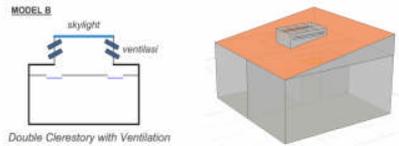
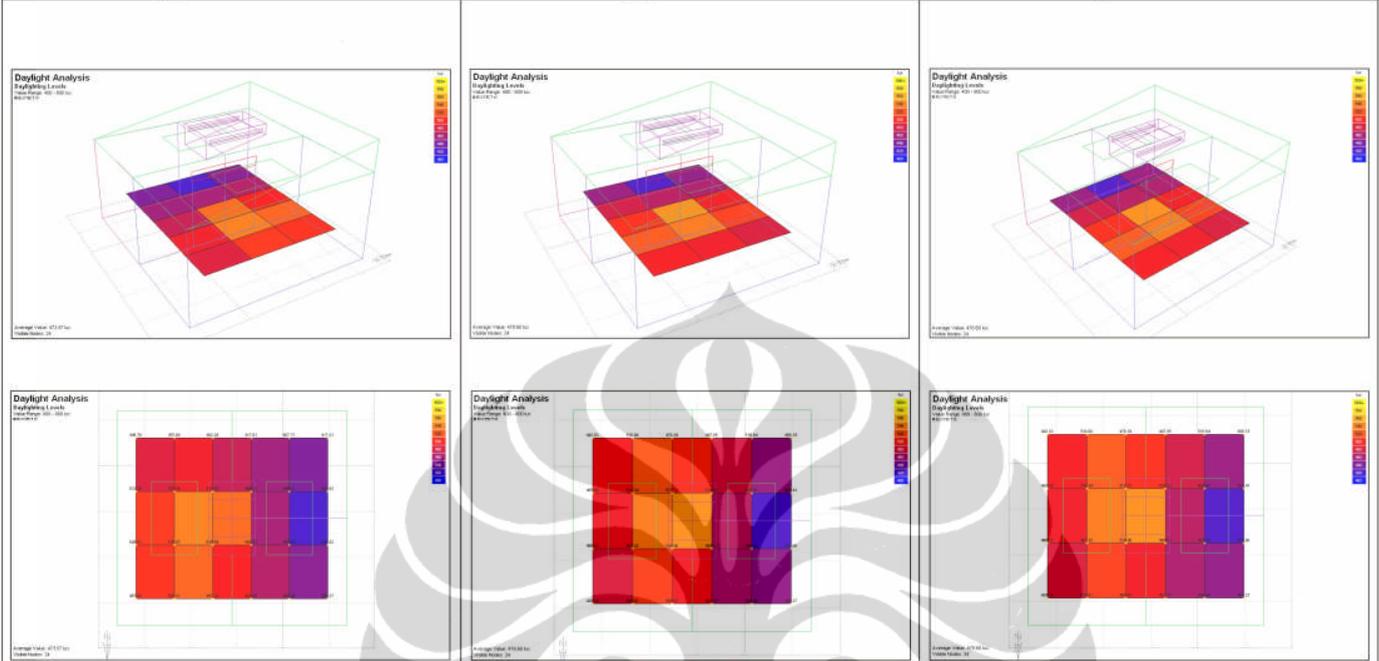


MODEL : B - PLAFON DATAR
 LANGIT : OVERCAST SKY
 TANGGAL : 21 SEPTEMBER
 LOKASI : TANGERANG
 ORIENTASI BANGUNAN : UTARA - SELATAN



Pagi, pukul 07.00 WIB Siang, pukul 12.00 WIB Sore, pukul 16.00 WIB



Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON DATAR

Pukul 07.00

Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	446.7
2	124	411	80	475
3	208	411	80	462.29
4	292	411	80	417.61
5	376	411	80	507.71
6	460	411	80	417.21
7	40	294	80	533.18
8	124	294	80	473.26
9	208	294	80	551.05
10	292	294	80	459.33
11	376	294	80	440.21
12	460	294	80	404.83
13	40	177	80	505.81
14	124	177	80	516.07
15	208	177	80	606.69
16	292	177	80	492.52
17	376	177	80	443.29
18	460	177	80	393.52
19	40	60	80	467.05
20	124	60	80	525.31
21	208	60	80	451.43
22	292	60	80	426.69
23	376	60	80	498.48
24	460	60	80	450.27
Rata-rata				474

Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON DATAR

Pukul 12.00

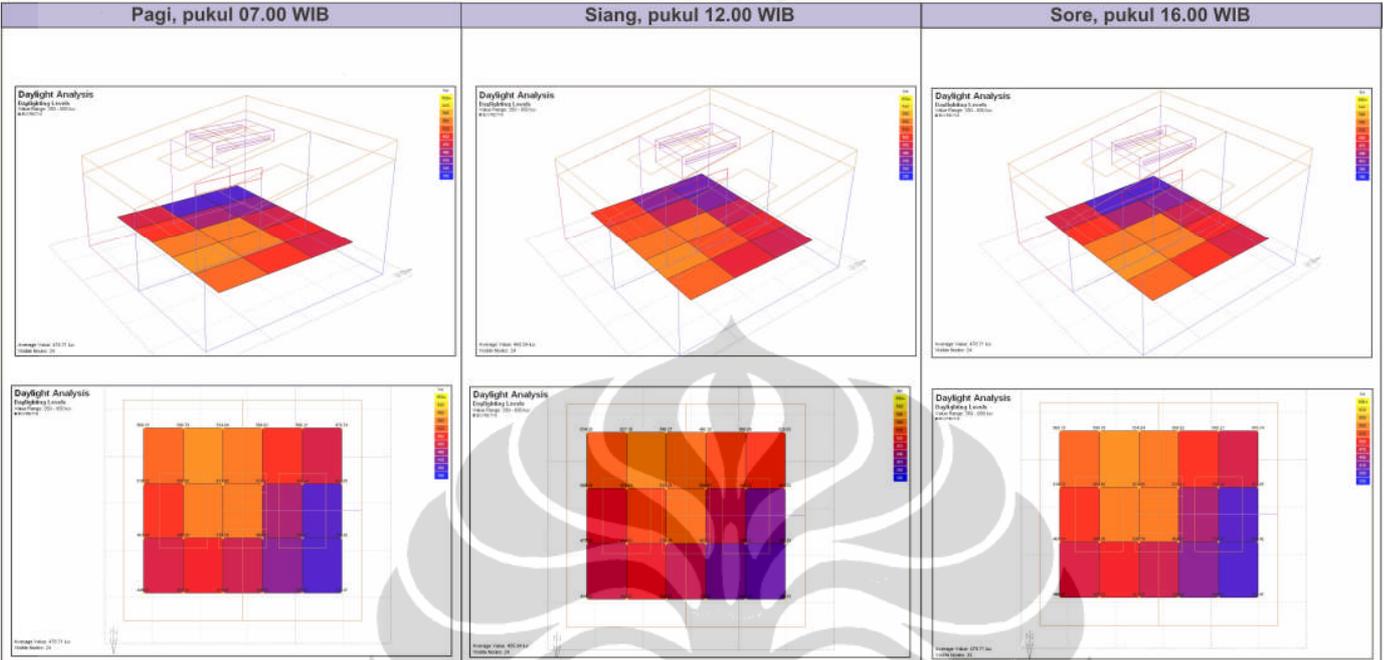
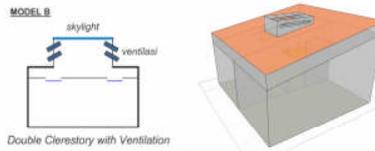
Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	443.83
2	124	411	80	530
3	208	411	80	470.39
4	292	411	80	447.85
5	376	411	80	516.64
6	460	411	80	450.15
7	40	294	80	485.96
8	124	294	80	510.34
9	208	294	80	573.73
10	292	294	80	519.22
11	376	294	80	425.95
12	460	294	80	421.41
13	40	177	80	496.53
14	124	177	80	467.28
15	208	177	80	589.4
16	292	177	80	494.8
17	376	177	80	426.03
18	460	177	80	419
19	40	60	80	435.16
20	124	60	80	525.61
21	208	60	80	458.67
22	292	60	80	421.77
23	376	60	80	504.49
24	460	60	80	452.27
Rata-rata				479

Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON DATAR

Pukul 16.00

Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	443.83
2	124	411	80	530
3	208	411	80	470.39
4	292	411	80	447.85
5	376	411	80	516.64
6	460	411	80	450.15
7	40	294	80	485.96
8	124	294	80	510.34
9	208	294	80	573.73
10	292	294	80	519.22
11	376	294	80	425.95
12	460	294	80	421.41
13	40	177	80	496.53
14	124	177	80	467.28
15	208	177	80	589.4
16	292	177	80	494.8
17	376	177	80	426.03
18	460	177	80	419
19	40	60	80	435.16
20	124	60	80	525.61
21	208	60	80	458.67
22	292	60	80	421.77
23	376	60	80	504.49
24	460	60	80	452.27
Rata-rata				479

MODEL : B - PLAFON MIRING
 LANGIT : OVERCAST SKY
 TANGGAL : 21 SEPTEMBER
 LOKASI : TANGERANG
 ORIENTASI BANGUNAN : UTARA - SELATAN



Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON MIRING

Pukul 07.00

Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	509.15
2	124	411	80	599.79
3	208	411	80	534.04
4	292	411	80	509.02
5	376	411	80	580.21
6	460	411	80	479.74
7	40	294	80	538.32
8	124	294	80	501.88
9	208	294	80	621.8
10	292	294	80	533.28
11	376	294	80	393.14
12	460	294	80	421.05
13	40	177	80	483.54
14	124	177	80	496.36
15	208	177	80	586.79
16	292	177	80	460.93
17	376	177	80	376.27
18	460	177	80	354.42
19	40	60	80	446.07
20	124	60	80	457.89
21	208	60	80	411.05
22	292	60	80	394.09
23	376	60	80	447.62
24	460	60	80	352.47
Rata-rata				479

Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON MIRING

Pukul 12.00

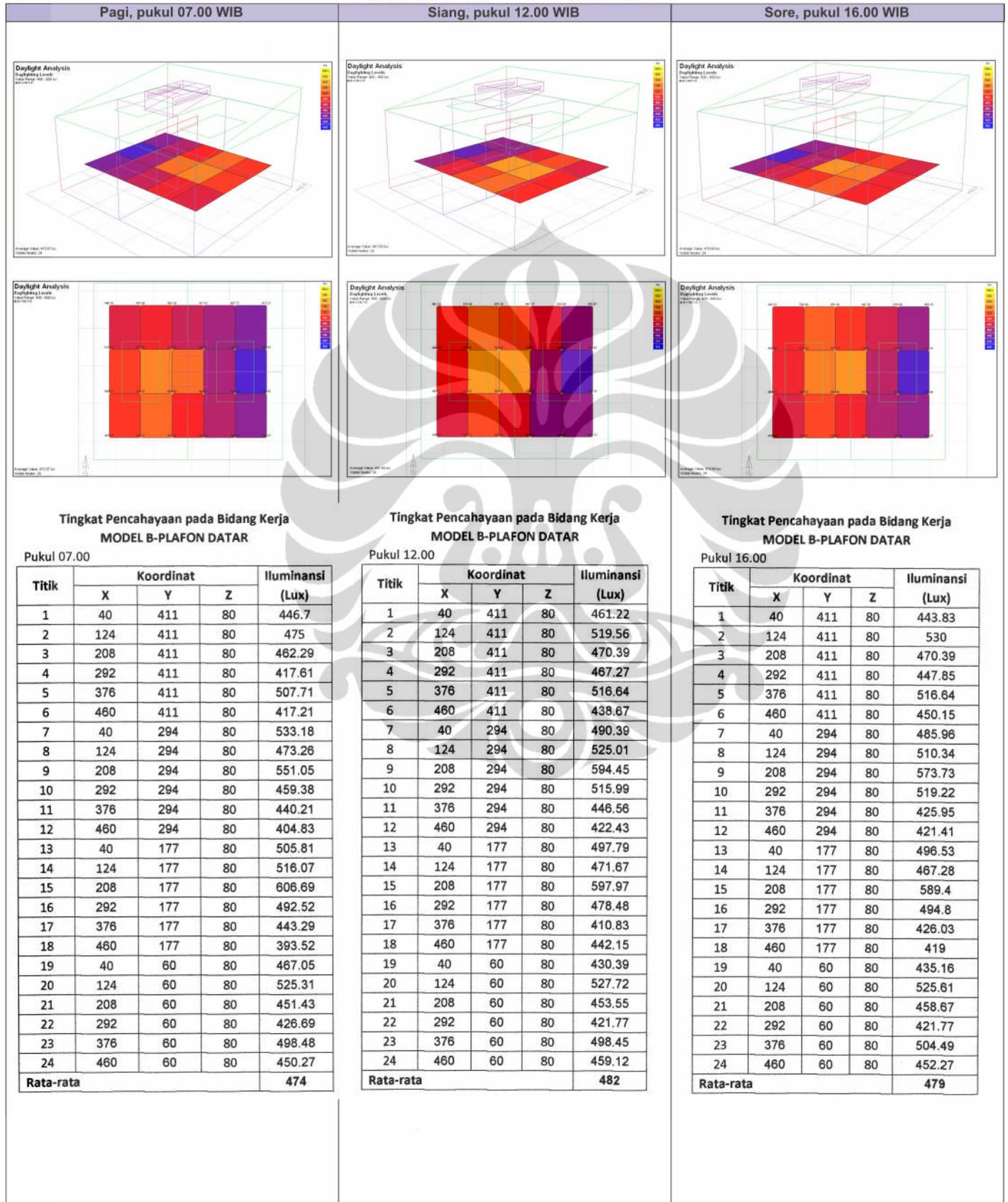
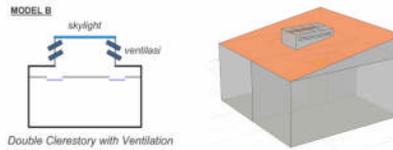
Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	534.26
2	124	411	80	627.1
3	208	411	80	545.27
4	292	411	80	480.38
5	376	411	80	600.69
6	460	411	80	530.03
7	40	294	80	506.35
8	124	294	80	472.64
9	208	294	80	591.38
10	292	294	80	564.95
11	376	294	80	441.73
12	460	294	80	464.32
13	40	177	80	477.09
14	124	177	80	463.72
15	208	177	80	558.49
16	292	177	80	463.53
17	376	177	80	369.32
18	460	177	80	395.16
19	40	60	80	434.29
20	124	60	80	480.47
21	208	60	80	430.01
22	292	60	80	379.47
23	376	60	80	444.14
24	460	60	80	398.23
Rata-rata				486

Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja
 MODEL B-PLAFON MIRING

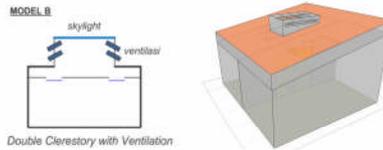
Pukul 16.00

Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)
	X	Y	Z	
1	40	411	80	509.15
2	124	411	80	599.79
3	208	411	80	534.04
4	292	411	80	509.02
5	376	411	80	580.21
6	460	411	80	479.74
7	40	294	80	538.32
8	124	294	80	501.88
9	208	294	80	621.8
10	292	294	80	533.28
11	376	294	80	393.14
12	460	294	80	421.05
13	40	177	80	483.54
14	124	177	80	496.36
15	208	177	80	586.79
16	292	177	80	460.93
17	376	177	80	376.27
18	460	177	80	354.42
19	40	60	80	446.07
20	124	60	80	457.89
21	208	60	80	411.05
22	292	60	80	394.09
23	376	60	80	447.62
24	460	60	80	352.47
Rata-rata				479

MODEL : B - PLAFON DATAR
 LANGIT : OVERCAST SKY
 TANGGAL : 21 SEPTEMBER
 LOKASI : TANGERANG
 ORIENTASI BANGUNAN : SELATAN - UTARA



MODEL : B - PLAFON MIRING
 LANGIT : OVERCAST SKY
 TANGGAL : 21 SEPTEMBER
 LOKASI : TANGERANG
 ORIENTASI BANGUNAN : SELATAN - UTARA



Pagi, pukul 07.00 WIB		Siang, pukul 12.00 WIB		Sore, pukul 16.00 WIB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<p>Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja MODEL B-PLAFON MIRING Pukul 07.00</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Titik</th> <th colspan="3">Koordinat</th> <th rowspan="2">Iluminansi (Lux)</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>40</td><td>411</td><td>80</td><td>538.76</td></tr> <tr><td>2</td><td>124</td><td>411</td><td>80</td><td>617.48</td></tr> <tr><td>3</td><td>208</td><td>411</td><td>80</td><td>545.27</td></tr> <tr><td>4</td><td>292</td><td>411</td><td>80</td><td>499.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>376</td><td>411</td><td>80</td><td>600.69</td></tr> <tr><td>6</td><td>460</td><td>411</td><td>80</td><td>519.56</td></tr> <tr><td>7</td><td>40</td><td>294</td><td>80</td><td>510.43</td></tr> <tr><td>8</td><td>124</td><td>294</td><td>80</td><td>487.26</td></tr> <tr><td>9</td><td>208</td><td>294</td><td>80</td><td>612.14</td></tr> <tr><td>10</td><td>292</td><td>294</td><td>80</td><td>561.41</td></tr> <tr><td>11</td><td>376</td><td>294</td><td>80</td><td>461.54</td></tr> <tr><td>12</td><td>460</td><td>294</td><td>80</td><td>465.43</td></tr> <tr><td>13</td><td>40</td><td>177</td><td>80</td><td>478.53</td></tr> <tr><td>14</td><td>124</td><td>177</td><td>80</td><td>468.11</td></tr> <tr><td>15</td><td>208</td><td>177</td><td>80</td><td>567.22</td></tr> <tr><td>16</td><td>292</td><td>177</td><td>80</td><td>447.01</td></tr> <tr><td>17</td><td>376</td><td>177</td><td>80</td><td>351.28</td></tr> <tr><td>18</td><td>460</td><td>177</td><td>80</td><td>405.91</td></tr> <tr><td>19</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>429.7</td></tr> <tr><td>20</td><td>124</td><td>60</td><td>80</td><td>482.51</td></tr> <tr><td>21</td><td>208</td><td>60</td><td>80</td><td>424.89</td></tr> <tr><td>22</td><td>292</td><td>60</td><td>80</td><td>379.47</td></tr> <tr><td>23</td><td>376</td><td>60</td><td>80</td><td>437.54</td></tr> <tr><td>24</td><td>460</td><td>60</td><td>80</td><td>405.63</td></tr> <tr> <td colspan="4">Rata-rata</td> <td>487</td> </tr> </tbody> </table>		Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)	X	Y	Z	1	40	411	80	538.76	2	124	411	80	617.48	3	208	411	80	545.27	4	292	411	80	499.5	5	376	411	80	600.69	6	460	411	80	519.56	7	40	294	80	510.43	8	124	294	80	487.26	9	208	294	80	612.14	10	292	294	80	561.41	11	376	294	80	461.54	12	460	294	80	465.43	13	40	177	80	478.53	14	124	177	80	468.11	15	208	177	80	567.22	16	292	177	80	447.01	17	376	177	80	351.28	18	460	177	80	405.91	19	40	60	80	429.7	20	124	60	80	482.51	21	208	60	80	424.89	22	292	60	80	379.47	23	376	60	80	437.54	24	460	60	80	405.63	Rata-rata				487	<p>Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja MODEL B-PLAFON MIRING Pukul 12.00</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Titik</th> <th colspan="3">Koordinat</th> <th rowspan="2">Iluminansi (Lux)</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>40</td><td>411</td><td>80</td><td>534.26</td></tr> <tr><td>2</td><td>124</td><td>411</td><td>80</td><td>627.1</td></tr> <tr><td>3</td><td>208</td><td>411</td><td>80</td><td>545.27</td></tr> <tr><td>4</td><td>292</td><td>411</td><td>80</td><td>480.38</td></tr> <tr><td>5</td><td>376</td><td>411</td><td>80</td><td>600.69</td></tr> <tr><td>6</td><td>460</td><td>411</td><td>80</td><td>530.03</td></tr> <tr><td>7</td><td>40</td><td>294</td><td>80</td><td>506.35</td></tr> <tr><td>8</td><td>124</td><td>294</td><td>80</td><td>472.64</td></tr> <tr><td>9</td><td>208</td><td>294</td><td>80</td><td>591.38</td></tr> <tr><td>10</td><td>292</td><td>294</td><td>80</td><td>564.95</td></tr> <tr><td>11</td><td>376</td><td>294</td><td>80</td><td>441.73</td></tr> <tr><td>12</td><td>460</td><td>294</td><td>80</td><td>464.32</td></tr> <tr><td>13</td><td>40</td><td>177</td><td>80</td><td>477.09</td></tr> <tr><td>14</td><td>124</td><td>177</td><td>80</td><td>463.72</td></tr> <tr><td>15</td><td>208</td><td>177</td><td>80</td><td>558.49</td></tr> <tr><td>16</td><td>292</td><td>177</td><td>80</td><td>463.53</td></tr> <tr><td>17</td><td>376</td><td>177</td><td>80</td><td>369.32</td></tr> <tr><td>18</td><td>460</td><td>177</td><td>80</td><td>395.16</td></tr> <tr><td>19</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>434.29</td></tr> <tr><td>20</td><td>124</td><td>60</td><td>80</td><td>480.47</td></tr> <tr><td>21</td><td>208</td><td>60</td><td>80</td><td>430.01</td></tr> <tr><td>22</td><td>292</td><td>60</td><td>80</td><td>379.47</td></tr> <tr><td>23</td><td>376</td><td>60</td><td>80</td><td>444.14</td></tr> <tr><td>24</td><td>460</td><td>60</td><td>80</td><td>398.23</td></tr> <tr> <td colspan="4">Rata-rata</td> <td>486</td> </tr> </tbody> </table>		Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)	X	Y	Z	1	40	411	80	534.26	2	124	411	80	627.1	3	208	411	80	545.27	4	292	411	80	480.38	5	376	411	80	600.69	6	460	411	80	530.03	7	40	294	80	506.35	8	124	294	80	472.64	9	208	294	80	591.38	10	292	294	80	564.95	11	376	294	80	441.73	12	460	294	80	464.32	13	40	177	80	477.09	14	124	177	80	463.72	15	208	177	80	558.49	16	292	177	80	463.53	17	376	177	80	369.32	18	460	177	80	395.16	19	40	60	80	434.29	20	124	60	80	480.47	21	208	60	80	430.01	22	292	60	80	379.47	23	376	60	80	444.14	24	460	60	80	398.23	Rata-rata				486	<p>Tingkat Pencahayaan pada Bidang Kerja MODEL B-PLAFON MIRING Pukul 16.00</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Titik</th> <th colspan="3">Koordinat</th> <th rowspan="2">Iluminansi (Lux)</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>40</td><td>411</td><td>80</td><td>534.26</td></tr> <tr><td>2</td><td>124</td><td>411</td><td>80</td><td>627.1</td></tr> <tr><td>3</td><td>208</td><td>411</td><td>80</td><td>545.27</td></tr> <tr><td>4</td><td>292</td><td>411</td><td>80</td><td>480.38</td></tr> <tr><td>5</td><td>376</td><td>411</td><td>80</td><td>600.69</td></tr> <tr><td>6</td><td>460</td><td>411</td><td>80</td><td>530.03</td></tr> <tr><td>7</td><td>40</td><td>294</td><td>80</td><td>506.35</td></tr> <tr><td>8</td><td>124</td><td>294</td><td>80</td><td>472.64</td></tr> <tr><td>9</td><td>208</td><td>294</td><td>80</td><td>591.38</td></tr> <tr><td>10</td><td>292</td><td>294</td><td>80</td><td>564.95</td></tr> <tr><td>11</td><td>376</td><td>294</td><td>80</td><td>441.73</td></tr> <tr><td>12</td><td>460</td><td>294</td><td>80</td><td>464.32</td></tr> <tr><td>13</td><td>40</td><td>177</td><td>80</td><td>477.09</td></tr> <tr><td>14</td><td>124</td><td>177</td><td>80</td><td>463.72</td></tr> <tr><td>15</td><td>208</td><td>177</td><td>80</td><td>558.49</td></tr> <tr><td>16</td><td>292</td><td>177</td><td>80</td><td>463.53</td></tr> <tr><td>17</td><td>376</td><td>177</td><td>80</td><td>369.32</td></tr> <tr><td>18</td><td>460</td><td>177</td><td>80</td><td>395.16</td></tr> <tr><td>19</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>434.29</td></tr> <tr><td>20</td><td>124</td><td>60</td><td>80</td><td>480.47</td></tr> <tr><td>21</td><td>208</td><td>60</td><td>80</td><td>430.01</td></tr> <tr><td>22</td><td>292</td><td>60</td><td>80</td><td>379.47</td></tr> <tr><td>23</td><td>376</td><td>60</td><td>80</td><td>444.14</td></tr> <tr><td>24</td><td>460</td><td>60</td><td>80</td><td>398.23</td></tr> <tr> <td colspan="4">Rata-rata</td> <td>486</td> </tr> </tbody> </table>		Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)	X	Y	Z	1	40	411	80	534.26	2	124	411	80	627.1	3	208	411	80	545.27	4	292	411	80	480.38	5	376	411	80	600.69	6	460	411	80	530.03	7	40	294	80	506.35	8	124	294	80	472.64	9	208	294	80	591.38	10	292	294	80	564.95	11	376	294	80	441.73	12	460	294	80	464.32	13	40	177	80	477.09	14	124	177	80	463.72	15	208	177	80	558.49	16	292	177	80	463.53	17	376	177	80	369.32	18	460	177	80	395.16	19	40	60	80	434.29	20	124	60	80	480.47	21	208	60	80	430.01	22	292	60	80	379.47	23	376	60	80	444.14	24	460	60	80	398.23	Rata-rata				486
Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	X	Y	Z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	40	411	80	538.76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2	124	411	80	617.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3	208	411	80	545.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4	292	411	80	499.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5	376	411	80	600.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6	460	411	80	519.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7	40	294	80	510.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
8	124	294	80	487.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
9	208	294	80	612.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10	292	294	80	561.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
11	376	294	80	461.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
12	460	294	80	465.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
13	40	177	80	478.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
14	124	177	80	468.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
15	208	177	80	567.22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	292	177	80	447.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
17	376	177	80	351.28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
18	460	177	80	405.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
19	40	60	80	429.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
20	124	60	80	482.51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
21	208	60	80	424.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
22	292	60	80	379.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
23	376	60	80	437.54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
24	460	60	80	405.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Rata-rata				487																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	X	Y	Z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	40	411	80	534.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2	124	411	80	627.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3	208	411	80	545.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4	292	411	80	480.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5	376	411	80	600.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6	460	411	80	530.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7	40	294	80	506.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
8	124	294	80	472.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
9	208	294	80	591.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10	292	294	80	564.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
11	376	294	80	441.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
12	460	294	80	464.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
13	40	177	80	477.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
14	124	177	80	463.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
15	208	177	80	558.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	292	177	80	463.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
17	376	177	80	369.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
18	460	177	80	395.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
19	40	60	80	434.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
20	124	60	80	480.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
21	208	60	80	430.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
22	292	60	80	379.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
23	376	60	80	444.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
24	460	60	80	398.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Rata-rata				486																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Titik	Koordinat			Iluminansi (Lux)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	X	Y	Z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	40	411	80	534.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
2	124	411	80	627.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
3	208	411	80	545.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
4	292	411	80	480.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
5	376	411	80	600.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
6	460	411	80	530.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
7	40	294	80	506.35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
8	124	294	80	472.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
9	208	294	80	591.38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10	292	294	80	564.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
11	376	294	80	441.73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
12	460	294	80	464.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
13	40	177	80	477.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
14	124	177	80	463.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
15	208	177	80	558.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16	292	177	80	463.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
17	376	177	80	369.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
18	460	177	80	395.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
19	40	60	80	434.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
20	124	60	80	480.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
21	208	60	80	430.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
22	292	60	80	379.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
23	376	60	80	444.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
24	460	60	80	398.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Rata-rata				486																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

PENGARUH PENGGUNAAN KOMBINASI SKYLIGHT DAN VENTILASI ATAP TERHADAP KENYAMANAN PADA PENGEMBANGAN RUMAH SEDERHANA TANPA BUKAAN SAMPING

Studi Kasus : Perumahan Pamulang Permai II tipe 21 di Tangerang

Sri Kurniasih
Teknologi Bangunan
Departemen Arsitektur
Universitas Indonesia, Depok
neea_arch@yahoo.com

Abstrak

Salah satu usaha untuk mendapatkan pencahayaan alami pada ruang pengembangan rumah sederhana, tidak bertingkat, berderet, saling bertolak belakang, dan tanpa bukaan samping serta luas lahan yang terbatas adalah dengan memanfaatkan pencahayaan alami melalui bukaan pada atap bangunan atau disebut juga dengan toplighting. Hal ini didasari atas pertimbangan atap merupakan komponen bangunan yang paling banyak menerima cahaya matahari. Namun usaha pemasukan cahaya matahari ke dalam bangunan melalui bukaan pada atap juga disertai dengan masuknya radiasi panas yang dapat mengganggu kenyamanan termal penghuni sehingga secara tidak langsung pencahayaan alami juga terkait dengan penghawaan/pengudaraan pada bangunan tersebut. Oleh sebab itu perlu adanya suatu usaha pemasukkan cahaya alami berserta pengudaraan alami yang dapat mengurangi radiasi panas matahari namun tetap memperoleh pencahayaan yang optimal, yaitu dengan penggunaan kombinasi toplighting (skylight) dan ventilasi atap berupa jendela atap.

Desain kombinasi toplighting (skylight) dan ventilasi pada bidang atap ruang pengembangan disimulasikan dengan orientasi bangunan Utara-Selatan dan Selatan-Utara baik yang menggunakan plafon datar maupun plafon miring. Ada dua tahap simulasi, tahap simulasi pencahayaan alami dan tahap simulasi pengkondisian udara pada ruang pengembangan, hasil analisis simulasi akan dibandingkan dengan hasil pengukuran kondisi eksisting. Kedua simulasi tersebut menggunakan software Ecotect v. 5.60 untuk mengetahui iluminansi rata-rata, distribusi cahaya, temperatur harian dan temperatur tahunan serta distribusi temperatur zona nyaman. Sedangkan untuk penggambaran denah bangunan dan lain-lain menggunakan perangkat lunak AutoCad 2007.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan iluminansi rata-rata ruang pengembangan dan penurunan temperatur ruang dari kondisi eksisting. Dengan penurunan temperatur dalam ruang diharapkan adanya suatu usaha perbaikan dalam memperoleh pencahayaan dan pengudaraan alami yang lebih efisien dalam penggunaan energi listrik.

Kata kunci : ruang pengembangan, pencahayaan alami, pengudaraan alami, toplighting (skylight), jendela atap.

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan pencahayaan siang hari (*daylight*) pada rumah tinggal dengan lahan yang cukup luas melalui lubang bukaan pada dinding fasade bangunan bukanlah menjadi suatu permasalahan yang rumit. Cahaya dapat masuk dari segala arah fasade bangunan karena tidak tertutup oleh batas bangunan tetangga atau bangunan lain yang lebih tinggi. Beda halnya dengan kondisi rumah-rumah yang lahannya sangat terbatas dan tidak bertingkat, usaha untuk memasukkan cahaya siang hari ke dalam ruangan dengan menggunakan lubang bukaan pada dinding fasade bangunan sangat

sulit untuk dilakukan. Ditambah lagi dengan batas bangunan yang berdempetan satu sama lain seperti pada perumahan, maka fasade bangunan yang memungkinkan dapat diolah hanya bagian depan yang menghadap jalan lingkungan saja yang merupakan *entrance* dari bangunan. Sedangkan fasade lainnya, sebelah kanan, kiri dan belakang bangunan harus tertutup oleh dinding rumah milik tetangga, kecuali pada rumah yang terletak paling pinggir dari deretan rumah yang saling berdempetan tersebut dan berbatasan langsung dengan jalan lingkungan.

Dengan luasan yang terbatas, tidak bertingkat dan dipengaruhi oleh kebutuhan ruang, maka tidak memungkinkan untuk membuat suatu ruangan terbuka (*innercourt*) di dalam bangunan untuk memasukkan cahaya alami siang hari dan pergantian udara. Dengan tujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan akan ruang yang tidak terpenuhi pada rancangan awal dari pengembang pembangunan perumahan, akibatnya kebanyakan rumah-rumah dengan lahan terbatas tersebut cenderung menghabiskan seluruh kapling lahan miliknya untuk dijadikan ruangan tambahan yang tertutup untuk memenuhi kebutuhan ruang mereka. Biasanya lahan yang sengaja disisakan pada bangunan perumahan real estate bisa berada di area belakang rumah maupun di bagian depan rumah tersebut, sisa lahan tersebut dimaksudkan untuk dapat dijadikan ruang pengembangan agar kebutuhan ruang dapat terpenuhi. Namun penutupan ruang pengembangan tersebut dapat menimbulkan ketidaknyamanan dalam ruang (ruangan menjadi pengap dan gelap) dan juga dapat mengancam keselamatan bangunan dari bencana kebakaran bila terjadi. Hal inilah yang menjadi dilema antara aspek kenyamanan dan keselamatan bangunan dengan pemenuhan kebutuhan pencahayaan dan pengudaraan ruang.

Oleh sebab itu perlu adanya suatu usaha pemasukkan cahaya alami beserta pengudaraan alami yang dapat mengurangi radiasi panas matahari namun tetap memperoleh pencahayaan yang optimal, yaitu dengan penggunaan kombinasi *toplighting* berupa *skylight* dan ventilasi atap berupa jendela atap.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah deskriptif eksperimental. Yang dimaksud dengan deskriptif yaitu berupa uraian yang didapat dari data primer yang ada di lapangan dan teori-teori dasar terkait dari beberapa literatur. Sedangkan metode eksperimental dilakukan dengan menggunakan program komputer, dalam penelitian ini program komputer yang digunakan adalah software AutoCad 2008 dan software Ecotect 5.6.

Adapun urutan metoda yang digunakan secara umum antara lain :

- a) Metode Deskriptif dengan mencari data primer di lapangan. Obyek yang diteliti adalah bangunan rumah sederhana tipe kecil pada perumahan di Kota Tangerang dan telah mengalami pengembangan pembangunan secara horizontal.
- b) Pengambilan populasi dengan cara mencari informasi mengenai perumahan sederhana yang berada di kota Tangerang yang memiliki tipe rumah kecil, berdempet, saling bertolak belakang, tidak memiliki bukaan samping, menghabiskan seluruh kapling rumah secara horizontal dan tidak bertingkat. Penentuan perumahan yang dijadikan sampel penelitian didapat dari daftar nama-nama perumahan yang berada di Kota Tangerang yang kemudian dipilih 3 (tiga) perumahan dengan kriteria tersebut di atas. Kemudian dari 3 perumahan tersebut dipilih 1 (satu) perumahan yang paling mendekati kriteria dibandingkan dengan 2 (dua) perumahan lainnya.
- c) Pengambilan sampel¹ dengan cara membuat daftar rumah-rumah yang menggunakan bukaan pada atap. Berdasarkan fenomena yang ada rumah-rumah ini memerlukan pencahayaan dan pengudaraan alami yang optimal di siang hari. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti aktifitas penghuni, bangunan tidak bertingkat, lahan terbatas, tipe rumah berderet, tidak memiliki bukaan dinding samping dan telah mengalami pengembangan pembangunan secara horizontal sehingga bangunan tertutup rapat dan menjadi gelap dan pengap, orientasi bangunan menghadap Utara – Selatan.

Dari data rumah-rumah yang menggunakan bukaan atas (*toplighting*), kemudian dilakukan pemilihan rumah secara acak sebanyak 20 rumah yang terdiri dari 10 rumah berorientasi Utara-Selatan dan 10 rumah berorientasi Selatan-Utara. Hal itu berdasarkan pertimbangan sudah menggunakan *toplighting* berupa *skylight* namun pencahayaan dan pengudaraan alami belum

¹ Untuk mendapatkan sampel, penulis sudah melakukan pengamatan tahap awal (survey awal) pada perumahan terpilih di kota Tangerang. Data yang didapat berasal dari informasi dan data yang diketahui oleh Ketua RT setempat.

optimal, aktifitas penghuni yang banyak menggunakan ruangan di siang hari, bahan bangunan sama, bentuk rumah mirip dengan jumlah kebutuhan ruang yang sama, bangunan tidak bertingkat dan letaknya berdekatan untuk mempermudah pengumpulan data.

Dari 20 rumah yang terpilih secara acak dengan orientasi Utara-Selatan dan Selatan-Utara, kemudian peneliti membatasi sampel penelitian berdasarkan tipologi pembagian ruang yang sama pada daerah pengembangan. Dengan demikian didapat 1 buah denah rumah dan 2 orientasi bangunan yaitu Selatan-Utara dan Utara-Selatan yang mewakili desain pengembangan bangunan secara horizontal pada rumah tipe 21 untuk dijadikan sampel penelitian.

Setelah mendapatkan bangunan rumah tinggal yang terpilih, langkah selanjutnya adalah survey lokasi tahap kedua untuk mendapatkan data primer. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan misalnya, data luasan bangunan, kebutuhan ruang, luas atap bangunan, bahan bangunan yang digunakan, pengonsumsi energi listrik tiap bulannya dan biaya yang dikeluarkan, aktifitas penghuni serta budaya/kebiasaan masyarakat setempat dan lain-lain. Selain itu data mengenai kondisi alam seperti perolehan pencahayaan alami pada bangunan, radiasi panas yang ditimbulkan dalam bangunan, pergerakan aliran udara pada bangunan serta faktor iklim dan cuaca yang terkait dengan penelitian. Pengukuran pencahayaan siang hari dan pengudaraan alami di dalam bangunan dilakukan pada pukul 07.00 wib, 12.00 wib dan pukul 16.00 wib, dengan alasan jam-jam tersebut merupakan jam-jam dimana matahari mengeluarkan cahaya yang efektif dan merata. Adapun perolehan data lainnya yaitu data sekunder yang didapat dari tata kota, kecamatan setempat, instansi terkait, penelitian orang lain dan lain sebagainya.

- d) Metode eksperimental yaitu simulasi komputer dengan menggunakan software

AutoCad 2008 untuk pembuatan gambar-gambar yang diperlukan seperti gambar denah, tampak dan potongan bangunan. Kemudian menggunakan software Ecotect 5.6 untuk menguji rekayasa beberapa model kombinasi desain *toplighting* dan ventilasi atap untuk mendapatkan model desain yang paling optimal dalam memasukkan pencahayaan dan pengudaraan alami ke dalam ruangan. Dari pengujian tersebut akan diketahui rekayasa model desain pengkombinasin *skylight* dan jendela atap mana yang lebih optimal dalam pencahayaan dan pengudaraan alami di dalam bangunan.

2.1. Variabel Penelitian

Dari hasil pengamatan terhadap fenomena yang terjadi di lapangan, yang dilakukan pada rumah-rumah sederhana tipe 21 (hasil pengamatan/survei dapat dilihat di lampiran), maka dengan ini dapat ditentukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual dan termal pada ruangan yang menggunakan bukaan atap (*toplighting*) *skylight* tanpa adanya bukaan samping yaitu antara lain seperti pada tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2. Variabel Penelitian

VARIABEL TETAP	VARIABEL TERIKAT	VARIABEL BEBAS
a) Bentuk Ruang	a) Tingkat Iluminansi yang diperoleh	a) Perletakan <i>skylight</i> pada atap
b) Volume Ruang	b) Nilai Perpindahan Termal Atap (RTTV)	b) Bukaan pada plafon
c) Luasan Bukaan Atap (<i>Skylight</i>)	c) Distribusi Cahaya	c) Luas ventilasi pada atap
d) Orientasi <i>Skylight</i>	d) Distribusi Temperatur Ruang	d) Letak ventilasi pada atap
e) Material <i>Skylight</i>	e) Kenyamanan Visual	
f) Material Ruang	f) Kenyamanan Termal	
g) Faktor Eksternal : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Letak Geografis ▪ Iklim ▪ Waktu ▪ Kondisi Bangunan Sekitar 		

2.2 Langkah-langkah Eksperimen

2.2.1 Kriteria Model Eksperimen

Model eksperimen ditentukan berdasarkan kriteria-kriteria sebagai berikut :

- a) Model rumah tinggal tipe 21. Hal ini berdasarkan luas rumah sederhana untuk golongan menengah ke bawah dan juga

merupakan kondisi rumah terburuk yang membutuhkan banyak tambahan ruang.

- b) Ruang yang akan diuji adalah ruang pengembangan dengan luas 4,70 m x 5,00 m. Hal ini berdasarkan hasil survai lapangan yang telah dilakukan.
- c) Luas skylight adalah 1,60 m². Didapat dari hasil perhitungan RTTV untuk luas atap pada ruang pengembangan 4,85 m x 5,15 m.
- d) Material Atap sesuai kondisi eksisting yaitu asbes.
- e) Material *Skylight* adalah *fiberglass*.
- f) Perletakan skylight yang paling optimal berdasarkan penelitian sebelumnya adalah terletak 1 buah di tengah bidang atap dengan 2 bukaan pada plafon yang tersebar merata secara simetris.
- g) Ruang atap yang berada di antara penutup atap dan plafon berfungsi untuk menahan radiasi, oleh karena itu plafon termasuk variable dalam model eksperimen. Plafon yang digunakan pada model eksperimen adalah plafon datar dan plafon miring.

2.2.2 Variabel Model Eksperimen

Berdasarkan tahap penelitian yang akan dilakukan sebanyak 2 kali simulasi untuk menguji kinerja kombinasi *toplighting* (*skylight*) dan jendela atap terhadap pencahayaan alami dan pengondisian udaranya, maka variabel-variabel pengaruh yang akan diuji adalah sebagai berikut :

- a) Ada tiga elemen atap/ruang yang berpengaruh terhadap tingkat pencahayaan dan pengudaraan yang masuk melalui bukaan atap, yaitu *skylight*, jendela atap dan plafon/*ceiling*.
- b) Model ditentukan berdasarkan variable yang akan diuji yang diperoleh dari hasil pengamatan pada rumah-rumah sederhana sesuai dengan kasus penelitian, yaitu :
 - Perletakan *skylight* dan jendela atap yaitu satu buah kombinasi *skylight* dan jendela atap di tengah bidang atap.
 - Perletakan bukaan pada plafon yaitu dua buah yang terletak secara simetri di tepi bidang plafon.
 - Derajat kemiringan atap yang akan disimulasikan adalah kemiringan atap 10°.

- Tinggi atau jarak plafon dengan penutup atap (volume ruang atap) dan tinggi ruangan dari lantai ke plafon (volume ruangan).

Volume ruang atap tergantung pada tinggi ruangan dari lantai ke plafon, sedangkan volume ruang pengembangan dipengaruhi oleh sudut kemiringan atap, dalam penelitian ini sudut kemiringan atap 10°. Dengan demikian ketinggian plafon dari lantai adalah 2,33 m untuk plafon datar dan 1,90 m – 2,70 m untuk plafon miring.

- Waktu pengujian

Waktu yang dipilih berdasarkan hasil pergerakan matahari dan hasil penelitian mengenai intensitas sinar matahari yang mengenai bumi² adalah Tanggal 21 September, dimana matahari tepat sejajar dengan equator. Selain itu pada bulan September intensitas matahari yang mengenai bumi paling besar dibandingkan dengan bulan lainnya.

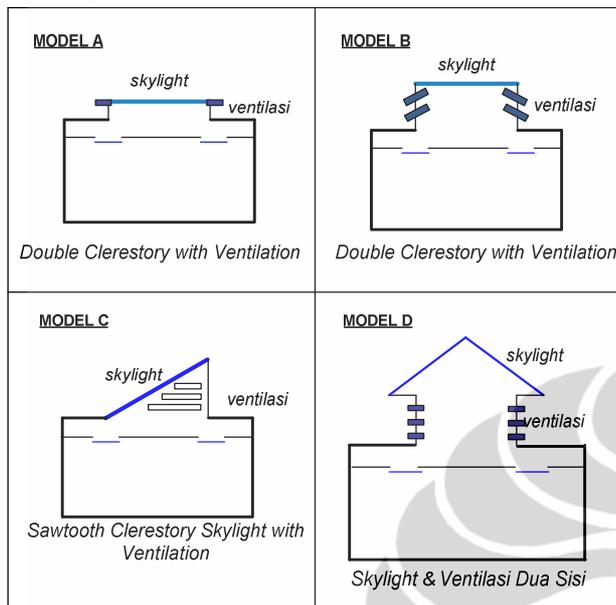
Sedangkan dalam satu hari model akan disimulasikan sebanyak 3 kali, yaitu :

- Pagi pukul 07.00 WIB, dimana pada jam ini lampu penerangan sudah tidak digunakan dan sinar matahari sudah mulai dirasakan.
- Siang pukul 12.00 WIB, dimana matahari berada pada titik tertinggi di atas kepala.
- Sore pukul 16.00 WIB, dimana sinar matahari sudah mulai berkurang dan menjelang pukul 17.00 lampu listrik sebagai penerangan sudah mulai digunakan kembali.

- c) Orientasi bangunan yang disimulasikan adalah Selatan-Utara dan Utara-Selatan.
- d) Orientasi dari bukaan jendela atap adalah Timur-Barat.
- e) Model dari kombinasi skylight dan jendela atap yang digunakan pada simulasi yaitu berbentuk *celestory* dan ventilasi dua sisi.

² Mintorogo, Danny Santoso, *Skylight Adjusted in Surabaya-Indonesia, An Experimental Scale Model to Passive Lighting System for Energy Saving*, Proceeding SENVAR, 2003.

Gambar 2.1 di bawah ini menunjukkan bentuk model-model kombinasi *skylight* dan jendela atap :



Gambar 2.1. Model-model Desain Kombinasi *Skylight* dan Jendela Atap

2.2.3. Asumsi dan Batasan dalam Simulasi Model Eksperimen

Asumsi dan batasan dalam simulasi komputer digunakan untuk mengkondisikan lingkungan dari model bangunan. Hal ini dilakukan karena simulasi tidak dapat mewakili secara tepat kondisi nyata di lapangan. Pada keadaan sebenarnya suatu bangunan akan berada pada suatu lingkungan dengan terdapat beberapa hambatan yang sulit untuk diprediksikan, seperti adanya vegetasi, topografi, bangunan di sekitarnya dan lain-lain.

Asumsi dan batasan juga berguna untuk menyamakan kondisi tiap-tiap model supaya memberikan kemudahan dalam melakukan perbandingan hasilnya.

Dengan demikian diperlukan suatu asumsi-asumsi sebagai batasan dalam melakukan eksperimen ini, yaitu :

- Pada simulasi, langit dikondisikan dalam kondisi overcast sky, kondisi dimana awan menaungi langit sebanyak 95%. Waktu dimana kondisi langit dan intensitas sinar matahari yang diterima bumi cukup tinggi

adalah pada bulan Agustus sampai dengan September.

- Ruangan diasumsikan tertutup tanpa adanya bukaan dari samping. Sumber pencahayaan alami hanya didapat dari bukaan yang ada pada atap dan plafon.
- Lingkungan sekitar bangunan diasumsikan bebas dari hambatan, baik hambatan yang akan mempengaruhi sinar matahari yang menimpa atap maupun hambatan yang akan mempengaruhi pengkondisian udara.
- Kondisi dinding ruangan diasumsikan bukan merupakan sumber panas karena berbatasan langsung dengan ruang/bangunan lain sehingga tidak terkena sinar matahari langsung.
- Simulasi tidak dirancang terhadap pengaruh kelembaban udara.

IV. KONDISI EKSISTING STUDI KASUS

4.1 Usaha Pemasukan Cahaya dan Udara Alami

Usaha-usaha yang dilakukan oleh masyarakat Perumahan Pamulang Permai II pada rumah tipe 21 di Tangerang yang sudah mengalami pengembangan pembangunan secara horizontal dalam memasukkan pencahayaan dan pengudaraan alami yaitu dengan membuat bukaan pada atap dan plafon (*skylight*) di daerah pengembangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Usaha-usaha yang dilakukan masyarakat untuk memasukkan pencahayaan

4.2 Pengukuran pada Kondisi Eksisting

Pengukuran kondisi eksisting yang dilakukan pada beberapa rumah menggunakan *Luxmeter* atau *Lightmeter Lutron LX-103* untuk mengukur Intensitas Cahaya (lux) dan *Anemometer* untuk mengukur suhu/temperatur ruang pada daerah pengembangan horizontal. Pada tahap survai awal, peneliti melakukan pengukuran pada beberapa rumah yang menjadi sampel penelitian, hasil pengukurannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Hasil Pengukuran di Lapangan

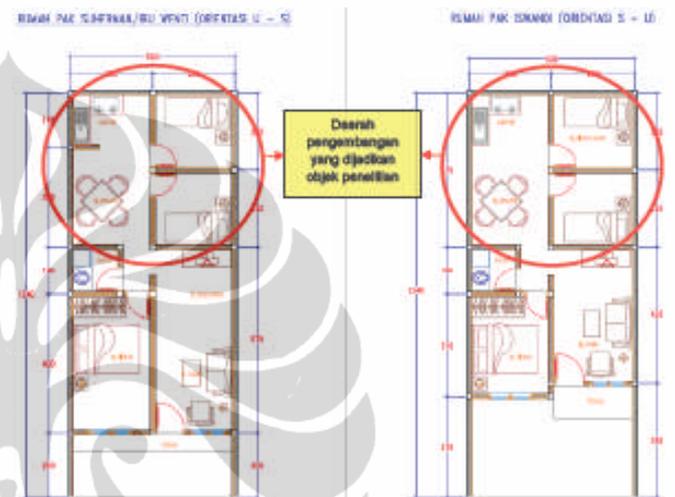
Responden (Rumah)	Pukul 12.00 WIB		Pukul 16.00 WIB		Kecepatan Angin/Velocity (m/s)
	Intensitas Cahaya (Lux)	Temperatur Ruang (°C)	Intensitas Cahaya (Lux)	Temperatur Ruang (°C)	
Rumah 1	300	32,2	300	32	0
Rumah 2	189	32,9	189	32,1	0
Rumah 3	189	32,9	189	32,5	0
Rumah 4	1500	32,8	1495	32,2	0
Rumah 6	212	32,1	210	32	0
Rumah 8	265	32,1	264	32,1	0
Rumah 7	1650	33,3	1635	32,7	0
Rumah 8	335	32,3	335	32,3	0,2
Rumah 9	325	32,5	325	32,2	0
Rumah 10	18	33	15	33	0
Rumah 11	125	32,1	125	32,1	0
Rumah 12	300	32,2	300	32,2	0
Rumah 13	325	32,5	320	32,1	0
Rumah 14	225	33,7	225	33,5	0
Rumah 16	600	33,4	595	33	0
Rumah 18	215	32,6	215	32,6	0
Rumah 17	103	33,2	103	33,2	0
Rumah 18	705	33,1	705	33,1	0
Rumah 19	300	32,3	300	32,3	0
Rumah 20	121	32,5	121	32,5	0

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dapat diketahui bahwa sebagian besar Intensitas cahaya pada beberapa rumah yang menggunakan bukaan atas (*toplighting*) belum memenuhi standar pencahayaan alami untuk daerah pengembangan yang berdasarkan tipologi ruang paling banyak difungsikan sebagai dapur dan ruang makan. Sedangkan temperatur rata-rata ruangan adalah 31,35°C dan kecepatan angin 0 m/s.

Posisi bukaan atas (*skylight*) hampir pada semua rumah di letakkan pada area dapur dan ruang makan. Namun berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, tingkat pencahayaan (Illuminansi) yang didapat belum sesuai dengan standar kondisi pencahayaan minimal pada rumah tinggal. Oleh sebab itu perlu adanya suatu perbaikan guna memenuhi standar kenyamanan visual maupun termal.

4.3. Objek Penelitian

Pengukuran dilakukan pada sampel rumah terpilih yang mewakili komposisi pembagian ruang yang sama, bangunan tidak bertingkat serta menggunakan bukaan atap (*skylight*). Dalam hal ini sampel rumah yang digunakan adalah 1 buah rumah dengan orientasi Utara-Selatan dan 1 buah rumah dengan orientasi Selatan-Utara dimana komposisi pembagian ruang pada daerah pengembangan secara horizontal ditunjukkan pada gambar 3.2.

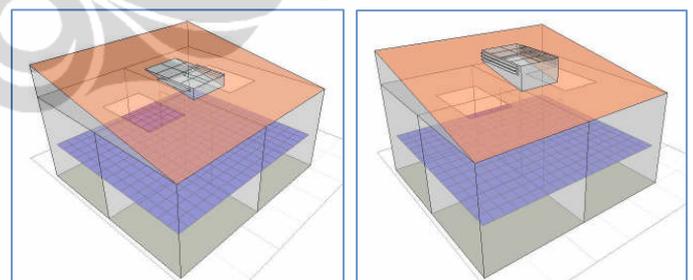


Denah setelah Pengmebangan Denah setelah Pengmebangan

Gambar 3.2. Daerah pengembangan yang dijadikan objek penelitian

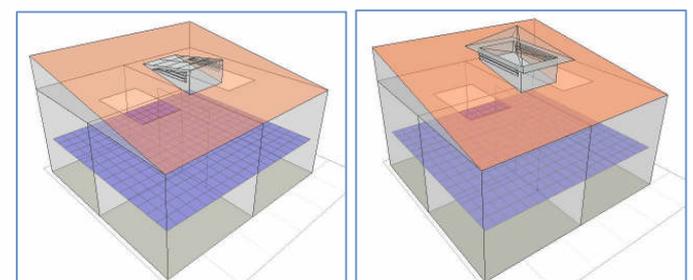
4.4 Model Simulasi

4.4.1 Model dengan Plafon Datar



Model A-Datar

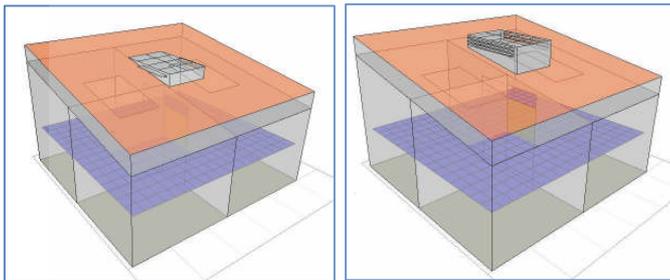
Model B-Datar



Model C-Datar

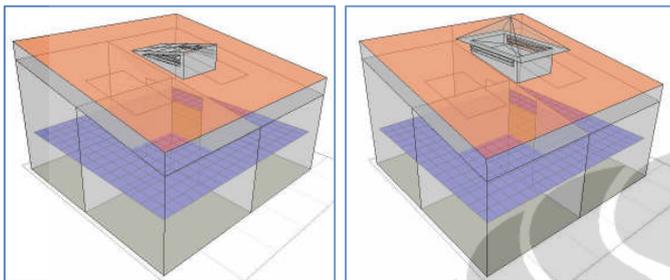
Model D-Datar

4.4.2 Model dengan Plafon Miring



Model A-Datar

Model B-Datar



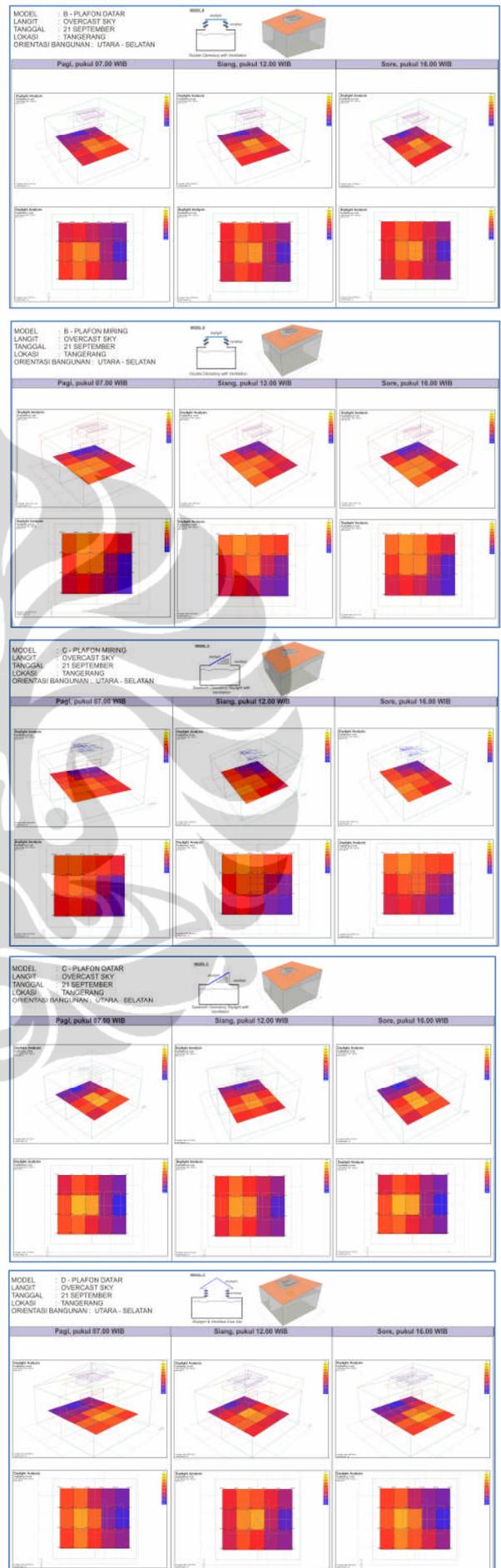
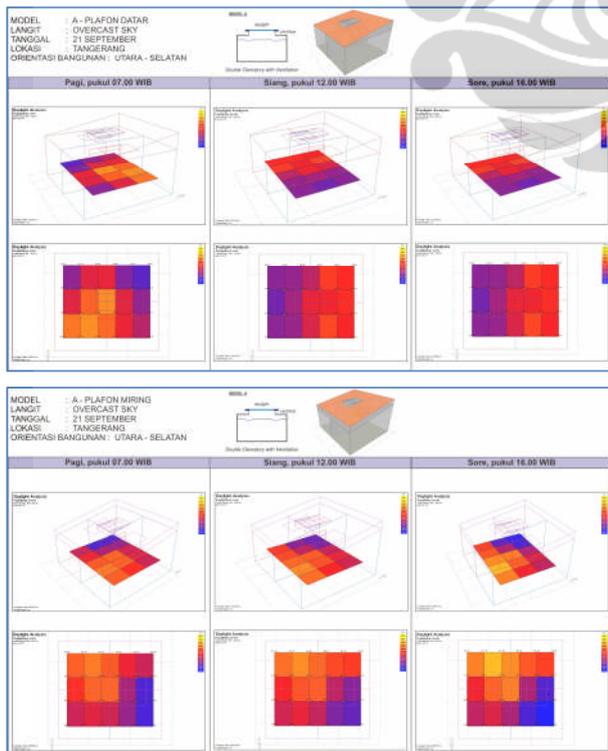
Model C-Datar

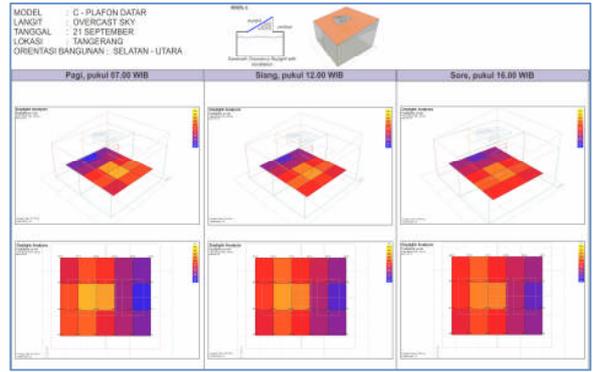
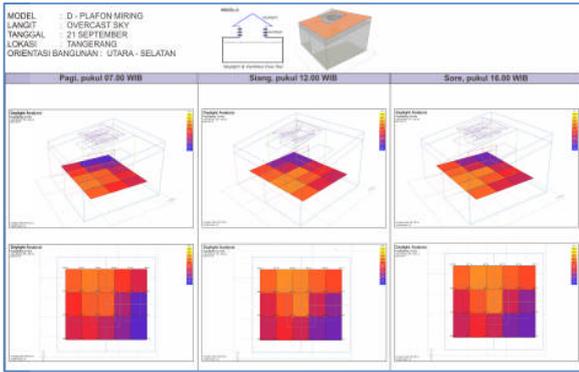
Model D-Datar

Bidang warna biru dengan garis-garis grid menunjukkan letak kamera untuk view interior dan titik ukur luxmeter pada bidang kerja. Bidang kerja ini diletakkan setinggi 80 cm dari bidang lantai.

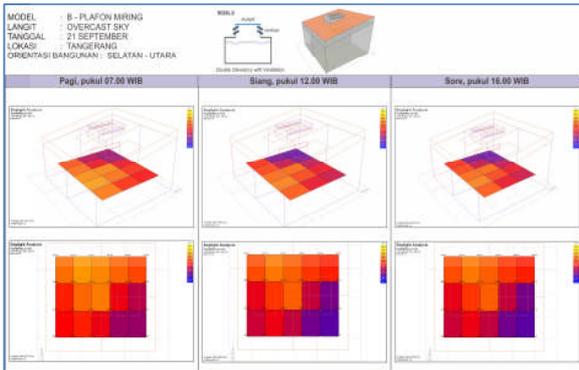
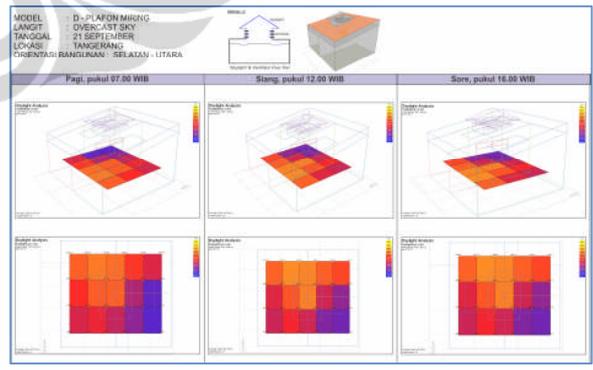
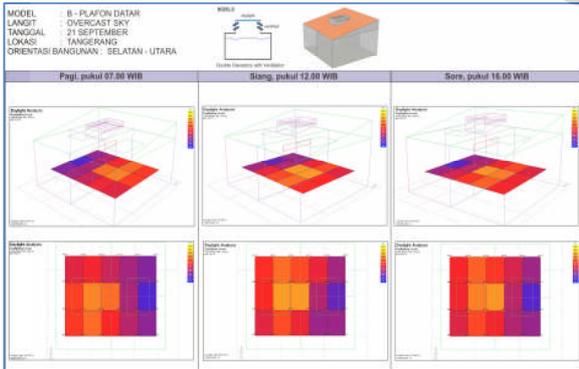
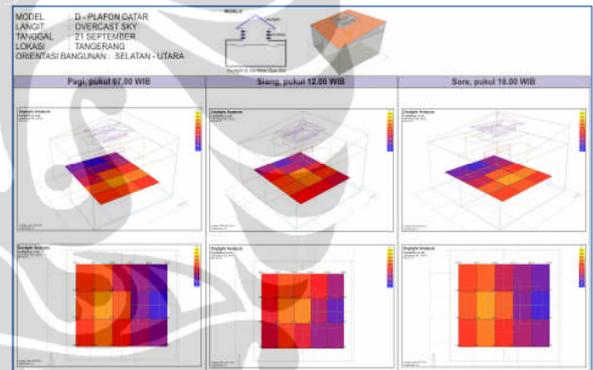
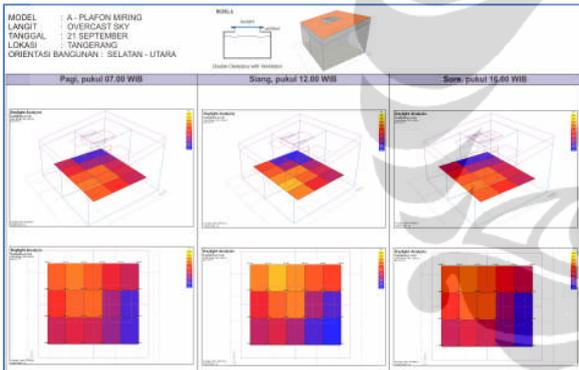
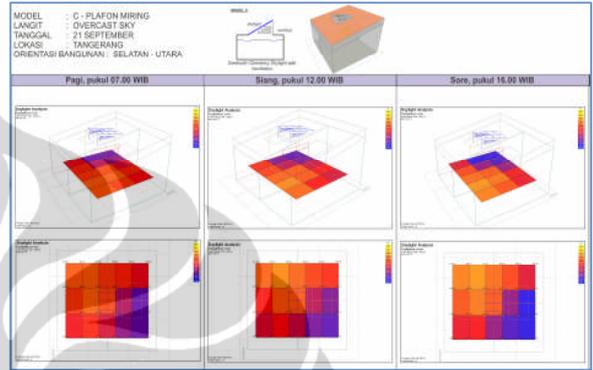
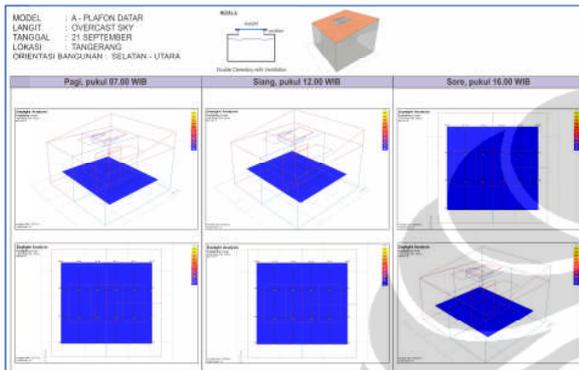
V. HASIL SIMULASI PENCAHAYAAN ALAMI DENGAN ECOTECT V. 5.60

5.1 Orientasi Bangunan Utara – Selatan





5.2 Orientasi Bangunan Selatan - Utara



Tabel 5.1. Analisis Pemilihan Model dengan Plafon Datar dan Miring Terpilih pada Orientasi Bangunan Utara - Selatan

Model dengan Plafon Datar

Model	Jam (WIB)	Tingkat Iluminansi			Glare	Distribusi			Memenuhi Syarat
		<100	100-500	>500		Merata	Tidak		
A-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
B-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
C-Datar	7.00		✓		✓		✓		
	12.00		✓		✓		✓		
	16.00		✓		✓		✓		
D-Datar	7.00		✓		✓		✓		
	12.00		✓		✓		✓		
	16.00		✓		✓		✓		

Model dengan Plafon Miring

Model	Jam (WIB)	Tingkat Iluminansi			Glare	Distribusi			Memenuhi Syarat
		<100	100-500	>500		Merata	Tidak		
A-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
B-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
C-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
D-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		

Dengan nilai iluminansi yang paling optimal. Namun model yang terpilih pada kondisi simulasi ini selain ditentukan oleh nilai intensitas optimal tetapi juga berdasarkan ketentuan seperti dalam tabel di atas. Dengan demikian model terpilih dengan kondisi simulasi ini adalah :

- Model dengan Plafon Datar yaitu **model B-Datar**
- Model dengan Plafon Miring yaitu **model C-Miring**

5.2. ORIENTASI Bangunan Selatan - Utara

• Model dengan Plafon Datar

Tabel 5.1. Analisis Pemilihan Model dengan Plafon Datar dan Miring Terpilih pada Orientasi Bangunan Selatan - Utara

Model dengan Plafon Datar

Model	Jam (WIB)	Tingkat Iluminansi			Glare	Distribusi			Memenuhi Syarat
		<100	100-500	>500		Merata	Tidak		
A-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
B-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
C-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
D-Datar	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		

Model dengan Plafon Miring

Model	Jam (WIB)	Tingkat Iluminansi			Glare	Distribusi			Memenuhi Syarat
		<100	100-500	>500		Merata	Tidak		
A-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
B-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
C-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		
D-Miring	7.00		✓				✓		
	12.00		✓				✓		
	16.00		✓				✓		

Hasil simulasi pada model uji terhadap pencahayaan alami dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) Secara umum iluminansi rata-rata yang terjadi pada daerah pengembangan model dengan plafon datar mengalami peningkatan dari kondisi eksisting, distribusi cahaya melalui kombinasi *skylight* dan jendela atap di dalam ruangan cukup merata dan tidak mengalami penyilauan yang berarti di dalam ruang.
- b) Model yang paling efektif dalam memasukkan dan mendistribusikan cahaya secara merata dan stabil sepanjang hari ke dalam ruangan serta dapat menurunkan temperatur ruang dari temperatur kondisi eksisting adalah *Model B* untuk ruang pengembangan dengan plafon datar dan miring baik untuk orientasi Utara-Selatan maupun Selatan-Utara. Pada model ini bukaan pada atap berbentuk *double clerestory* yang terletak di tengah bidang atap miring dengan sudut kemiringan 10° berjumlah 1 buah dengan luas bukaan atap 1,6 m² yaitu 1,00 m x 1,60 m, lubang bukaan pada plafon datar berjumlah 2 buah yang letaknya tersebar sejajar dan tidak berada tepat di bawah bukaan atap (*skylight*). Jendela pada bidang *clerestory* dengan tinggi jendela 26,8 cm dan 53,6 cm, dimensi lubang bukaan jendela 5 cm x 140 cm dengan orientasi bukaan jendela Timur-Barat.
- c) Desain kombinasi toplighting (*skylight*) dan jendela atap yang paling efektif adalah menaikkan lubang bukaan pada atap dan memberikan lubang-lubang bukaan pada

bidang dinding bukaan atap yang dinaikkan, sehingga aliran udara dapat masuk ke dalam ruang melalui bukaan pada bidang dinding bukaan atap yang dinaikkan.

Berdasarkan hasil perbandingan nilai iluminansi yang terjadi pada masing-masing model dengan plafon datar dan miring, model D-Datar dan B-Miring merupakan model dengan nilai iluminansi yang paling optimal. Namun model yang terpilih pada kondisi simulasi ini selain ditentukan oleh nilai intensitas optimal tetapi juga berdasarkan ketentuan seperti dalam tabel di atas. Dengan demikian model terpilih dengan kondisi simulasi ini adalah :

- ➔ Model dengan Plafon Datar yaitu **model C-Datar**
- ➔ Model dengan Plafon Miring yaitu **model B-Miring**

VI. HASIL SIMULASI PENGKONDISIAN UDARA DENGAN ECOTECT V. 5.60

ORIENTASI UTARA - SELATAN (21 September)

MODEL	JENIS PLAFON	TEMPERATUR HARIAN				DISTRIBUSI ZONA NYAMAN
		07.00 WIB	12.00 WIB	16.00 WIB	RATA-RATA	WAKTU (1 TAHUN)
A	DATAR	28.7°C	29.4°C	29.6°C	29°C	2161 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2117 jam
B	DATAR	28.7°C	29.5°C	29.7°C	29°C	2895 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.7°C	29.1°C	2133 jam
C	DATAR	28.7°C	29.5°C	29.7°C	29°C	2171 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.7°C	29.1°C	2127 jam
D	DATAR	28.7°C	29.4°C	29.6°C	29°C	2163 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2119 jam

ORIENTASI SELATAN - UTARA (21 September)

MODEL	JENIS PLAFON	TEMPERATUR HARIAN				DISTRIBUSI ZONA NYAMAN
		07.00 WIB	12.00 WIB	16.00 WIB	RATA-RATA	WAKTU (1 TAHUN)
A	DATAR	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2121 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2101 jam
B	DATAR	28.7°C	29.6°C	29.7°C	29.1°C	2137 jam
	MIRING	28.7°C	29.6°C	29.6°C	29.1°C	2129 jam
C	DATAR	28.7°C	29.6°C	29.6°C	29.1°C	2128 jam
	MIRING	28.7°C	29.6°C	29.6°C	29.1°C	2117 jam
D	DATAR	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2124 jam
	MIRING	28.7°C	29.5°C	29.6°C	29.1°C	2102 jam

Pada simulasi ini secara umum temperatur dalam ruang dapat diturunkan dari kondisi eksisting dan mendekati zona nyaman dan nyaman hangat dengan temperatur di dalam ruang selama satu tahun berkisar antara 24°C sampai dengan 32°C dengan total waktu berlangsung selama 8760 jam. Sedangkan kondisi temperature pada model terpilih yaitu

Model B dengan plafon datar dan miring baik untuk orientasi bangunan Utara-Selatan maupun Selatan-Utara mempunyai temperatur zona nyaman terlama dalam satu tahun. Dengan demikian penggunaan model uji yang terpilih ini dapat memperbaiki kondisi termal ruang pengembangan dari kondisi eksisting.

VII. HASIL SIMULASI PENCAHAYAAN ALAMI DAN PENGKONDISIAN UDARA DENGAN ECOTECT V. 5.60

ORIENTASI UTARA - SELATAN (21 September)

MODEL	ILUMINANSI RATA-RATA	JAM (WIB)	DISTRIBUSI CAHAYA		TEMPERATUR HARIAN °C	DISTRIBUSI ZONA NYAMAN		
			MERATA	TIDAK		RATA-RATA	WAKTU (1 TAHUN)	%
A-DATAR	167 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29°C	2161 jam	24.7
		12.00	✓	✓	29.4°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
B-DATAR	477 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29°C	2895 jam	24.9
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.7°C			
C-DATAR	478 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29°C	2171 jam	24.8
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.7°C			
D-DATAR	480 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29°C	2163 jam	24.7
		12.00	✓	✓	29.4°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
A-MIRING	483 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2117 jam	24.1
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
B-MIRING	481 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2133 jam	24.4
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.7°C			
C-MIRING	486 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2127 jam	24.3
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.7°C			
D-MIRING	484 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2119 jam	24.4
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			

Tabel 7.1. Hasil Analisis Simulasi Pencahayaan Alami & Pengkondisian Udara Pemilihan Model Terpilih pada Orientasi Bangunan Utara - Selatan

ORIENTASI SELATAN-UTARA (21 September)

MODEL	ILUMINANSI RATA-RATA	JAM (WIB)	DISTRIBUSI CAHAYA		TEMPERATUR HARIAN °C	DISTRIBUSI ZONA NYAMAN		
			MERATA	TIDAK		RATA-RATA	WAKTU (1 TAHUN)	%
A-DATAR	187 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2121 jam	24.2
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
B-DATAR	478 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2137 jam	24.4
		12.00	✓	✓	29.6°C			
		16.00	✓	✓	29.7°C			
C-DATAR	479 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2128 jam	24.3
		12.00	✓	✓	29.6°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
D-DATAR	480 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2134 jam	24.2
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
A-MIRING	482 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2101 jam	24.1
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
B-MIRING	485 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2129 jam	24.3
		12.00	✓	✓	29.6°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
C-MIRING	484 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2117 jam	24.1
		12.00	✓	✓	29.6°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			
D-MIRING	484 lux	7.00	✓	✓	28.7°C	29.1°C	2102 jam	24.2
		12.00	✓	✓	29.5°C			
		16.00	✓	✓	29.6°C			

Tabel 7.2. Hasil Analisis Simulasi Pencahayaan Alami & Pengkondisian Udara Pemilihan Model Terpilih pada Orientasi Bangunan Selatan - Utara

Berdasarkan tabel di atas, maka model terpilih yang paling optimal dalam memasukkan dan mendistribusikan cahaya serta mampu menurunkan suhu ruang dengan distribusi udara zona nyaman terlama adalah :

1. Orientasi bangunan Utara – Selatan

- Untuk Plafon Datar adalah **Model B – Datar**
- Untuk Plafon Miring adalah **Model B – Miring**

2. Orientasi bangunan Selatan - Utara

- Untuk Plafon Datar adalah **Model B – Datar**
- Untuk Plafon Miring adalah **Model B – Datar**

VIII. KESIMPULAN HASIL SIMULASI

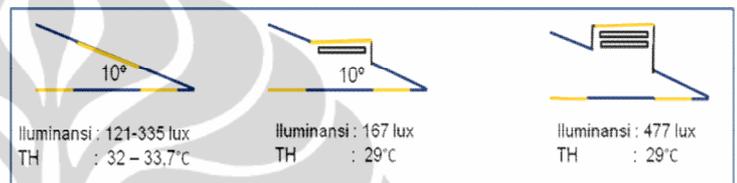
a) Bukaan pada atap bangunan yang disertai dengan jendela atap terbukti dapat menurunkan temperatur ruang dari panas cahaya matahari.

b) Iluminansi rata-rata yang terjadi pada model kombinasi toplighting *skylight* dan jendela atap secara keseluruhan pada ruang pengembangan dengan plafon miring lebih besar dibandingkan pada ruang pengembangan dengan plafon datar.

c) Selain itu penggunaan model kombinasi *skylight* dan jendela atap pada ruang pengembangan dengan bentuk plafon datar dengan atap miring (10°) dapat menurunkan suhu ruang (dari $33,7^\circ\text{C}$ menjadi 29°C) dan mempunyai distribusi temperatur zona nyaman terlama dalam satu tahun yaitu 2516 jam dibandingkan dengan bentuk plafon miring dengan atap miring (10°) yaitu 2131 jam.

d) Penggunaan dari kombinasi *skylight* dan jendela atap berpengaruh terhadap iluminansi dan temperatur yang terjadi di dalam ruang pengembangan dibandingkan dengan hanya menggunakan *skylight* saja.

Pada gambar 8.1, iluminansi yang terjadi pada ruang yang hanya menggunakan *skylight* terbukti lebih rendah dibandingkan dengan ruang yang menggunakan kombinasi *skylight* dan jendela atap. Sedangkan temperatur harian yang terjadi pada ruang yang menggunakan kombinasi *skylight* dan jendela atap terbukti dapat menurunkan temperatur harian dibandingkan dengan ruangan yang hanya menggunakan *skylight*.

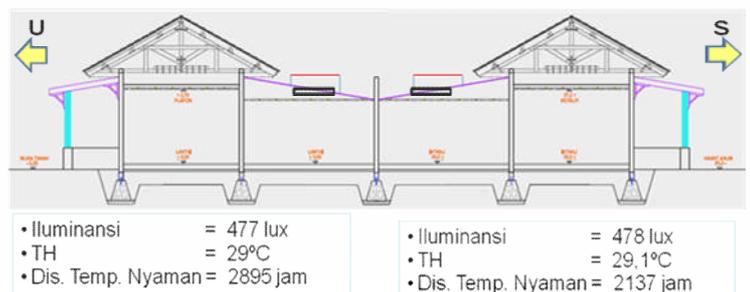


Gambar 8.1. Perbandingan penggunaan skylight+jendela atap

e) Distribusi temperatur zona nyaman yang terjadi untuk seluruh model terbukti pada orientasi bangunan Utara-Selatan lebih lama waktunya dalam satu tahun (17886 jam) dibandingkan dengan distribusi temperatur zona nyaman yang terjadi pada orientasi bangunan Selatan-Utara (16959 jam).

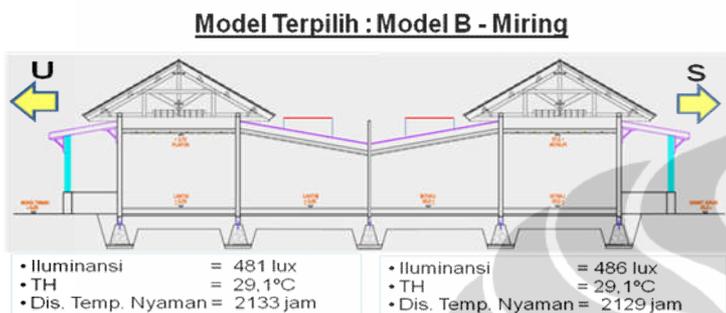
f) Orientasi Bangunan berpengaruh terhadap Iluminansi dan distribusi temperatur dalam ruang. Gambar 8.2 menjelaskan pada ruang pengembangan yang menggunakan *plafon datar* dengan bangunan yang menghadap Utara lebih baik dalam hal perolehan temperatur harian dan lamanya distribusi temperatur zona nyaman dibandingkan dengan bangunan yang menghadap Selatan. Namun untuk iluminansi yang terjadi, bangunan yang menghadap Selatan lebih baik daripada bangunan yang menghadap Utara.

Model Terpilih : Model B - Datar



Gambar 8.2. Perbandingan Hasil Simulasi Model Terpilih dengan Plafon Datar pada 2 Arah Hadap Bangunan

Gambar 8.3 menjelaskan pada ruang pengembangan yang menggunakan *plafon miring* dengan bangunan yang menghadap Utara lebih baik dalam hal perolehan waktu lamanya distribusi temperatur zona nyaman, dibandingkan dengan bangunan yang menghadap Selatan. Namun untuk perolehan iluminansi yang terjadi, bangunan yang menghadap Selatan lebih baik daripada bangunan yang menghadap Utara.



Gambar 8.3. Perbandingan Hasil Simulasi Model Terpilih dengan Plafon Miring pada 2 Arah Hadap Bangunan

g) Berdasarkan analisa gambar 8.2 dan gambar 8.3, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan kombinasi *skylight* dan jendela atap dipengaruhi oleh:

➔ Bentuk plafon;

“Ruang yang menggunakan plafon miring akan memperoleh iluminansi lebih tinggi daripada plafon datar, namun temperatur ruang yang didapat berbanding terbalik”.

➔ Arah hadap Bangunan;

“Ruang pengembangan dengan arah hadap bangunan ke Utara akan memperoleh iluminansi yang cukup, distribusi temperatur nyaman yang lebih lama daripada ruang pengembangan dengan arah hadap bangunan ke Selatan, sedangkan temperatur harian yang terjadi cenderung sama pada ke-dua arah hadap bangunan.

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis hasil simulasi tahap 1: simulasi pencahayaan alami dan tahap 2: simulasi pengkondisian udara

pada empat model kombinasi toplighting (*skylight*) dan jendela atap di ruang pengembangan dari rumah tipe 21 m² yang menggunakan plafon datar dan miring baik pada orientasi bangunan Utara-Selatan maupun orientasi bangunan Selatan-Utara di kota Tangerang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

a) Secara umum penggunaan model kombinasi bukaan pada atap (*skylight* + jendela atap) terhadap pencahayaan dan pengkondisian udara secara alami, terbukti meningkatkan iluminansi rata-rata dan distribusi cahaya cukup merata yang masuk ke dalam ruang pengembangan dan terjadinya penurunan temperatur ruang.

b) Penggunaan kombinasi toplighting (*skylight*) dan jendela atap pada daerah/ruang pengembangan rumah tipe kecil, berderet, saling bertolak belakang, tanpa bukaan samping, merupakan model bukaan atap yang paling efektif dibandingkan dengan hanya menggunakan *skylight* saja dalam usaha memasukkan pencahayaan alami dan pengudaraan alami.

c) Model yang paling efektif dalam memasukkan dan mendistribusikan cahaya secara merata dan stabil sepanjang hari ke dalam ruangan serta dapat menurunkan temperatur ruang dari temperatur kondisi eksisting adalah *Model B* untuk ruang pengembangan dengan plafon datar dan miring baik untuk orientasi Utara-Selatan maupun Selatan-Utara. Pada model ini bukaan pada atap berbentuk *double clerestory* yang terletak di tengah bidang atap miring dengan sudut kemiringan 10° berjumlah 1 buah dengan luas bukaan atap 1,6 m² yaitu 1,00 m x 1,60 m, lubang bukaan pada plafon datar berjumlah 2 buah yang letaknya tersebar sejajar dan tidak berada tepat di bawah bukaan atap (*skylight*). Jendela pada bidang *clerestory* dengan tinggi jendela 26,8 cm dan 53,6 cm, dimensi lubang bukaan jendela 5 cm x 140 cm dengan orientasi bukaan jendela Timur-Barat.

Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa penggunaan kombinasi skylight dan jendela atap serta bukaan pada plafon mampu mengendalikan dan memasukkan cahaya beserta udara ke dalam ruang, sehingga dapat meningkatkan intensitas cahaya (*lux*) dan menurunkan temperatur panas ($^{\circ}\text{C}$) pada ruang pengembangan tanpa bukaan samping.

9.2. SARAN

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen yang menggunakan simulasi komputer. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan baik untuk simulasi pencahayaan siang hari maupun pengkondisian udara memiliki keterbatasan-keterbatasan dan asumsi-asumsi dengan tujuan mempermudah proses simulasi.

Dengan demikian sebenarnya masih dimungkinkan untuk dilakukan eksperimen pengembangan dengan menggunakan variable-variabel yang lebih detail dan asumsi-asumsi yang lebih mendekati kenyataan sebenarnya di lapangan. Pada penelitian ini hanya meneliti iluminansi, distribusi cahaya yang masuk ke dalam ruang dan penurunan temperatur ruang yang berpengaruh pada tingkat kenyamanan termal. Faktor penentu kenyamanan termal lain yang belum diteliti antara lain, kelembaban dan kecepatan angin. Lokasi penelitian ini dilakukan di kota Tangerang yang mempunyai titik koordinat hampir sama dengan kota Jakarta, maka perlu diteliti lebih lanjut untuk lokasi penelitian lainnya.

Sedangkan dari segi arsitektur, penggunaan model kombinasi skylight dan jendela atap pada kondisi rumah sederhana, berderet, saling bertolak belakang, tanpa bukaan samping, dan tidak bertingkat dapat disesuaikan dengan bentuk plafon yang digunakan, arah hadap bangunan dan model jendela atap berdasarkan hasil penelitian dengan demikian pengguna dapat mengetahui perbandingan dari berbagai model dalam hal memasukkan pencahayaan dan pengudaraan alami ke dalam bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Egan, David. M, Olgyay, Victor. (2002), *Architectural Lighting*, McGraw-Hill, New York
- Evans, Benjamin H. (1981), *Daylight In Architecture*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Frick, Heinz, Ardiyanto, Antonius, Darmawan, AMS. (2008), *Ilmu Fisika Bangunan*, Seri Konstruksi Arsitektur 8, Penerbit Kanisius, Universitas Soegijapranata
- Karyono, Tri Harso. (2001), *Teori dan Acuan Kenyamanan Termis dqlam Arsitektur*, Catur Libra Optima, Jakarta
- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay. (1973), *Manual of Tropical Housing and Building, Part I Climatic Design*, Longman Group Limited, London
- Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*, SNI 03-6389-2000, Badan Standarisasi Nasional
- Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*, SNI 03-6197-2000, Badan Standarisasi Nasional
- Lam, William M.C. (1991), *Sunlighting as Formgiver for Architecture*, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Lechner, Norbert. (2001), *Heating, Cooling, Lighting, Design Methods for Architects*, John Wiley & Sons, New York
- Lippsmeier, George. (1997), *Bangunan Tropis*, Erlangga, Jakarta
- Mangunwijaya, YB . (1997), *Pengantar Fisika Bangunan*, Djambatan, Jakarta
- Mintorogo, Dany Santoso. (2003), *Skylight Adjusted in Surabaya-Indonesia An Experimental Scale Model to Passive Lighting System for Energy Saving*, Proceeding SENVAR
- Nugroho, Agung Murti. (2009), PhD, *The Optimalization of Natural Ventilation Through Window and Overhang Combination of House Building In Malang*, Prosiding Seminar Naional Universitas Budi Luhur

- Pekerjaan Umum, Departemen, *Tata Cara Perancangan Penerangan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung dan Penerangan Buatan di dalam Gedung*, Yayasan Lembaga Penelitian Masalah Bangunan (LPMB)
- Phillips, Derek. (2004), *Daylighting; Natural Light in Architecture*, Architectural Press
- Poerbo, Hartono, Ir, M.Arc. (1992), *Utilitas Bangunan*, Djambatan, Jakarta
- Sasongko, Bayu. (2005), Optimasi Skylight untuk Pencahayaan Siang Hari dan Pengkondisian Udara Alami Pada Ruangan Tanpa Buka-an Samping, Departemen Arsitektur ITB, Bandung
- Satwiko, Prasasto. (2004), *Fisika Bangunan*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Soegijanto. (1999), *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*, Dirjen Dikti
- Surjamanto W. (1997), *Pengaruh Ventilasi Atap terhadap Kenyamanan Termal di dalam Bangunan*, Departemen Arsitektur ITB, Bandung
- Surjamanto W, Asmaningprojo, Aswito, Ir. (2000), *Iklim dan Arsitektur*, Catatan Kuliah, Penerbit ITB, Bandung
- Supranto J, Prof. Drs. (2003), *Metode Riset*, Edisi Revisi ke-7, PT Rineka Cipta, Jakarta
- Tangoro, Dwi, Ir. (1999), *Utilitas Bangunan*, UI Press, Jakarta
- Torcellini P, Edwards L. (2002), *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*, National Renewable Energy Laboratory, Boulevard Golden, Colorado

<http://www.merriam-webster.com>, 10 September 2009

<http://www.designcenter.umn.edu/housingtypes>, 12 September 2009
<http://www.wikipedia.org/AutoCad> , 6 Oktober 2009