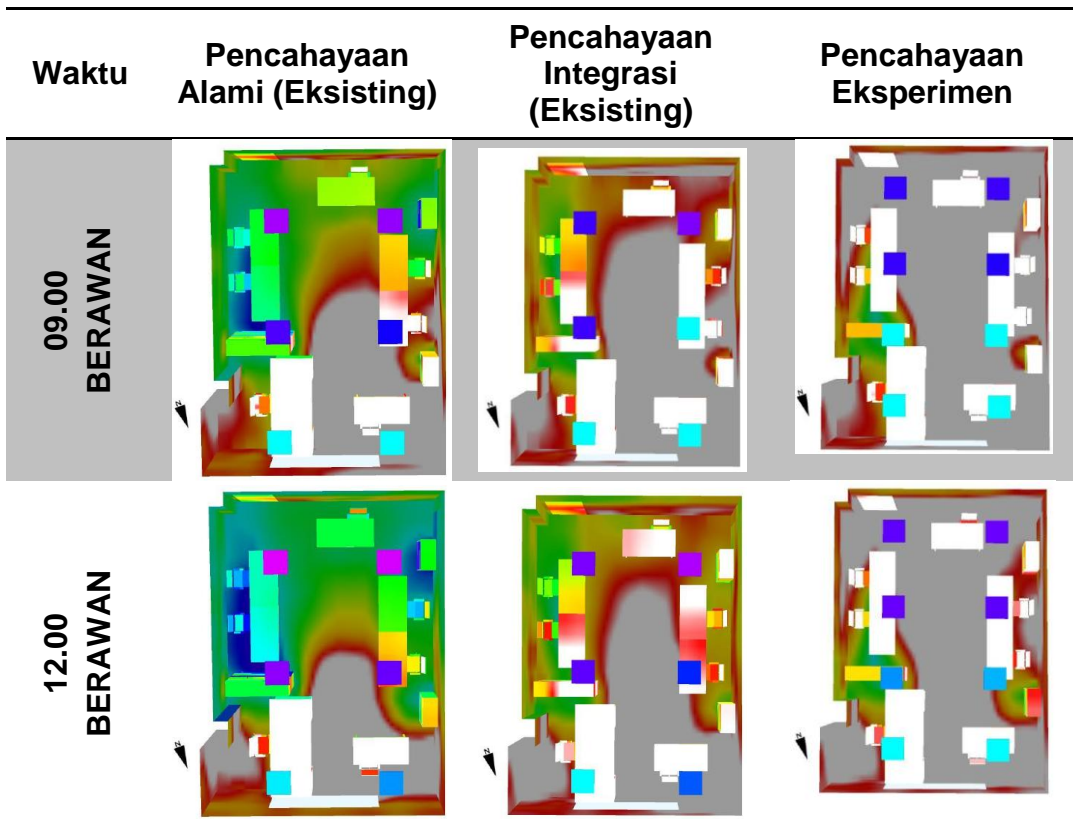
b. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-2

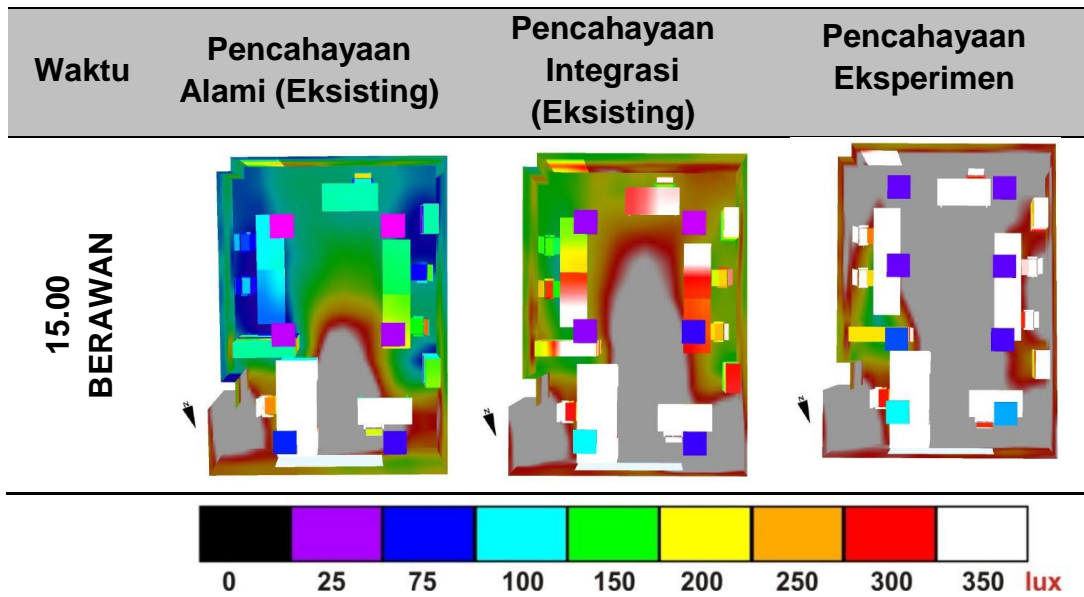
Tabel 105. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-2 pada Kondisi Langit Cerah (*Clear Sky*)

Waktu	Pencahayaan Alami (Eksisting)	Pencahayaan Integrasi (Eksisting)	Pencahayaan Eksperimen
09.00 CERAH			
12.00 CERAH			

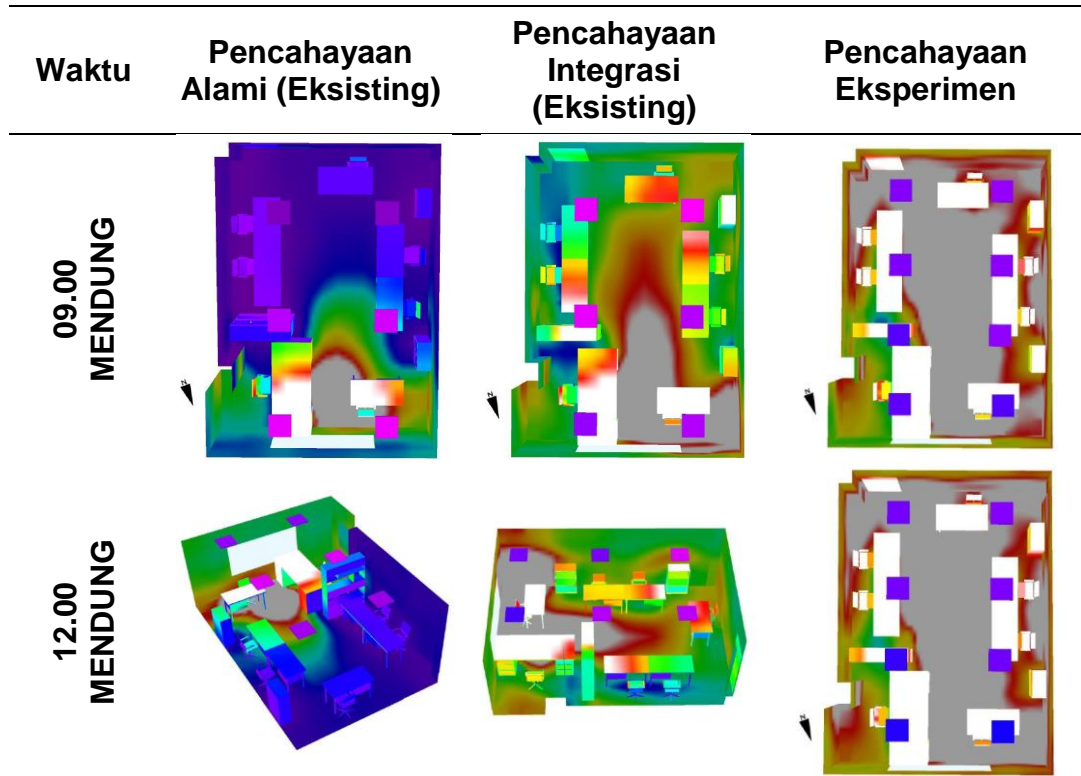


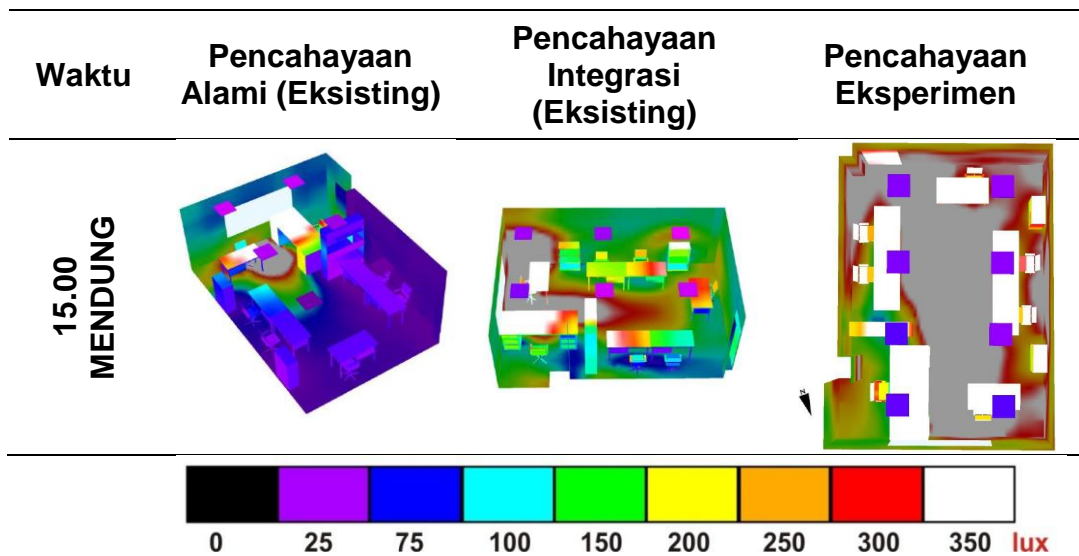
Tabel 106. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-2 pada Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)





Tabel 107. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-2 pada Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)

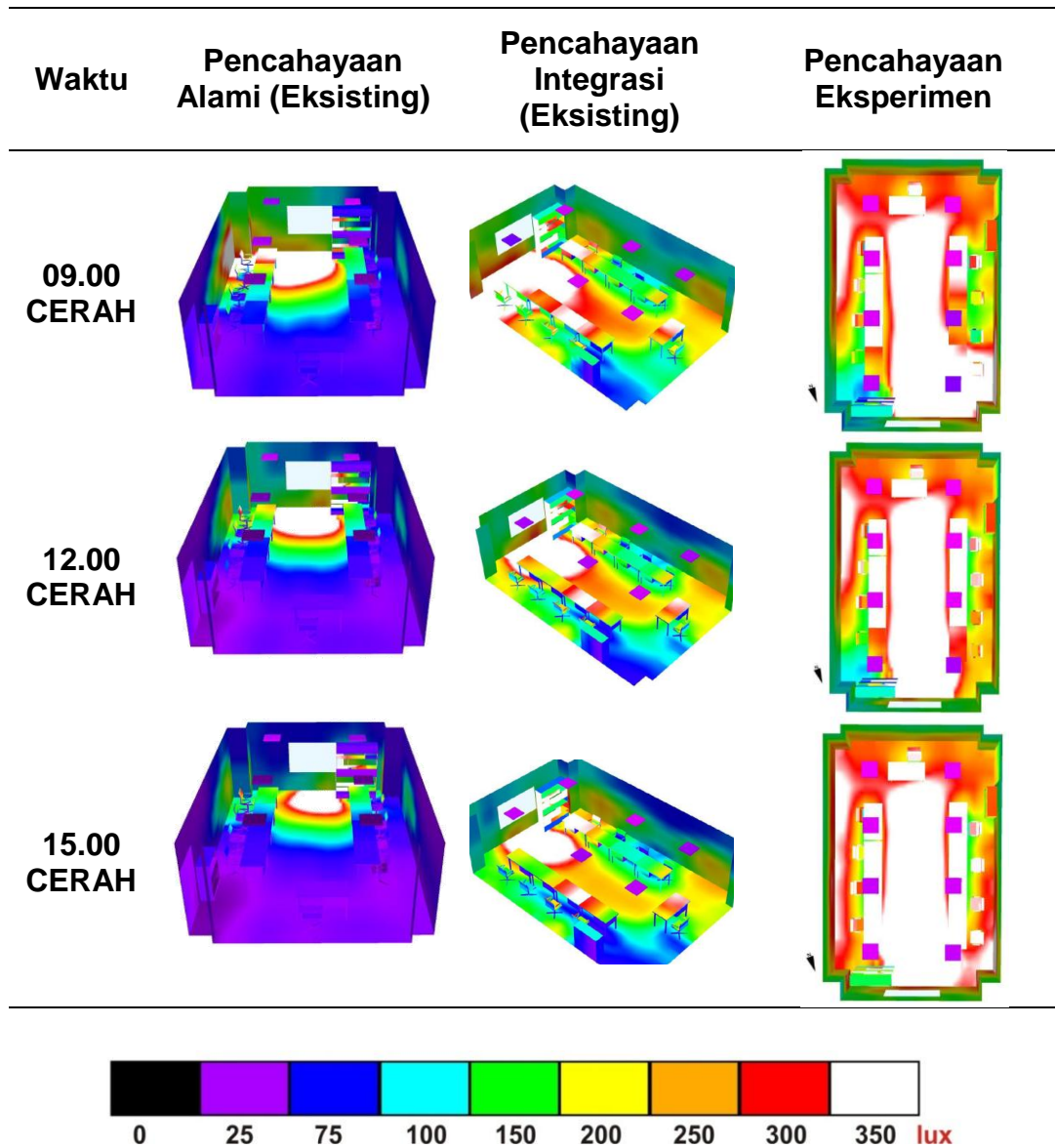




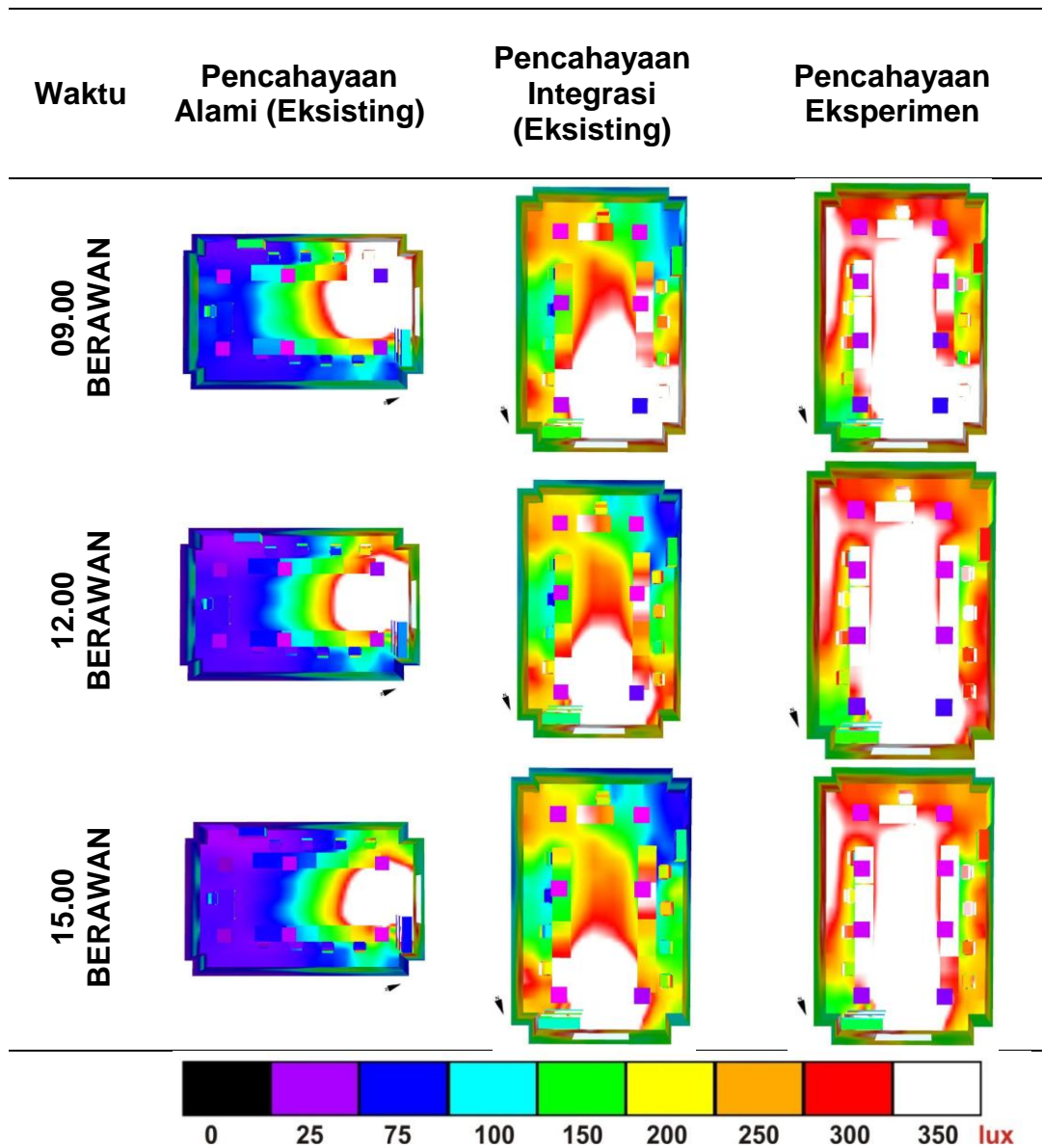
Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-2 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul 09.00 pagi hingga 16.00 petang. Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

c. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-3

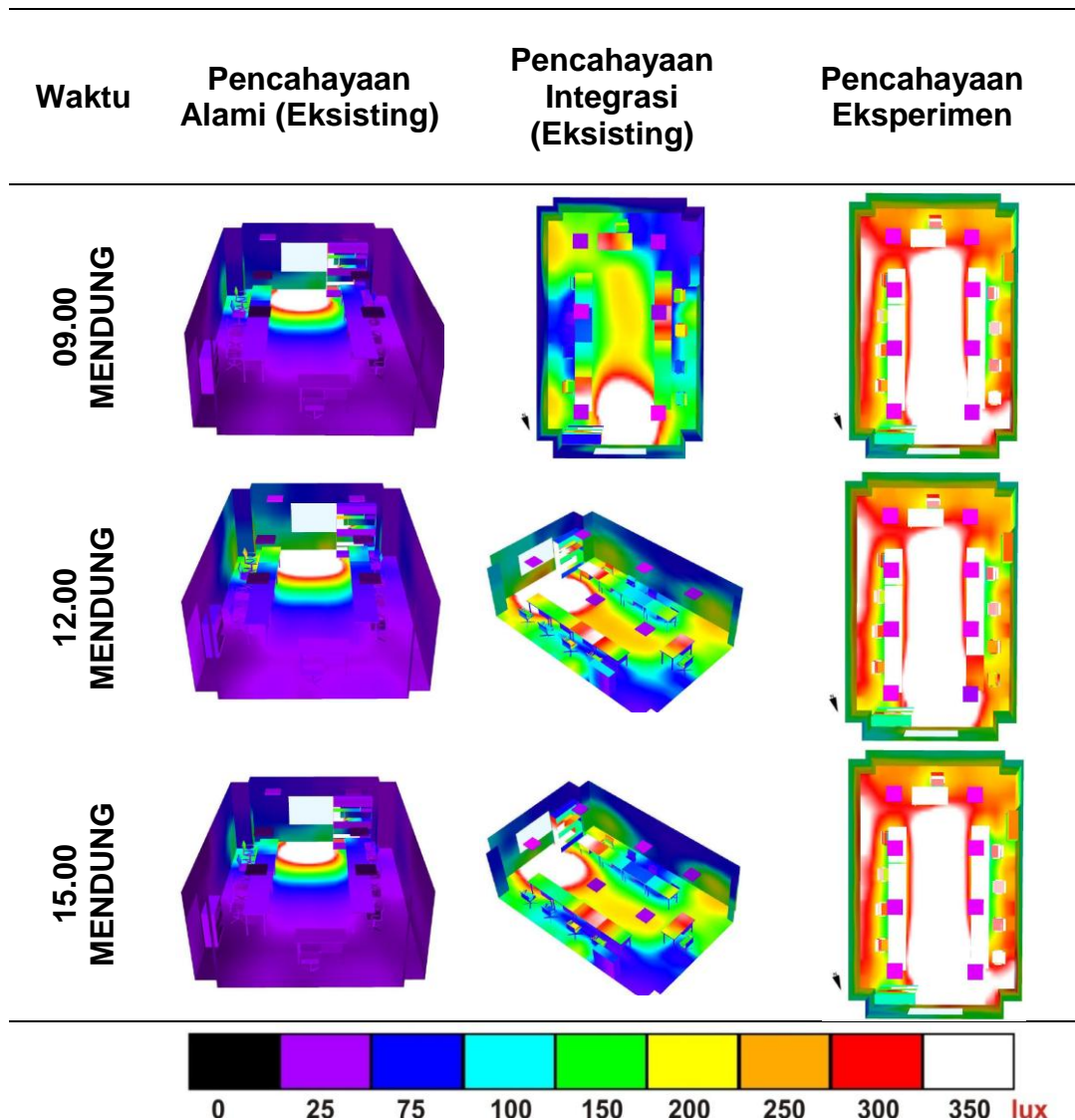
Tabel 108. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-3 pada Kondisi Langit Cerah (20 April 2013)



Tabel 109. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-3 Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)



Tabel 110. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-3 Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)



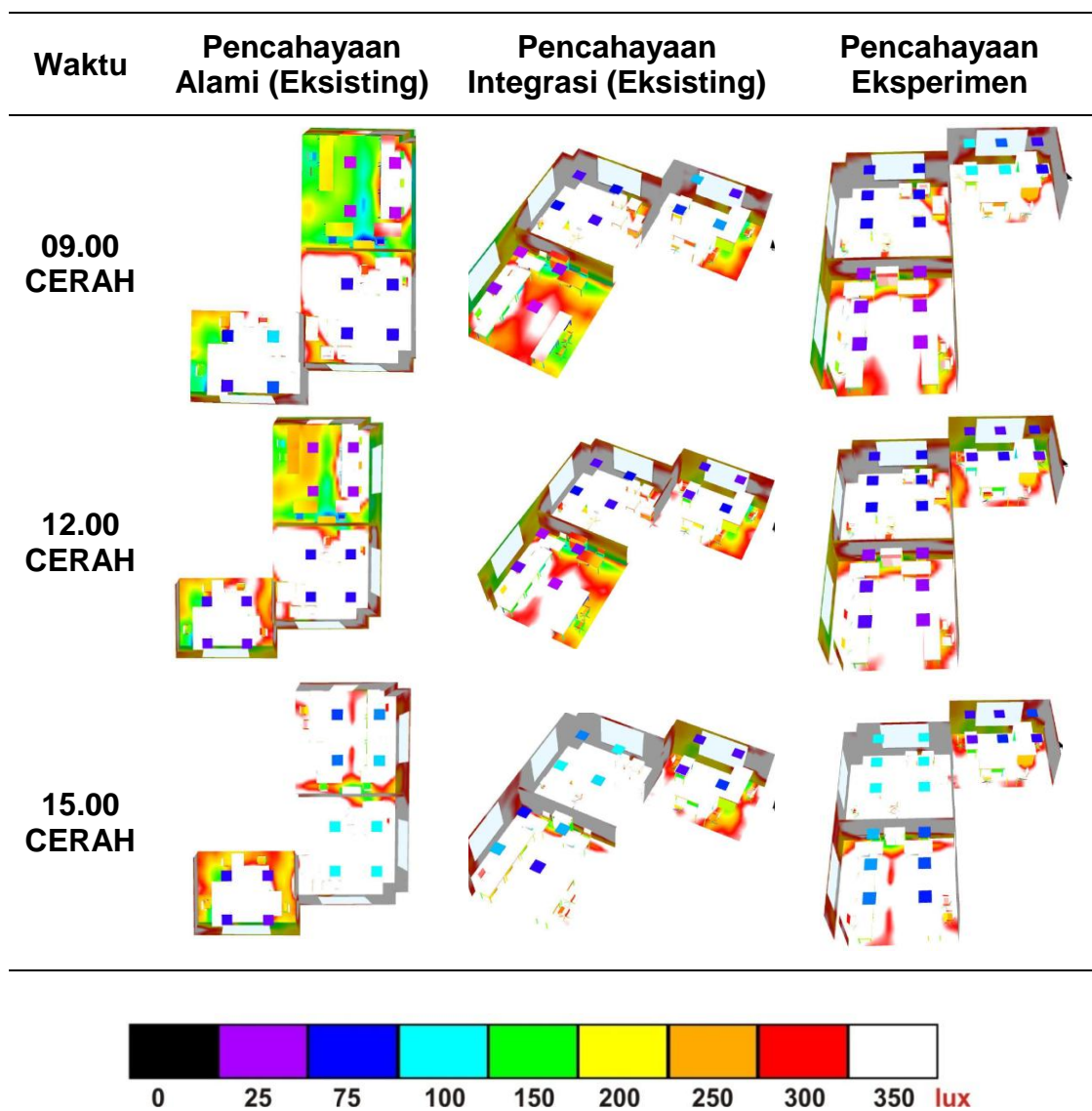
Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-3 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul pagi hingga petang.

Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran

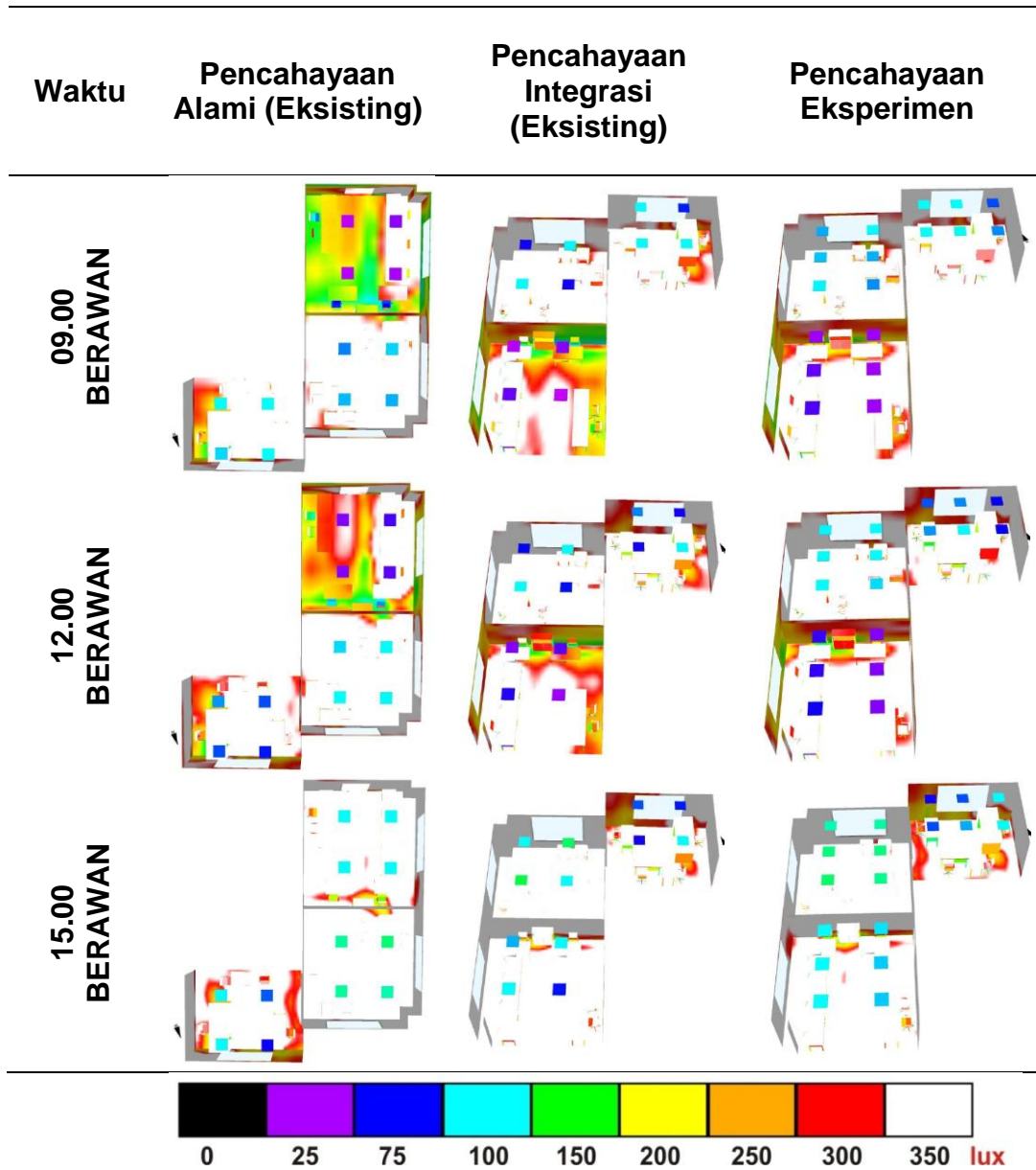
cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

d. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-4

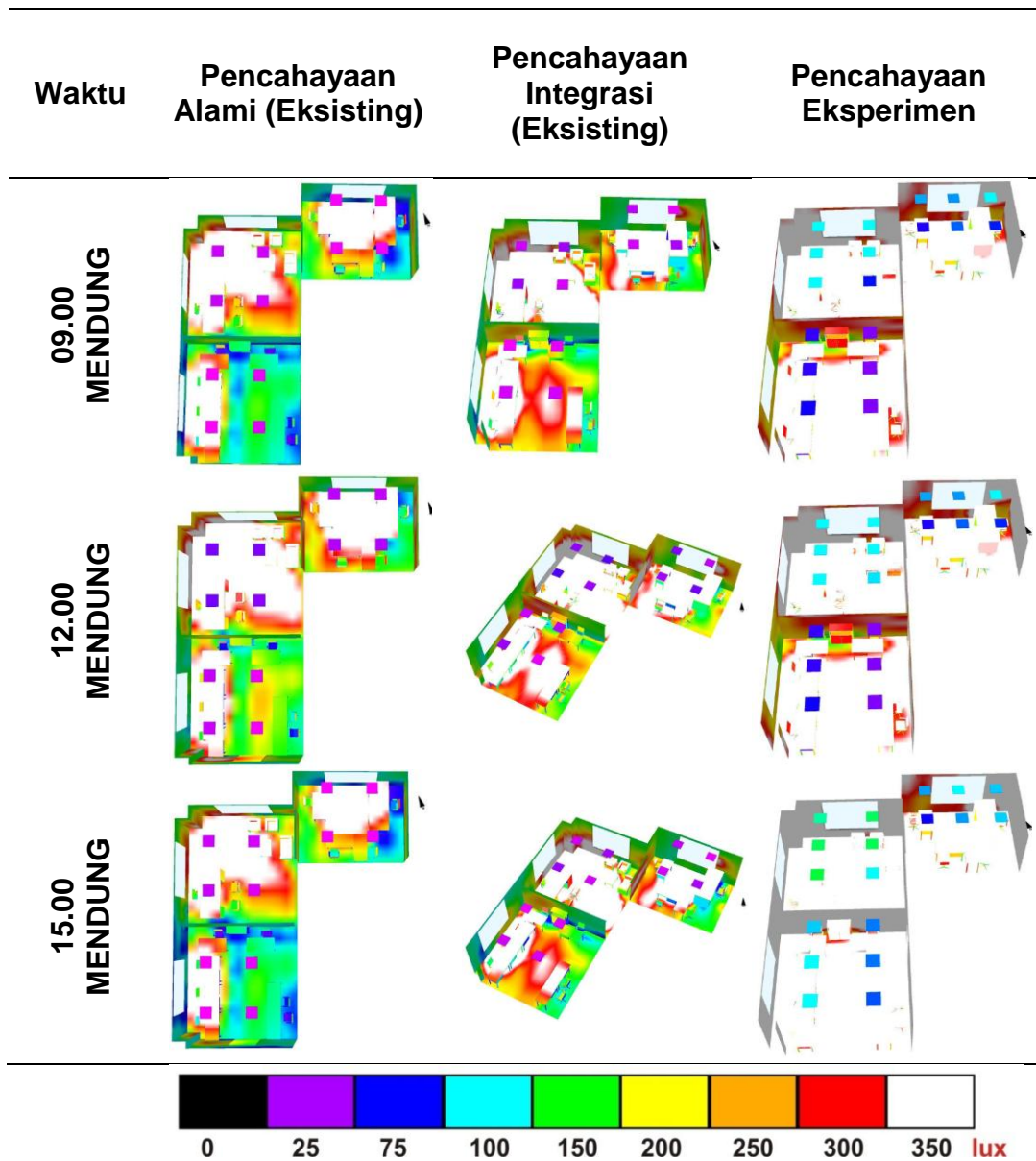
Tabel 111. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-4 Kondisi Langit Cerah (20 April 2013)



Tabel 112. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-4 Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)



Tabel 113. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-4 Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)

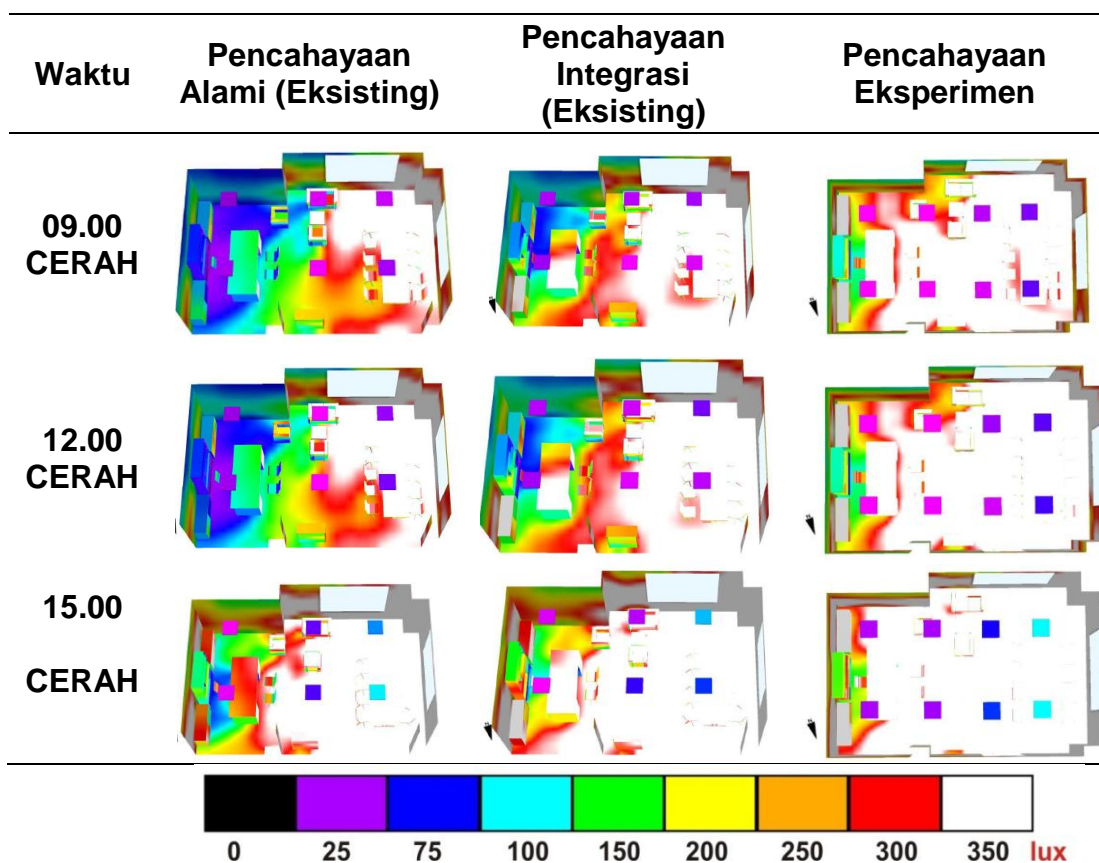


Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-4 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul pagi hingga petang.

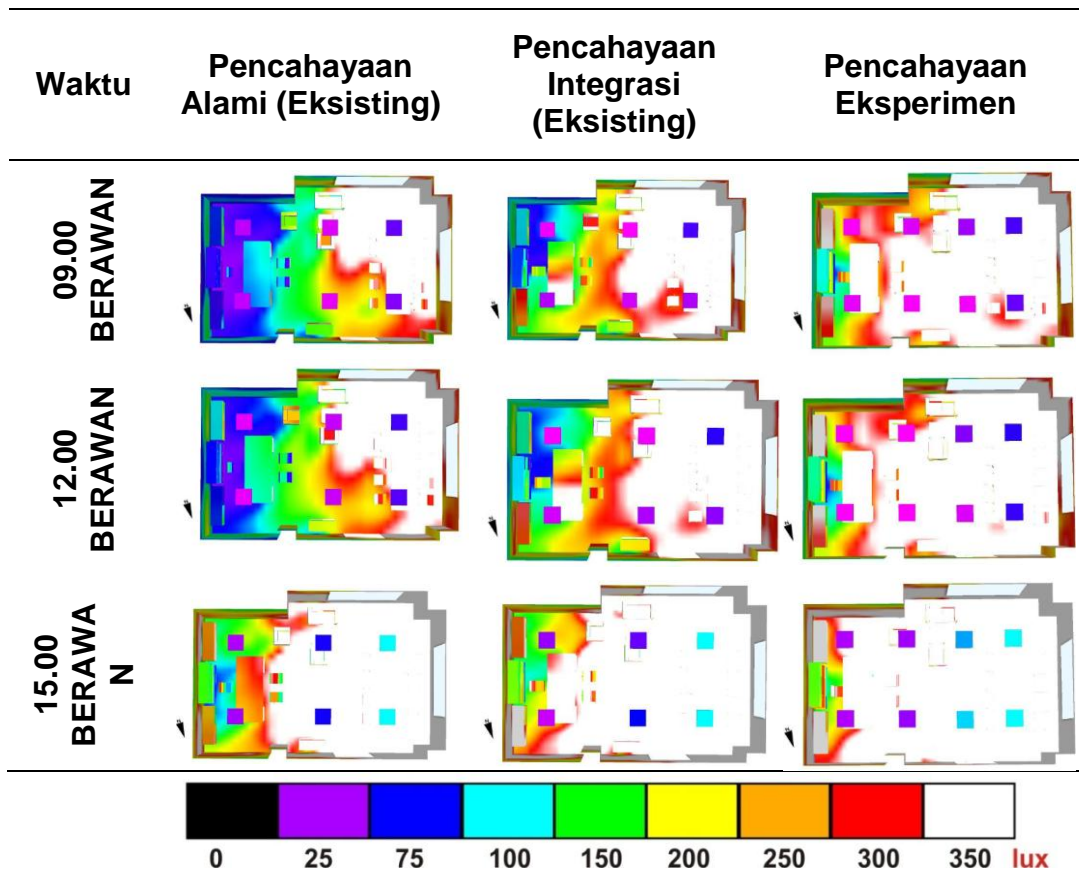
Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

e. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-5

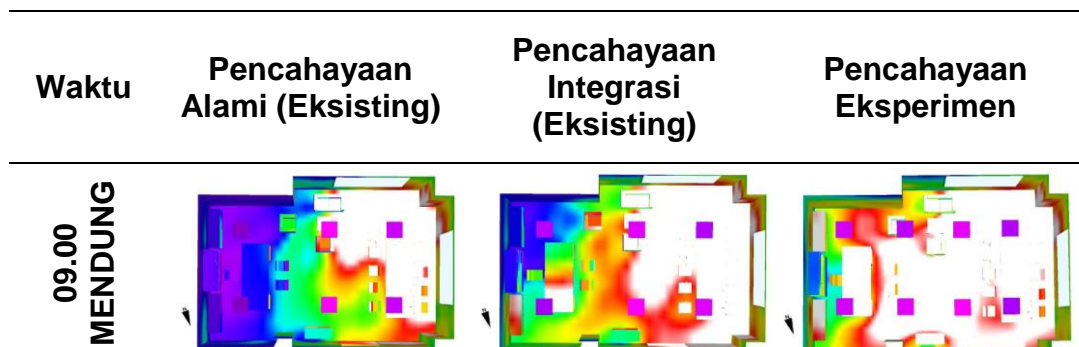
Tabel 114. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-5 Kondisi Langit Cerah (20 April 2013)

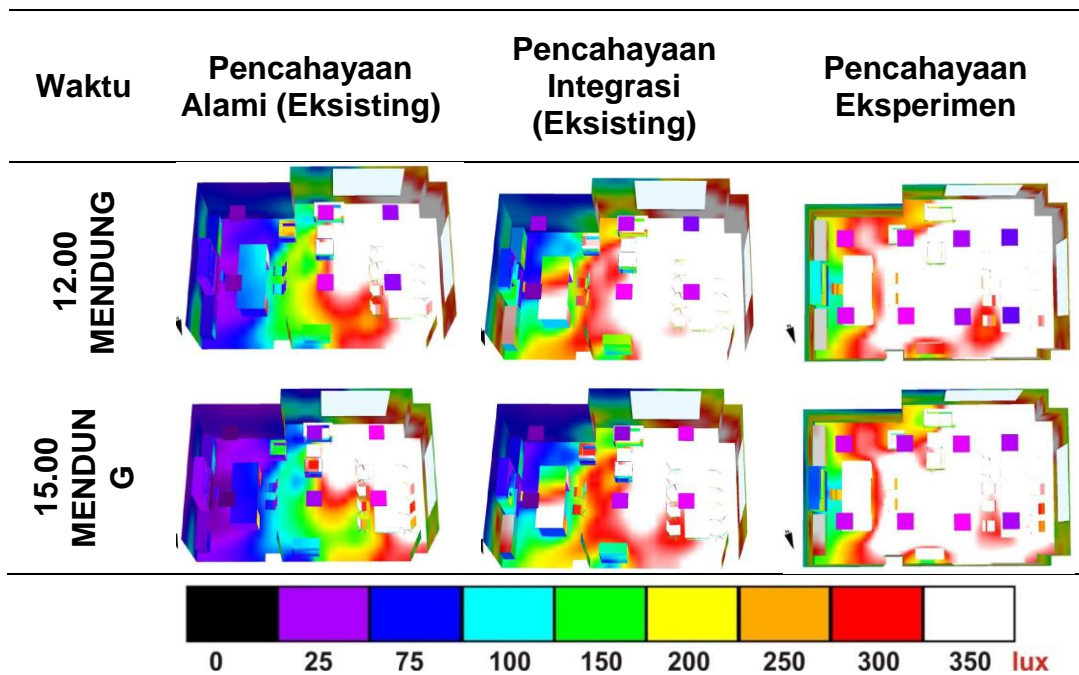


Tabel 115. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-5 Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)



Tabel 116. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-5 Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)

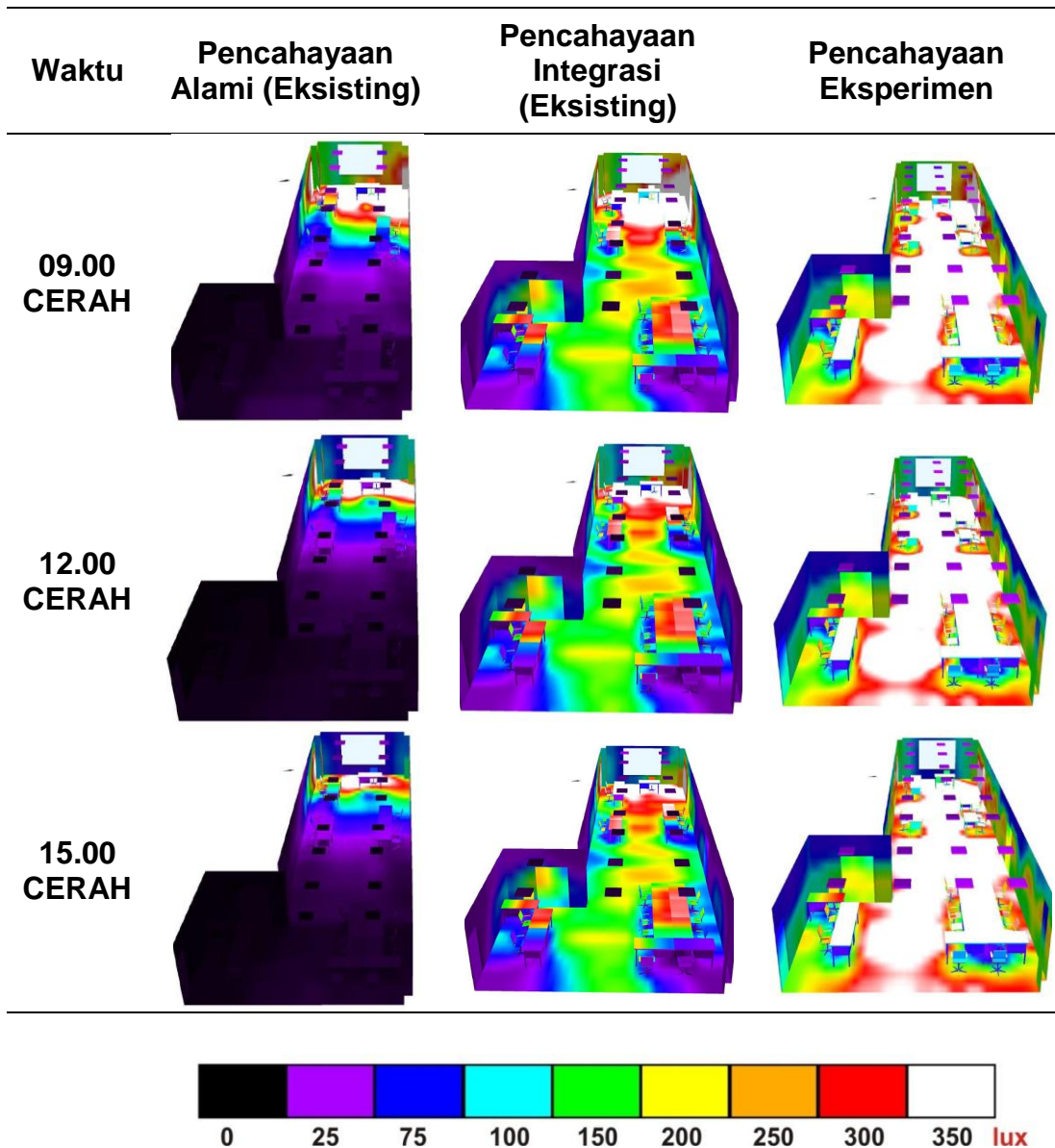




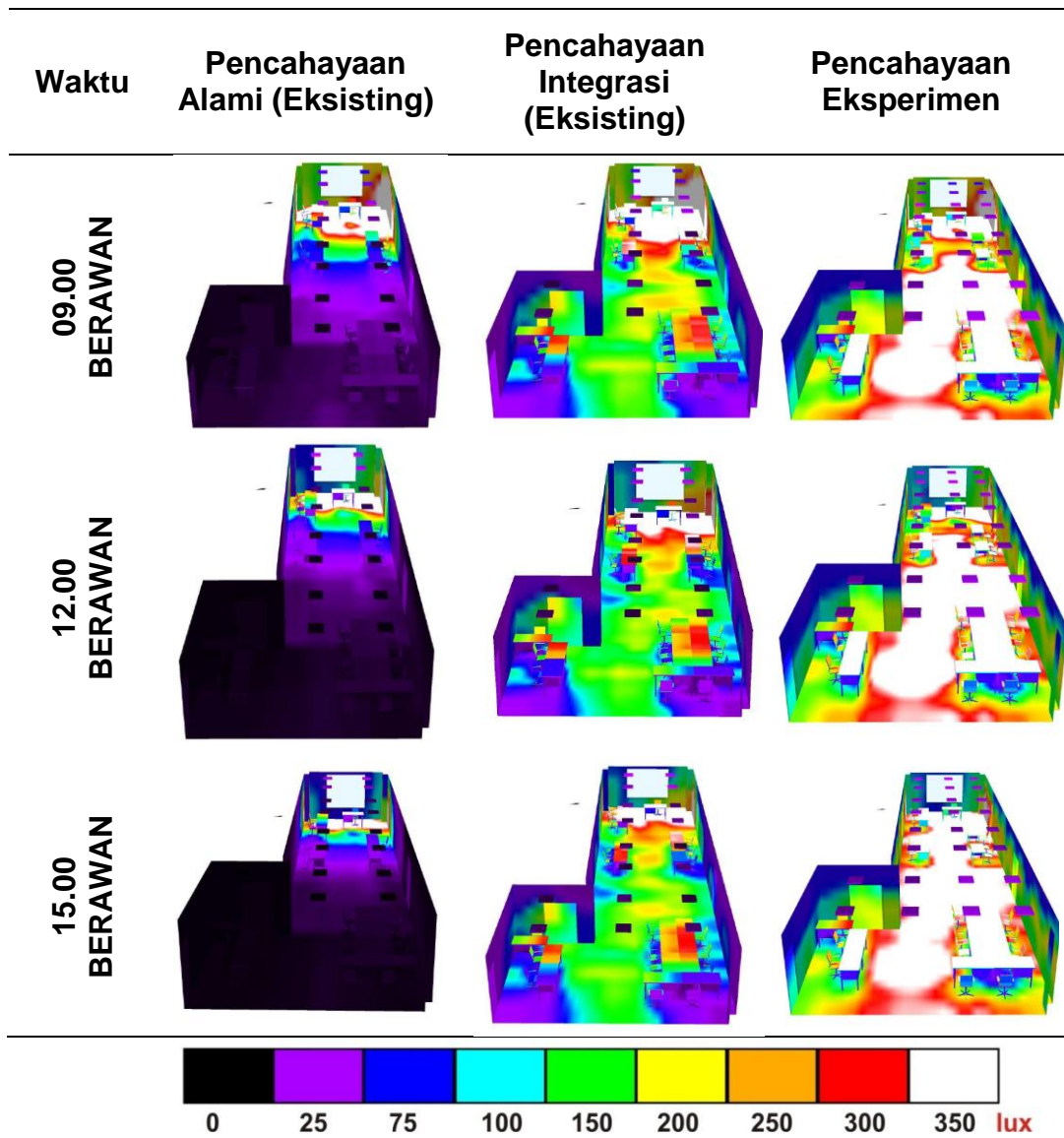
Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-5 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul pagi hingga petang. Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

f. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Zona-6

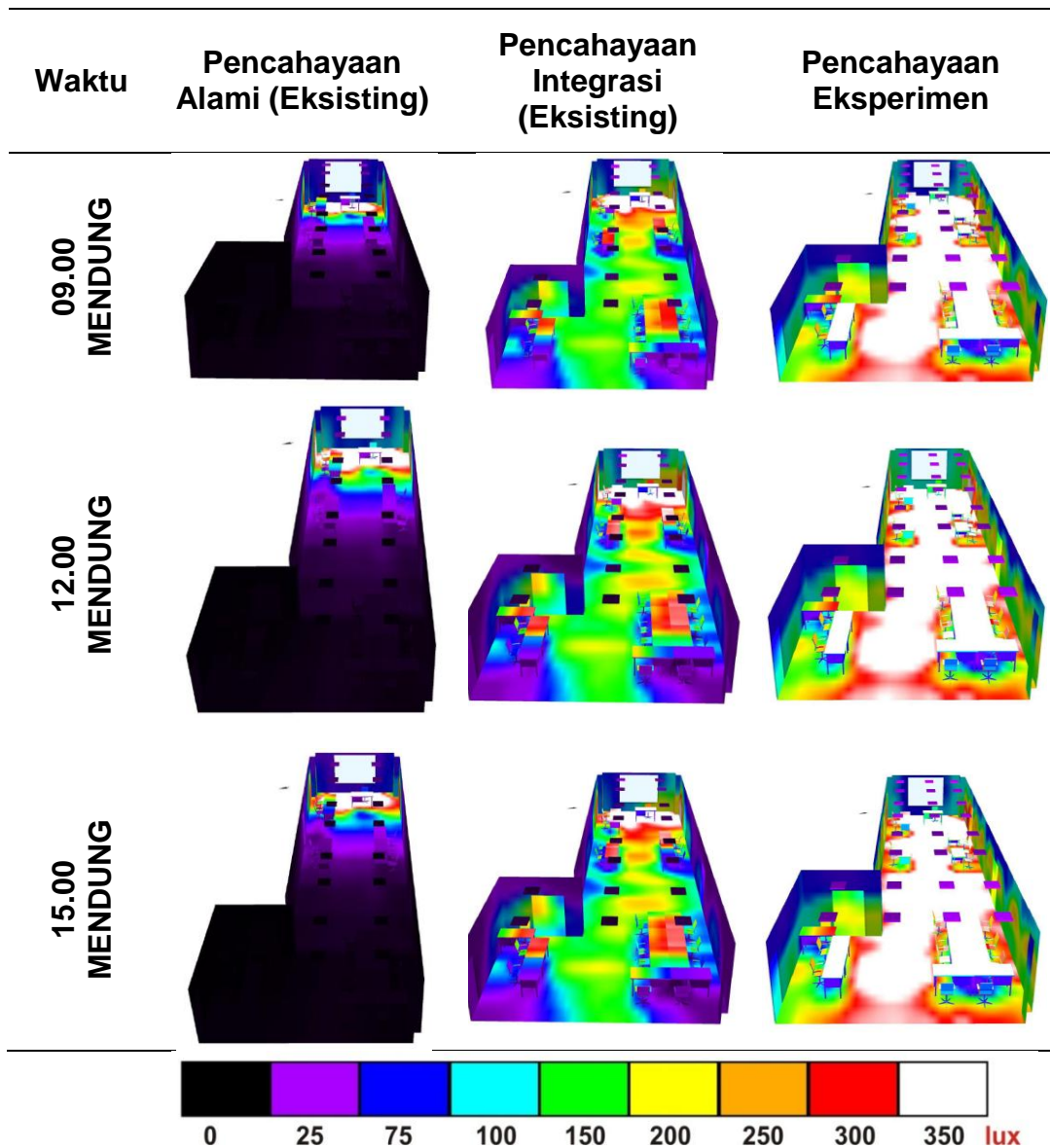
Tabel 117. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-6 Kondisi Langit Cerah (20 April 2013)



Tabel 118. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight* Sensor Zona-6 Kondisi Langit Berawan (26 Mei 2013)



Tabel 119. Perbandingan Kualitas Pencahayaan Alami, Pencahayaan Kombinasi Manual dan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* Zona-6 Kondisi Langit Mendung (08 Mei 2013)



Dari tabel diatas dapat dianalisis perbandingan kualitas sistem pencahayaan eksisting dan eksperimen zona-6 pada tiga kondisi langit yaitu Cerah, Berawan dan Mendung mulai pukul 09.00 pagi hingga 16.00 petang.

Pada pencahayaan eksperimen, pencahayaan ruang cenderung konstan sepanjang hari pada kondisi langit yang bervariasi. Penyebaran cahaya juga lebih merata dibanding dengan sistem pencahayaan eksisting.

2. Analisis Konsumsi Energi Pencahayaan Buatan dan Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor*

Untuk mengetahui sistem pencahayaan yang paling efektif, maka dibutuhkan pula analisis terhadap konsumsi energi dari sistem pencahayaan yang dipakai. Sistem Pencahayaan Integrasi yang optimal dari segi tingkat iluminasinya, memanfaatkan dengan maksimal Pencahayaan Alami dan juga menggunakan Pencahayaan Buatan sesuai dengan kebutuhan.

Berikut adalah rangkuman dari data perhitungan energi yang telah dibahas pada bagian sebelumnya.

Tabel 120. Energi Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* pada tiga kondisi langit.

Konsumsi Energi Per Tahun				
No.	LOKASI	CERAH (kWh/a)	BERAWAN (kWh/a)	MENDUNG (kWh/a)
1	ZONA-1	475,41	475,41	709,56
2	ZONA-2	542,82	814,23	814,23
3	ZONA-3	755,33	906,39	1208,52
4	ZONA-4	429,43	429,43	861,86

Konsumsi Energi Per Tahun				
No.	LOKASI	CERAH (kWh/a)	BERAWAN (kWh/a)	MENDUNG (kWh/a)
5	ZONA-5	648,23	648,23	648,23
6	ZONA-6	3.038,12	3.342,12	3.493,84
	TOTAL	5.889,34	6.615,81	7.736,24

Dari tabel di atas, diketahui bahwa konsumsi energi Sistem Pencahayaan Integrasi Eksperimen dengan *Daylight Sensor* bervariasi pada kondisi langit yang berbeda. Apabila diperbandingkan dengan total energi untuk Pencahayaan Buatan, yaitu 10.264,20 kWh/a maka pada kondisi langit **Cerah**, terjadi penghematan sebesar **4.374,86 kWh/a** atau **42,62%**. Kemudian pada kondisi langit **Berawan**, terjadi penghematan sebesar **3.648,39 kWh/a** atau **35,17%**. Pada kondisi langit **Mendung**, juga ada penghematan sebesar **2.527,96 kWh/a** atau **24,63%**.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Suatu sistem pencahayaan dikatakan efektif ataupun optimal, bukan diukur dari seberapa besar dapat menghemat energi, tetapi juga seberapa nyaman ruang tersebut untuk ditempati. Berikut kesimpulan dari hasil penelitian yang telah diuraikan pada Bab sebelumnya;

1. Kualitas Pencahayaan Alami dan Kualitas Pencahayaan Buatan,

a. Rata-rata Tingkat Pencahayaan Alami dari objek penelitian pada Kondisi Langit Cerah (*Clearsky*), masih belum memenuhi standarisasi Tingkat Pencahayaan Minimum (SNI-036575-2001). Iluminasi rata-rata ruang masih dibawah 350 Lux. Tetapi beberapa ruang seperti Ruang Administrasi, Ruang Sekretariat Kepala, dan Ruang Kepala BKKBN memiliki pencahayaan alami yang cukup baik bahkan melebihi standar. Sementara Rata-rata Tingkat Pencahayaan Alami dari objek penelitian pada Kondisi Langit Berawan (*Intermediate Sky*) dan Mendung (*Overcast Sky*), masih belum memenuhi standarisasi.

b. Rata-Rata Tingkat Pencahayaan Buatan, iluminasinya belum memenuhi standarisasi. Tetapi hal itu tidak begitu berpengaruh mengingat objek penelitian jarang digunakan pada waktu malam hari.

2. Kualitas Pencahayaan Kombinasi Manual dan Kualitas Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor*.

a. Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan (manual) yang dimaksud yaitu dengan menyalakan lampu secara selang seling. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa iluminasi rata-rata ruang yang ada pada objek penelitian belum memenuhi standarisasi Tingkat Pencahayaan Minimum (SNI-036575-2001). Dan apabila dilihat dari segi penyebaran cahayanya juga belum memenuhi standar, dikarenakan beberapa bagian dari ruangan tersebut sangat terang, dan ada juga bagiannya yang sangat gelap. Jadi penyebaran cahayanya tidak merata.

b. Pencahayaan Kombinasi Alami-Buatan Eksperimen yang dimaksud adalah sistem pencahayaan ruang yang memanfaatkan pencahayaan alami tetapi juga menyalakan lampu yang diintegrasikan dengan *daylight sensor*. Metode integrasi yang dipakai adalah ON-OFF. Berdasarkan hasil penelitian, dengan menggunakan sistem pencahayaan ini, tingkat iluminasi rata-rata keseluruhan ruang dan pada tiga kondisi langit yaitu Cerah (*Clearsky*), Berawan (*Intermediate Sky*), ataupun Mendung (*Overcast Sky*) telah memenuhi standarisasi, serta pencahayaannya juga lebih merata.

3. Audit Konsumsi Energi Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-Daylight Sensor Untuk Mendapatkan Sistem Pencahayaan Optimal.

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka diketahui bahwa pada kondisi langit Cerah, sistem pencahayaan eksperimen dapat menghemat penggunaan energi pencahayaan **4.374,86 kWh/a** atau **42,62%**. Kemudian pada kondisi langit Berawan, terjadi penghematan sebesar **3.648,39 kWh/a** atau **35,17%**. Pada kondisi langit Mendung, juga ada penghematan sebesar **2.527,96 kWh/a** atau **24,63%**.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Sistem Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor* merupakan sistem pencahayaan yang optimal.

B. SARAN

1. Sesuai hasil penelitian yang dibahas pada bab sebelumnya mengenai Kualitas Pencahayaan Buatan yang masih dibawah standar, maka disarankan ke Pengelola untuk menambah jumlah titik lampu pada tiap ruang kerja. Adapun jumlah titik lampu yang disarankan dapat dilihat pada eksperimen peneliti pada bagian “Pencahayaan Integrasi Alami-Buatan-*Daylight Sensor*”, sehingga kebutuhan pencahayaan buatanya dapat memenuhi standar pencahayaan minimum bagi ruang kerja.

2. Untuk ruang Data dan Informasi dan ruang Sekretaris BKKBN, disarankan untuk tidak menyalakan lampu pada kondisi langit Cerah ataupun Berawan, karena Tingkat Pencahayaan Alami pada ruang

tersebut sudah sangat baik dan memenuhi standar pencahayaan minimum.

3. Untuk lebih mengoptimalkan lagi sistem pencahayaan kombinasi alami-buatan eksperimen maka dapat mengganti jenis lampu yang lebih hemat energi, seperti lampu LED (*Light Emitting Diode*). Lampu jenis ini dapat menghemat sampai dengan 80% pemakaian energi listrik.

4. Sistem yang dipakai pada penelitian ini adalah penggunaan *Daylight Sensor* yang berfungsi ON-OFF, dapat juga diteliti lebih lanjut oleh peneliti berikutnya mengenai sistem *Daylight Sensor with Dimming*.

5. Karena keterbatasan waktu dan alat, penelitian hanya dilakukan pada satu variabel tingkat pencahayaan saja, yaitu iluminasi ruang. Masih dapat dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya mengenai *uniformity of lighting* dan lainnya. Selain itu, dari penelitian ini juga dapat dikembangkan untuk mengetahui besar iluminasi pencahayaan alami yang masuk ke dalam ruang dengan memperhitungkan iluminasi luar ruangan dan memperhitungkan ketinggian lantai dari dasar tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityananda, Rony. 1998. *Pengendalian Cahaya Alami Sebagai Upaya Penghematan Energi pada Bangunan Perkantoran*. Tesis tidak diterbitkan. Program Pascasarjana UNDIP: Semarang.
- Baharuddin. 2009. *An Investigation of Factors Affecting Prediction of Daylight Availability in High-rise Residential Buildings in a-High-density Urban Environment*. University of Hong Kong, China.
- Belinda, Siti. 2012. *Analisis Pencahayaan pada Ruang Ibadah Masjid Agung Al-Kautsar Kendari*. Tesis tidak diterbitkan. Program Pascasarjana UNHAS. Makassar
- C, Darmasetiawan, L, Puspakesuma. 1991. *Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu*. Gramedia: Jakarta.
- Dubois, Marie Claude, 2001. *Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices, Simulation with Radiance*. Lund Institute of Technology: Lund.
- Enno, Abel. 1994. *Low-Energy Building*. Energy and Building Science Journal Volume 21. Elsevier Science S.A
- Evans, Benjamin. 1981. *Daylight in Architecture*, Architectural Record Book McGraw-Hill Book Company: New York.
- Frick, Heinz, dkk. 2008. *Ilmu Fisika Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Gunawan, Tanto. 2008. *Optimalisasi Sistem Tata Cahaya Buatan: Studi Kasus Ruang Rawat Inap RS.Spesialis Husada Utama Surabaya*. Tesis tidak diterbitkan. Program Pascasarjana Universitas Kristen PETRA. Surabaya.

IEA. 2000. *Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting System and Components*. Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley.

IESNA. 2000. *The IESNA Lighting Handbook*. IESNA Publication Department: New York.

Istiawan, Kencana. 2006. *Ruang Artistik Dengan Pencahayaan*. Sri Griya Kreasi : Jakarta.

Koeningsborger, et all. 1973. *Manual of Tropical Housing and Building, Part One: Climatic Design*. Orient Longman Limited: London.

Khalis, Ibnu. 2012. *Rumah Cantik dengan Aplikasi Lampu-Lampu Eksotis*. Harmoni: Yogyakarta.

Karlen, M, Benya, J. 2004. *Lighting Design Basic: Dasar-Dasar Desain Pencahayaan*. Terjemahan oleh Diana Rumagit. 2007. Erlangga: Jakarta.

Krishan, Arvin, dkk. 2001. *Climate Responsive Architecture: A Design Handbook for Energy Efficient Buildings*. Tata Mc.Graw Hill.

Lechner, Norbert. 2001. *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur Edisi Kedua*. Terjemahan oleh Sandriana Siti. 2007. Raja Grafindo Persada: Jakarta.

Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis*. Erlangga: Jakarta.

Lyberg, M, D. 1987. *Source Books for Energy Auditors Volume 1*. Stockholm, Sweden.

Mangunwijaya, YB. 2000. *Pengantar Fisika Bangunan*. Djambatan: Jakarta.

Mintorogo, Danny Santoso. 1999. *Strategi Daylighting pada Bangunan Multi Lantai Diatas dan di Bawah Permukaan Tanah*. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur Volume 27 Nomor 1.

MT, Muhaimin, 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Refika Aditama: Bandung.

Pedoman Penulisan Tesis dan Disertasi Edisi 4. 2012. Program Pascasarjana UNHAS. Makassar.

Rahim, Ramli. 2009. *Teori dan Aplikasi Distribusi Luminansi Langit di Indonesia*. Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin: Makassar.

Reinhard, Christoph. 2010. *Tutorial on The Use of Daysim Simulations for Sustainable Design*. Harvard University: Cambridge.

Satwiko, Prasasto. 2009. *Fisika Bangunan*. Andi: Yogyakarta.

Soegijanto, 1998. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Dirjen Dikti Depdikbud. Jakarta.

SNI 03-2396-2001: *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*.

SNI 03-6575-2001: *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*.

SNI 03-6197-2000: *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung*.

Szokolay, SV. 1980. *Environment Science Handbook: for Architects and Builders*. The Construction Press: New York.

Widi, Restu Kartiko. 2010. *Asas Metodologi Penelitian: Sebuah Pengenalan dan Penuntun Langkah Demi Langkah Pelaksanaan Penelitian*. Graha Ilmu: Yogyakarta.

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.gaisma.com/en/location/makasar.html>

[http:// dial.de/](http://dial.de/)

[http:// radsite.lbl.gov/](http://radsite.lbl.gov/)

<http://led-lampu.blogspot.com>

<http://www.wikipedia.org>

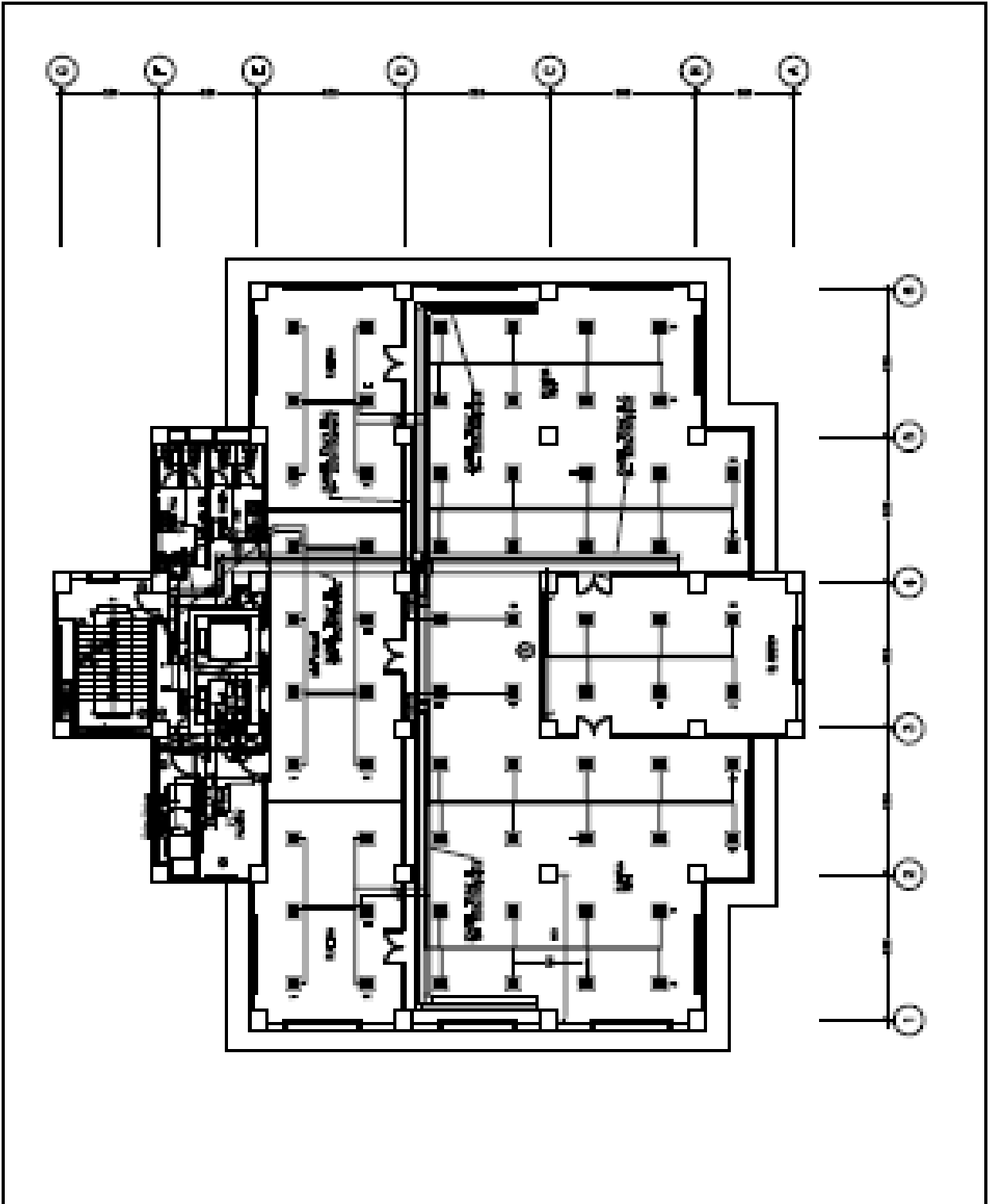
<http://www.viz.velux.com/>

<http://www.astudioarchitect.com>

<http://www.gemar-elektronika.com>

[http://www/indonetwork.com](http://www.indonetwork.com)

	PROJECT: PERMITS/PLANS FOR BALCONY, SKIDSTEER RETRADEWORK
	DRAWING: SHOP DRAWING
DATE:	SCALE:
CONTRACTOR:	PROJECT NO.:
SHEET NO.:	TOTAL SHEETS:
DESIGNER:	CHECKED BY:
APPROVED BY:	DATE:
PROJECT LOCATION:	DRAWING NO.:
SHEET TITLE:	SCALE:

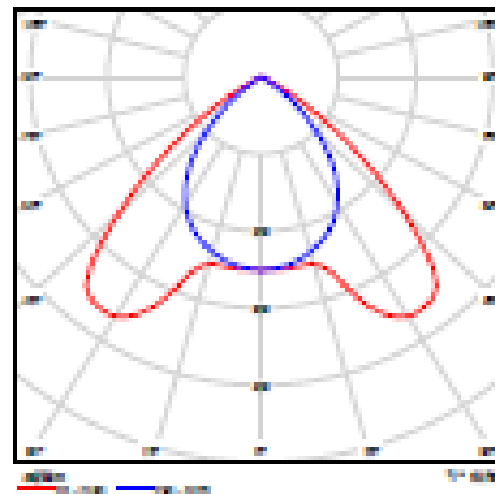


Operator
Telephone
Fax
e-Mail

GELIGHTING - TL 5000 5006414/18EB T5 CWL GE / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance I:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 09 09 100 100 01

Applications
Offices, hotels, shopping centres, hospitals, schools

Technical specification
5000 Series for T5 fluorescent lamps
Recessed luminaire for mounting on exposed steel T sections of 60/60/20mm ratings. This luminaire is also suitable for plaster and metal only by suspended ceilings by using metal mounting clips.

Body
Powder coated perforated sheet steel with white primer paint finish.

Optic
Reference I10: dark light aluminium louvre
Ideal for work environments with computer display monitors. Louvre with broad symmetrical beaming light distribution featuring longitudinal reflective and double transverse baffles. In addition anti-glare and 60/20 pure aluminium 60/20 reflector with mirror finish. Great longitudinal and transverse luminance less than 300 cd/m² for vertical angles over 60°.

Accessories
Power Supply
Control gear and starter circuit
Ballast: instant 20-200W / 16-160Hz warm start with HT 10PC heat resistant wiring.

Emergency supply
Emergency supply (EEL) available on request.

Lamp
Complies with T5 LongLife™ H8 (high efficiency) 4000K lamp.

Luminous emittance I:

Beam Reference according to CIE																
		10°					15°					20°				
		10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
Beam	Angle	lx														
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
100	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
500	10	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	15	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	20	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	25	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	30	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Luminaire Reference values in lux (mcd/m²)																
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
Luminaire Reference values in cd/m²																
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
Luminaire Reference values in cd/m²																
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														
lx	Beam	m														

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Energy Evaluation / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193
Location: makassar, Longitude: 119.40°, Latitude: -5.10°

Results

Total Energy Lighting: 7538.40 kWh/a
LENI: 12.90 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 7538.40 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 584.55 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Jan	652.76	1.12	652.76	1.12	0.00	0.00
Feb	636.76	1.09	636.76	1.09	0.00	0.00
Mar	623.38	1.07	623.38	1.07	0.00	0.00
Apr	615.60	1.05	615.60	1.05	0.00	0.00
May	611.98	1.05	611.98	1.05	0.00	0.00
Jun	614.28	1.05	614.28	1.05	0.00	0.00
Jul	610.40	1.04	610.40	1.04	0.00	0.00
Aug	614.89	1.05	614.89	1.05	0.00	0.00
Sep	623.68	1.07	623.68	1.07	0.00	0.00
Oct	632.95	1.08	632.95	1.08	0.00	0.00
Nov	646.08	1.11	646.08	1.11	0.00	0.00
Dec	657.36	1.12	657.36	1.12	0.00	0.00

List of the Participating Utilisation Zones:

- Utilisation Zone 1
- Utilisation Zone 2
- Utilisation Zone 3
- Utilisation Zone 4
- Utilisation Zone 5
- Utilisation Zone 6
- Utilisation Zone 7
- Utilisation Zone 8

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 1 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 473.04 kWh/a
LENI: 12.06 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 473.04 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 39.22 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Jan	43.21	1.10	43.21	1.10	0.00	0.00
Feb	40.73	1.04	40.73	1.04	0.00	0.00
Mar	38.69	0.99	38.69	0.99	0.00	0.00
Apr	37.52	0.96	37.52	0.96	0.00	0.00
May	36.94	0.94	36.94	0.94	0.00	0.00
Jun	37.23	0.95	37.23	0.95	0.00	0.00
Jul	36.65	0.93	36.65	0.93	0.00	0.00
Aug	37.38	0.95	37.38	0.95	0.00	0.00
Sep	38.69	0.99	38.69	0.99	0.00	0.00
Oct	40.15	1.02	40.15	1.02	0.00	0.00
Nov	42.19	1.08	42.19	1.08	0.00	0.00
Dec	43.94	1.12	43.94	1.12	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- ZONA-1 (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 2 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 848.52 kWh/a
LENI: 18.42 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 848.52 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 46.06 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Jan	72.61	1.58	72.61	1.58	0.00	0.00
Feb	71.37	1.55	71.37	1.55	0.00	0.00
Mar	70.35	1.53	70.35	1.53	0.00	0.00
Apr	69.76	1.51	69.76	1.51	0.00	0.00
May	69.47	1.51	69.47	1.51	0.00	0.00
Jun	69.62	1.51	69.62	1.51	0.00	0.00
Jul	69.32	1.50	69.32	1.50	0.00	0.00
Aug	69.69	1.51	69.69	1.51	0.00	0.00
Sep	70.35	1.53	70.35	1.53	0.00	0.00
Oct	71.07	1.54	71.07	1.54	0.00	0.00
Nov	72.10	1.57	72.10	1.57	0.00	0.00
Dec	72.97	1.58	72.97	1.58	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg.Bld.Pengendalian KB (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 3 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 687.96 kWh/a
LENI: 10.21 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 687.96 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 67.41 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Jan	58.80	0.87	58.80	0.87	0.00	0.00
Feb	57.84	0.86	57.84	0.86	0.00	0.00
Mar	57.05	0.85	57.05	0.85	0.00	0.00
Apr	56.59	0.84	56.59	0.84	0.00	0.00
May	56.37	0.84	56.37	0.84	0.00	0.00
Jun	56.48	0.84	56.48	0.84	0.00	0.00
Jul	56.25	0.83	56.25	0.83	0.00	0.00
Aug	56.54	0.84	56.54	0.84	0.00	0.00
Sep	57.05	0.85	57.05	0.85	0.00	0.00
Oct	57.61	0.85	57.61	0.85	0.00	0.00
Nov	58.41	0.87	58.41	0.87	0.00	0.00
Dec	59.09	0.88	59.09	0.88	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg.Sekretariat Umum (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 4 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 1149.12 kWh/a
LENI: 11.49 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 1149.12 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 100.13 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Jan	104.31	1.04	104.31	1.04	0.00	0.00
Feb	98.78	0.99	98.78	0.99	0.00	0.00
Mar	94.02	0.94	94.02	0.94	0.00	0.00
Apr	91.18	0.91	91.18	0.91	0.00	0.00
May	90.01	0.90	90.01	0.90	0.00	0.00
Jun	91.07	0.91	91.07	0.91	0.00	0.00
Jul	89.85	0.90	89.85	0.90	0.00	0.00
Aug	91.07	0.91	91.07	0.91	0.00	0.00
Sep	94.32	0.94	94.32	0.94	0.00	0.00
Oct	97.43	0.97	97.43	0.97	0.00	0.00
Nov	101.95	1.02	101.95	1.02	0.00	0.00
Dec	105.82	1.06	105.82	1.06	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg.Bld.Data & Informal (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 5 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 619.62 kWh/a
LENI: 10.66 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 619.62 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 57.97 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Jan	54.61	0.94	54.61	0.94	0.00	0.00
Feb	52.66	0.91	52.66	0.91	0.00	0.00
Mar	51.09	0.88	51.09	0.88	0.00	0.00
Apr	50.16	0.86	50.16	0.86	0.00	0.00
May	49.73	0.86	49.73	0.86	0.00	0.00
Jun	49.96	0.86	49.96	0.86	0.00	0.00
Jul	49.51	0.85	49.51	0.85	0.00	0.00
Aug	50.07	0.86	50.07	0.86	0.00	0.00
Sep	51.09	0.88	51.09	0.88	0.00	0.00
Oct	52.23	0.90	52.23	0.90	0.00	0.00
Nov	53.61	0.94	53.61	0.94	0.00	0.00
Dec	55.18	0.97	55.18	0.97	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Bg.Kabus (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 6 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 2131.92 kWh/a
LENT: 12.93 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 2131.92 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 164.91 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Jan	180.61	1.10	180.61	1.10	0.00	0.00
Feb	178.68	1.08	178.68	1.08	0.00	0.00
Mar	177.09	1.07	177.09	1.07	0.00	0.00
Apr	176.19	1.07	176.19	1.07	0.00	0.00
May	175.73	1.07	175.73	1.07	0.00	0.00
Jun	175.96	1.07	175.96	1.07	0.00	0.00
Jul	175.51	1.06	175.51	1.06	0.00	0.00
Aug	176.07	1.07	176.07	1.07	0.00	0.00
Sep	177.09	1.07	177.09	1.07	0.00	0.00
Oct	178.23	1.08	178.23	1.08	0.00	0.00
Nov	179.81	1.09	179.81	1.09	0.00	0.00
Dec	181.18	1.10	181.18	1.10	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation

List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg.Pegawai Umum (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 7 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 619.92 kWh/a
LENI: 10.94 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 619.92 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 56.66 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh]	[kWh/m²]
Jan	54.61	0.96	54.61	0.96	0.00	0.00
Feb	52.68	0.93	52.68	0.93	0.00	0.00
Mar	51.09	0.90	51.09	0.90	0.00	0.00
Apr	50.19	0.89	50.19	0.89	0.00	0.00
May	49.73	0.88	49.73	0.88	0.00	0.00
Jun	49.96	0.88	49.96	0.88	0.00	0.00
Jul	49.51	0.87	49.51	0.87	0.00	0.00
Aug	50.07	0.88	50.07	0.88	0.00	0.00
Sep	51.09	0.90	51.09	0.90	0.00	0.00
Oct	52.23	0.92	52.23	0.92	0.00	0.00
Nov	53.81	0.95	53.81	0.95	0.00	0.00
Dec	55.18	0.97	55.18	0.97	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation
List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg_Arsip (energy evaluation project) (1 x)

Operator
Telephone
Fax
e-Mail

Utilisation Zone 8 / Summary

Energy Evaluation According to Following Standard: EN 15193

Results

Total Energy Lighting: 1008.00 kWh/a
LENI: 18.99 kWh/(a · m²)

Total Energy Visual Task: 1008.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Total): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Standby): 0.00 kWh/a
Total Energy Parasitic (Loading the Emergency Lighting): 0.00 kWh/a
Total Area: 53.09 m²

Monthly Results

Month	Lighting		Visual Task		Parasitic	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Jan	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Feb	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Mar	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Apr	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
May	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Jun	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Jul	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Aug	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Sep	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Oct	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Nov	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00
Dec	84.00	1.58	84.00	1.58	0.00	0.00

Accompanying Project: Energy Evaluation
List of the Participating Energy Evaluation Rooms:

- Rg.Lobby Lift (energy evaluation project) (1 x)