

PERBANDINGAN METODE SPLIT FLUX DAN METODA DESIGN CHART DALAM PERHITUNGAN CAHAYA ALAMI RUANG (DF)

Oleh:

Ikhwanuddin

Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY

Abstract

Friendly environmental building design using alternative energy planning will be a trend in the future. Supplying the needs of lighting, sunlight should have been explored to be the main energy sources for lighting during the day. There are two methods to calculate the amount of natural light intensity in space, called DF (Daylighting Factor). Both methods use a different approach, namely Split Flux Method and Design Chart Method. Split Flux method use graphical approach, while Design Chart use mathematical approach. Both of methods will be tested and compare with the measurement record to ensure the most accurate calculation results.

This study uses a quantitative approach. Both of methods will be applied in cases of a space (the drawing room of Civil Education and Planning Department, engineering faculty, UNY). Then the calculation results are compared with measurement results of secondary data. The data will be analysed using statistical approaches.

The results of this evaluations are: a) Flux Split Method 1 (SF1) closer to measurements than the methods Flux Split 2 (SF2) and the Design Chart (DC), the smallest difference is of 15%, and the biggest difference is 45%, both of them at a distance of 0.5 H and 2H, b) the illumination measurement used to compare to the both methods are at 8 am, because at that time the illumination of room is most minimum, c) use of correction factor of DF (GF, FF and D) needs to be examined more, since in this case, the value of DF without correction factor (SF1) was more close to the measurement results.

Keywords: Split Flux, Design Chart, accuracy

PENDAHULUAN

Penggunaan pencahayaan alami kini semakin gencar diserukan didalam perencanaan bangunan seiring dengan makin meningkatnya kesadaran tentang krisis energi dan dampak dari pemanasan global. Krisis energi yang melanda dunia diakibatkan oleh terjadinya peningkatan yang tajam akan kebutuhan energi. Sebagian besar mesin-mesin di dunia, termasuk industri dan transportasi, didesain

untuk mengkonsumsi bahan bakar fosil. Ironisnya, sisa pembakaran mesin-mesin dengan bahan bakar fosil menghasilkan karbon dioksida yang mengakibatkan terjadinya pemanasan global.

Desain bangunan yang ramah lingkungan dengan menggunakan energi alternatif akan menjadi trend perencanaan bangunan di masa mendatang. Salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan dan melimpah adalah sinar matahari. Sinar matahari mampu menyediakan cahaya

dengan intensitas yang tinggi. Di daerah sekitar katulistiwa, antara 23° LU dan 23° LS, intensitas sinar matahari yang sampai dipermukaan bumi mencapai 1300 watt/ m^2 , suatu potensi energi dalam yang sangat besar. Selain itu, energi, pemanfaatan sinar matahari sama sekali tidak menghasilkan gas sisa, khususnya karbon dioksida, sehingga dipandang sangat bijaksana bagi lingkungan.

Saat ini, sinar matahari hendaknya menjadi sumber energi utama untuk pencahayaan ruang di siang hari. Sedangkan di malam hari, masih tetap menggunakan pencahayaan buatan. Oleh sebab itu, pencahayaan ruang hendaknya dirancang dapat dipenuhi kebutuhannya dengan cahaya alami saja, dengan sinar tak langsung matahari. Dengan demikian, dalam perencanaan pencahayaan buatan, harus dipertimbangkan fungsinya sebagai cahaya komplemen (pelengkap) bagi pencahayaan alami.

Perhitungan pencahayaan alami digunakan untuk merencanakan luasan jendela pada bangunan agar menghasilkan cahaya dalam intensitas tertentu. Tiap aktifitas membutuhkan persyaratan intensitas cahaya yang berbeda-beda, sehingga perlu perhitungan jendela yang berbeda-beda. Sebagai contoh, kebutuhan cahaya untuk aktifitas biasa adalah 100 lux, untuk bekerja biasa (kantor) 200-300 lux, dan untuk kerja detail 600-700 lux.

Saat ini, untuk perhitungan jendela dapat menggunakan dua metode,

yaitu: metode *Split Flux (Protactors)* dan metode *Design Chart*. Metode *Split Flux* menggunakan pendekatan grafis, sedangkan metode *Design Chart* menggunakan pendekatan matematis. Metode *Split Flux* memiliki langkah yang panjang dengan menggunakan 1 set buah busur cahaya, 1 buah nomogram, serta 2 buah tabel, sehingga dirasa kurang efisien. Oleh karena itu, dicoba gunakan metode *Design Chart* dengan pendekatan matematis yang lebih simple. Namun demikian, akan hasil keduanya akan dibandingkan dengan data hasil pengukuran untuk melihat akurasi perhitungan kedua metode tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Cahaya alami adalah komponen cahaya pantulan dari cahaya alami (sinar matahari). Jumlah cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan dipengaruhi oleh komponen reflektansi dan absorpsi ruang dan lingkungan eksternal. Cahaya alami merupakan cahaya yang tampak dengan sedikit efek panas (KP Cheung, 1999)

Menurut Jens Christoffersen (1999), kelebihan penggunaan *daylight* (cahaya alami) adalah sebagai berikut: (a) lebih rendah mengakibatkan kelelahan mata, (b) lebih tinggi pengaruh tingkat produktivitas pekerjaan, (c) lebih efektif dalam proses pembelajaran, (d) *Daylighting* juga lebih nyaman secara psikologis, baik untuk kenyamanan dan kesehatan visual maupun untuk tampilan warna manusia

dan peralatan, (e) orang yakin bahwa bekerja dengan cahaya alami (*daylighting*) lebih baik bagi kesehatan daripada cahaya lampu listrik, (f) lebih mendapatkan kepuasan terhadap pemandangan alami dari sebuah kantor daripada pemandangan buatan (lukisan/photo).

Menurut Callow (2003), cahaya alami matahari juga merupakan yang terbaik untuk pembedaan warna merupakan dasar pembuatan colour rendering index (CRI), yang memiliki skala nilai 1-100. Warna alami memiliki nilai indeks 100 (standar CIE, 1995). Penggunaan pencahayaan alami dapat mengurangi beban penggunaan listrik. Beban puncak Kebutuhan listrik justru terjadi pada saat puncak ketersediaan cahaya alami matahari (Bodart dan De Herde dalam Callow, 2003).

Menurut Fontoynt dkk (2004), *daylighting* adalah teknik untuk memasukkan cahaya kedalam ruang melalui bukaan (jendela). Sumber cahaya alami berasal dari kubah langit (cahaya diffuse) sinar matahari dan sinar reflektif dari luar bangunan (*outdoor reflektif environment*).

Untuk memasukkan cahaya kedalam bangunan digunakan beberapa 'alat'. Sistem *daylight* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu: *toplight* dan *sidelight*. Bentuk *toplight* adalah *skylight*, *saw-tooth skylights*, *roof monitor* dan

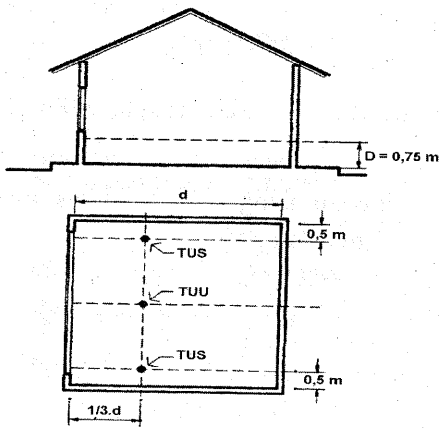
atrium. Sedangkan *sidelight* yang paling banyak digunakan adalah jendela dan *lightshelf*.

Untuk mengukur besaran pencahayaan alami biasanya digunakan indeks *Daylight Factor* (DF). *Daylight factor* adalah perbandingan illuminasi pada suatu titik didalam ruang dibanding dengan cahaya kubah langit (10.000 lux) dikalikan seratus persen. Nilai DF pada suatu titik ditentukan oleh beberapa factor. Dalam metode *Split Flux* (*Protactor*), ada tiga komponen utama yang mempengaruhi DF, yaitu: *sky component* (SC), *internally reflected component* (IRC), dan *externally reflected component* (ERC) (Koenigsberger, 1974). Untuk mencari SC digunakan satu set busur cahaya alami (busur A dan busur B). Untuk mencari IRC, digunakan monogram. Setelah ditemukan nilai DF sementara, kemudian dikalikan dengan faktor perawatan (*maintenance*), faktor konversi dan faktor koreksi: *glazing factor*, *framing factor* dan *dirt factor*. Untuk mencari besarnya intensitas cahaya pada suatu titik, nilai DF harus dikalikan dengan langit perencanaan sebesar 10.000 lux (cahaya kubah langit).

Perencanaan pencahayaan alami metode *Split Flux* bertujuan untuk mengetahui cahaya alami rata-rata ruang, bukan cahaya per titik. Sedangkan Metode *Design Chart* merupakan metode yang dipakai sebagai standar perhitungan pencahayaan alami didalam SNI (SNI 3-2396-2001 Tentang Pencahayaan Alami).

Sehingga untuk mudahnya, digunakan istilah yang dipakai didalam SNI.

Pada metode *Design Chart* titik yang mewakili rerata cahaya alami ruang berada pada garis titik ukur, terdiri dari titik ukur utama (TUU) dan titik ukur samping (TUS). Posisi garis titik ukur utama berada titik tengah sisi ruang, tempat jendela berada. Sedangkan garis titik ukur samping berada 0,5 m dari tepi dinding. Selanjutnya titik ukur cahaya alami ruang berada pada 1/3 kedalaman ruang diukur dari posisi jendela. Letak TUU dan TUS dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Letak titik ukur pada denah dan potongan.

Pada metode *Design Chart* istilah SC, IRC dan ERC yang telah diadopsi oleh SNI SNI No. 03-2396-2001 diganti istilahnya menjadi, berturut-turut: Faktor langit (fl), Faktor Refleksi Luar (frl), dan Faktor Refleksi Dalam (frd). Formula untuk menghitung fl adalah:

$$f = \frac{1}{2p} \left\{ \arctan \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \arctan \frac{\frac{L}{D}}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan untuk menghitung frl adalah:

$$Frl = (fl)_p \times L \text{ rata-rata} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk menghitung frd adalah:

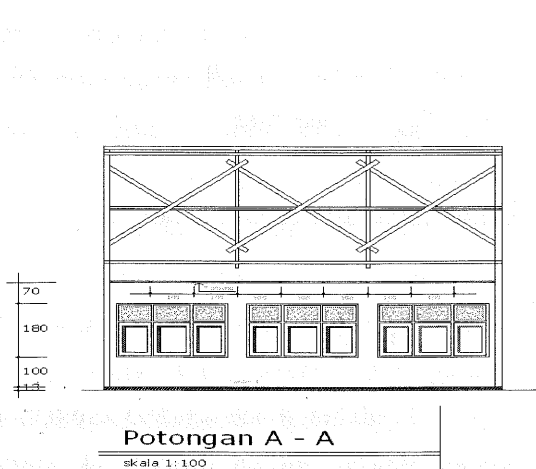
$$frd = \frac{tkaca}{A(1 - R)} (C.R_w + 5R_w) \dots\dots\dots(3)$$

L adalah lebar jendela efektif, H adalah tinggi jendela efektif, D adalah jarak titik ukur dari jendela, fl_p adalah fl tak terhalang, L rata-rata adalah luminasi langit rata-rata, A luas permukaan ruang, R rata-rata refleksi permukaan ruang, R_w refleksi rata-rata langit dan dinding atas, C konstanta sudut penghalang, R_w refleksi rata-rata dinding bawah.

METODE

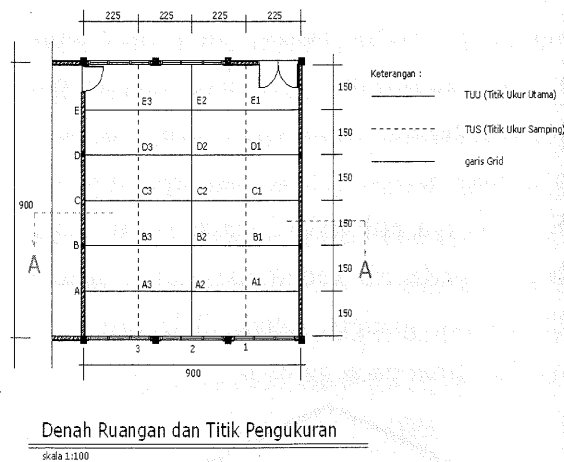
Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Dimulai dengan menghitung intensitas cahaya alami pada suatu titik didalam suatu ruang dengan menggunakan kedua metode di atas, kemudian membandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran. Hasil pengukuran menggunakan data sekunder. Hasil perbandingan antara perhitungan dan pengukuran akan dianalisis dan dibahas secara kuantitatif.

Untuk uji penerapan kedua metode diatas, akan digunakan ruang Laboratorium Gambar Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY. Adapun data dan letak titik ukurnya adalah sbb:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perhitungan SC menggunakan metode Split Flux diperlukan data-data komponen ruang sbb:



Gambar 2. Tampak luar jendela barat dan titik ukur pada ruang (sumber: Yusuf R, 2009)

Pada kasus ini, kondisi kubah langit adalah terang merata (*clear sky*) dan jendela sebelah timur ditutup, sehingga merupakan ruang dengan jendela tunggal. Ukuran ruang adalah $9 \times 9 \text{ m}^2$, dengan ketinggian plafond 3,5m. Nilai-nilai reflektansi permukaan ruang adalah sbb: reflektansi plafond 80%, reflektansi dinding 70%, dan reflektansi lantai 50%. Selain itu, ruang ini berada di lantai 3 dan tidak ada bangunan lantai tiga lainnya di sebelah barat bangunan dalam jarak 100 meter, sehingga tidak ada nilai ERC (*Externally reflection component* = faktor refleksi luar). Titik ukur diletakkan pada tengah ruang dengan jarak antar titik 1,5 m.

Tabel 1. Data perhitungan luas komponen ruang

No	Bagian ruang	Luas (m^2)
1	Langit-langit (c)	81
2	Dinding (w)	126
4	Jendela (g)	14
5	Lantai (f)	81
6	Luas Ruang (R)	288

Pada perhitungan SC dengan menggunakan busur surya A dan B, didapatkan nilai SC:

Tabel 2. Hasil Perhitungan SC dengan metode Split Flux

No.	Titik	Jarak (m)	ISC	Sudut (°)	fk	SC=ISCxfk
1	A	1,5	12,5	45	0,97	12,13
2	B	3	4,9	28	0,91	4,46
3	C	4,5	2,32	21	0,82	1,90
4	D	6	1,36	16	0,7	0,95
5	E	7,5	0,77	14	0,61	0,47
						19,91

(Analisis, 2009)

Untuk perhitungan IRC menggunakan nomogram, digunakan perhitungan luas jendela: luas ruang (g/R) = 0,05 pada skala A. Perbandingan luas dinding: luas ruang (w/R) = 0,44, dan reflektansi dinding 70%, didapatkan nilai 52,2% pada tabel. Nilai reflektansi dinding (Arw) sebesar 52,2% dipindahkan pada skala B. Setelah dihubungkan antara skala A dan B didapatkan nilai IRC pada skala C sebesar 1,81%. Setelah dikalikan dengan nilai MF (*maintenance factor*) = 0,9, dan nilai CF (*correction factor*) = 0,85, didapatkan IRC akhir sebesar 1,38%. Data dan hasil Perhitungan IRC dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Data dan Hasil perhitungan IRC dg metode Split Flux

g/R	w/R	Arw	IRC	MF	CF	IRC tot
0,05	0,44	52,2	1,81	0,9	0,85	1,38

(analisis, 2009)

Perhitungan DF pada ruang ini adalah SC ditambah IRC. Hasil perhitungan DF dari Hasil SC dan IRC adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan tiap titik dengan metode *Split Flux* (SF1)

No.	Titik	SC	IRC	DF
1	A	12,13	1,81	13,94
2	B	4,46	1,81	6,27
3	C	1,90	1,81	3,71
4	D	0,95	1,81	2,76
5	E	0,47	1,81	2,28
Jumlah				28,96
Rerata				5,79

(analisis, 2009)

Kemudian hasil DF dikalikan dengan faktor koreksi berupa: GF (*glazing factor*), FF (*framing factor*), dan D (*dirt location*). Nilai GF digunakan angka 0,9, karena menggunakan kaca bening. Nilai FF digunakan angka 0,9, karena bagian frame kurang dari 10% dari luas jendela. Nilai D digunakan angka 0,9 karena berada di daerah bersih dan posisi jendela vertikal. Hasil perhitungan DF yang telah dikalikan dengan faktor konversi diatas adalah sbb:

Tabel 5. Nilai DF setelah dikoreksi (SF2)

No	Titik	DF awal	GF	FF	D	DF akhir
1	A	13,94	0,9	0,9	0,9	10,16
2	B	6,27	0,9	0,9	0,9	4,57
3	C	3,71	0,9	0,9	0,9	2,71
4	D	2,76	0,9	0,9	0,9	2,01
5	E	2,28	0,9	0,9	0,9	1,66
Jumlah						21,11
Rerata						4,22

(analisis: 2009)

Selanjutnya akan digunakan metode *Design Chart* untuk menghitung iluminasi ruang di atas. Untuk perhitungan design chart digunakan perhitungan awal komponen H (tinggi jendela efektif), L (lebar jendela efektif) dan D (letak titik dari jendela). Nilai L=8,8, H=1,8, D= 3, L/D= 2,93 dan H/D= 0,6.

Setelah dimasukkan ke dalam rumus perhitungan SC (rumus 1), didapatkan nilai SC tiap titik adalah sbb:

Tabel 6. Perhitungan SC dengan Design Chart

No	Titik	Hasil	DF
1	A	0,0356	3,6%
2	B	0,0350	3,5%
3	C	0,0338	3,4%
4	D	0,0321	3,2%
5	E	0,0301	3,0%

Untuk menghitung IRC dengan menggunakan rumus 3 diperlukan beberapa variabel yang harus dihitung terlebih dulu. Nilai t kaca= 0,1, luas permukaan ruang (A)=288 m². C (*window coefficient*) dengan penghalang sebesar 0°, didapatkan nilai C dari tabel sebesar 39.

Untuk perhitungan IRC dengan metode ini diperlukan rerata reflektansi dinding bawah (R_{fw}) dan rerata reflektansi dinding atas (R_{cw}). Untuk menghitung R_{fw} dibutuhkan data: luas lantai (A_f)=81 m², luas dinding bawah (A_w)=55,98 m², reflektansi lantai (R_f)=50%, reflektansi dinding 70%. Untuk menghitung rerata reflektansi dinding bawah (R_{fw}), digunakan rumus:

$$R_{fw} = \frac{A \cdot R_f + A_w \cdot R_w}{A + A_w}$$

Dari rumus di atas didapatkan nilai R_{fw} sebesar 58,2%. Sedangkan untuk menghitung R_{cw}, diperlukan data luas langit-langit (A_c)=81 m² dan reflektansi langit-langit (R_c) 80%. Sedangkan untuk menghitung R_{cw} digunakan rumus:

$$R_{fw} = \frac{A \cdot R_c + A_w \cdot R_w}{A + A_w}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai R_{cw} sebesar 75,9%. Setelah dimasukkan ke dalam rumus 3, didapatkan nilai IRC sebesar 2,57%. Perhitungan DF

dengan menggunakan pendekatan *Design Chart* dihasilkan nilai pada tiap titik sbb:

Tabel 7. Hasil Perhitungan DF dengan Design Chart (DC)

No	Titik	SC	IRC	DF
1	A	3,6%	2,57%	6,13%
2	B	3,5%	2,57%	6,07%
3	C	3,4%	2,57%	5,95%
4	D	3,2%	2,57%	5,78%
5	E	3,0%	2,57%	5,58%
Jumlah				29,52%
Rerata				5,90%

Sebagai pembandingan dari kedua model perhitungan di atas, digunakan data sekunder rata-rata hasil pengukuran pada titik-titik tersebut di atas dalam tiga kelompok waktu, yaitu: jam 8, jam 10 dan jam 12. Data sekunder hasil pengukuran pada tiap titik didalam ruang adalah sbb:

Tabel 8. Data Illuminasi tiap titik

No.	Titik	Rerata Pengukuran ke-1	Rerata Pengukuran ke-2	Rerata Pengukuran ke-3	Jumlah	Rerata/ titik	DF
1	A	1177,78	1455,56	2072,22	4705,56	1568,52	15,68%
2	B	784,44	972,22	1253,33	3009,99	1003,33	10,03%
3	C	535,56	665,56	813,33	2014,45	671,48	6,71%
4	D	401,11	497,78	565,56	1464,45	488,15	4,88%
5	E	303,33	390	422,22	1115,55	371,85	3,72%

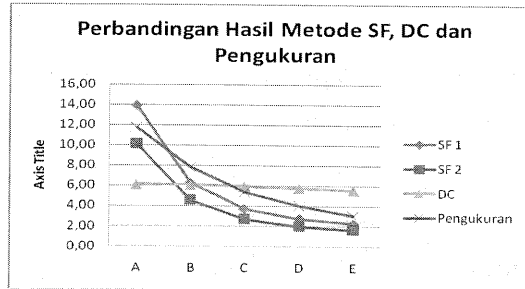
(data sekunder: Yusuf R,2009)

Perhitungan DF adalah untuk menghitung pencahayaan alami minimum, sehingga data dari pengukuran ke-1 saja sudah cukup untuk digunakan sebagai pembandingan. Data perbandingan hasil perhitungan dengan metode Split Flux, Design Chart dan pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Perbandingan Hasil Perhitungan kedua metode dan Hasil Pengukuran

No	Titik	SF 1	SF 2	DC	Pengukuran
1	A	13,94	10,16	6,13	11,78
2	B	6,27	4,57	6,07	7,84
3	C	3,71	2,71	5,95	5,36
4	D	2,76	2,01	5,78	4,01
5	E	2,28	1,66	5,58	3,03

(Analisis, 2009)



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil perhitungan dan Hasil Pengukuran

Dari grafik di atas, dapat dilihat

bahwa secara umum perhitungan dengan metode Split flux (SF1) masih lebih mendekati hasil pengukuran. Jika jarak titik dari jendela (D) digunakan satuan H, maka pada jarak 0,5H ($\pm 1,5$ m), terjadi perkecualian. Hasil perhitungan SF1 lebih tinggi daripada hasil pengukuran pada jarak 0,5H. Sementara pada jarak 1H (± 3 m), 2H (± 6 m) dan seterusnya nilai DF lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengukuran.

Hasil perhitungan Split Flux yang telah dikoreksi (SF2), yaitu SF1 yang dikalikan dengan faktor koreksi (GF,FF dan D), yang tentu lebih rendah daripada sebelum dikoreksi, makin jauh dari hasil pengukuran. Selisih antara SF2 dan hasil pengukuran lebih baik dari SF1 hanya terjadi pada jarak 0,5H.

Selisih perhitungan antara metode SF1 dan SF2 dengan pengukuran bervariasi, namun yang terkecil adalah pada jarak 0,5 H, sedangkan selisih terbesar pada jarak 2H. Pada jarak 0,5H beda SF1-pengukuran sebesar 15%, sedangkan pada jarak 2H sebesar 45%. Selisih SF2 pada jarak 0,5 H sebesar 16%, sedangkan pada jarak 2H selisihnya mencapai 100%.

Tabel 10. Selisih perhitungan SF1 dan SF2 dengan Pengukuran

Ti-tik	SF1-Pengukuran		SF2-Pengukuran	
	DF	%	DF	%
A	-2,16	-15	1,62	16
B	1,57	25	3,27	72
C	1,65	44	2,65	98
D	1,25	45	2	100
E	0,75	33	1,37	83

(Analisis, 2009)

Hasil perhitungan dengan metode Design Chart (DC) menghasilkan nilai yang relatif konstan (linier), agak kurang sesuai dengan karakter cahaya alami yang berubah cukup drastik berdasarkan jarak (kurva). Perhitungan metode DC yang mendekati hasil pengukuran hanya pada jarak 1,5H ($\pm 4,5m$).

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas, maka dapat diambil kesimpulan tentang perbandingan perhitungan dengan menggunakan metode SF1, SF2 dan DC, yaitu sebagai berikut:

- Metode Split Flux 1 (SF1) lebih mendekati hasil pengukuran daripada metode Split flux 2 (SF2) dan Design Chart (DC), dengan selisih beda terkecil sebesar 15% dan selisih beda terbesar 45%, masing-masing pada jarak 0,5H dan 2H.
- Hasil pengukuran yang digunakan sebagai pembanding kedua metode adalah pada jam 8 pagi (saat iluminasi minimum), karena pada jam 8 lebih iluminasi ruang akan lebih besar dari pada jam 8 pagi.
- Penggunaan faktor koreksi DF (GF,FF dan D) perlu diteliti lagi penggunaannya, mengingat pada kasus ini, nilai DF tanpa faktor koreksi (SF1) ternyata lebih mendekati hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Callow, Joel (2003), *Daylighting Using Tubular Light Guide System*, dissertation, Univesity of Nottingham, UK
- Fontoynt dkk (2004), *SyntLight Handbook*, Low Energy Architecture Research Unit, London Metropolitan University,

April 2004

Jens Christoffersen (1999), Light Health
and Well-Being,

Koenigsberger dkk,(1974), Manual
Of Tropical Housing Building,
Longman, London and New York

KP Cheung, (1999), Technology of
Efficient Buildings, Seminar in
Building Technology

SNI No. 03-2396-2001