

# ANALISA LUMINANSI LANGIT DENGAN METODE RASIO AWAN

**Ramli Rahim**

Staf Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur  
Universitas Hasanuddin, Makassar

## ABSTRAK

Data luminansi dan radiasi surya merupakan bagian yang sangat menentukan dalam proses perancangan bangunan. Dalam kenyataannya, banyak arsitek dan ahli bangunan di Indonesia yang masih menggunakan hasil penelitian yang berdasarkan pada data pengukuran yang diperoleh dari negara lain. Dalam upaya investigasi ketersediaan data luminansi di daerah tropik yang hingga saat ini sangat terbatas, suatu pengukuran data tentang luminansi dan radiasi surya telah dilakukan di Makassar.

Rasio awan dikenal sebagai suatu parameter yang cukup praktis dan baik dalam menentukan kondisi langit nyata. Tulisan ini mengungkap analisis dari luminansi langit dengan metode rasio awan yang diperoleh dari pengukuran data selama periode Januari hingga Desember 1995.

**Kata kunci:** luminansi langit, rasio awan, pengukuran data.

## ABSTRACT

*Daylight and solar radiation data are important parts of building design process. However, many of the fundamental daylight and solar research studies used by architects and engineers in Indonesia are based upon data taken in other parts of the world. In order to investigate daylight availability data in low latitude/tropic area which are extremely lacking at the present stage, a measurement of daylight and solar radiation was done in Makassar.*

*Cloud ratio is known as a most practical and convenient parameter to specify the real sky conditions. This paper describes the analysis of sky luminance by cloud ratio method which are obtained from the data measured during the period January - December 1995.*

**Keywords:** sky luminance, cloud ratio, data measurement

## PENDAHULUAN

Pengukuran dan pengumpulan data tentang cuaca dan radiasi surya di Indonesia telah dimulai sejak pendudukan Belanda hingga saat ini. Khusus pengukuran data cuaca telah dilakukan pada sekitar 150 stasiun yang tersebar di berbagai lokasi dibawah koordinasi Badan Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan Republik Indonesia. Pengukuran data cuaca dilakukan dengan cara yang sederhana dan singkat, terutama ditujukan untuk kegiatan pertanian dan penerbangan. Data pengukuran cuaca meliputi : suhu udara, kelembaban, arah dan kecepatan angin, curah hujan, tekanan udara dan lamanya matahari bersinar. Sementara untuk data radiasi surya, umumnya terbatas pada pengukuran data radiasi yang bersifat global.

Penelitian ini mengungkapkan kondisi luminansi langit dengan metoda nilai rasio awan berdasarkan hasil pengukuran data luminansi dan radiasi surya di Makassar pada tahun 1995.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Luminansi Langit

Luminansi langit dalam aplikasinya pada berbagai perhitungan pencahayaan alami dibagi dalam tiga jenis kondisi langit, yakni : Langit Mendung (Overcast Sky), Langit Cerah (Clear Sky) dan Langit Berawan (Intermediate Sky). Nilai relatif luminansi langit dari masing-masing kondisi langit dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

### Langit Mendung (*Overcast Sky*)

P.Moon dan D.E.Spencer (1942) mengajukan konsep tentang distribusi luminansi langit untuk kondisi langit mendung sebagai dasar untuk perancangan pencahayaan alami. Luminansi langit ( $L_{\theta}$ ) pada suatu sudut tertentu dengan elevasi di atas horizon ( $\theta$ ) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{\theta}/L_z = (1 + k \sin \theta)/(1 + k) \quad (1)$$

dimana k adalah nilai konstan dari refleksi permukaan tanah dengan nilai 2 untuk permukaan normal (sekitar 10%) dan nilai 1 untuk permukaan bersalju (refleksi sekitar 80%) dan  $L_z$  adalah luminansi langit pada titik zenit.

CIE (Komisi Luminansi International) mengadopsi formula dari Moon-Spencer (dengan  $k = 2$ , tanpa  $k = 1$ ) sebagai standar langit mendung pada tahun 1955. Nilai relatif distribusi luminansi langit untuk kondisi langit mendung adalah nilai relatif luminansi dari suatu elemen langit ( $L_{roc}$ ) yang dihitung sebagai rasio terhadap luminansi zenit dari ketinggian dari elemen langit ( $\gamma$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{roc}(\gamma) = (1+2 \sin \gamma)/3 \quad (2)$$

### Langit Cerah (Clear Sky)

CIE (1965) telah menyetujui kesepakatan awal internasional tentang nilai rata-rata distribusi luminansi langit cerah sebagaimana formula yang diajukan oleh Kittler (1965):

$$L_{\theta} = L_z (1 - e^{-0.23/\sin \alpha}) (0.91 + 10 e^{-3\alpha} + 0.45 \cos^2 \alpha) / 0.274 (0.91 + 10^{-3} + 0.45 \cos^2 \zeta) \quad (3)$$

dimana :

$L_{\theta}$  = luminansi langit

$L_z$  = luminansi langit di titik zenit

$\theta$  = sudut ketinggian di atas horizon

$\alpha$  = jarak antara titik pengamatan dan matahari

$\zeta$  = zenith jarak antara zenit dan matahari

Selanjutnya CIE mengadopsi formula dari Kittler dan menetapkan sebagai Standar Langit Cerah (CIE Standard Clear Sky) pada tahun 1973 sebagaimana dalam Publikasi CIE No. 22 tahun 1973 tentang nilai relatif distribusi luminansi langit untuk kondisi langit cerah. Nilai tersebut adalah nilai luminansi relatif pada suatu elemen langit ( $L_{rc}$ ) yang dihitung sebagai rasio terhadap luminansi zenit dari ketinggian matahari ( $\gamma_s$ ), ketinggian elemen langit ( $\gamma$ ) dan jarak antara matahari dan elemen langit ( $\zeta$ ). Formula tersebut adalah :

$$L_{rc}(\gamma_s, \gamma, \zeta) = f(\gamma) \times f(\zeta) / \{f(\pi/2) \times f(\pi/2 - \gamma_s)\} \quad (4)$$

dimana :

$$f(\zeta) = 0.91 + 10 \times \exp(-3 \times \zeta) + 0.45 \times (\cos \zeta)^2$$

$$f(\pi/2 - \gamma_s) = 0.91 + 0.0898 \times \exp\{3 \times (\pi/2 - \gamma_s)\} + 0.45 \times (\sin \gamma_s)^2,$$

$$f(\gamma) = 1 - \exp(-0.32 \times \operatorname{cosec} \gamma)$$

$$f(\pi/2) = 0.27385$$

Jarak ( $\zeta$ ) dari matahari ( $\gamma_s, \alpha_s$ ) ke elemen langit ( $\gamma, \alpha$ ) dapat dihitung dari perbedaan antara azimuth matahari dan azimuth dari elemen langit ( $|\alpha_s - \alpha|$ ) dengan rumus berikut :

$$\cos \zeta = \sin \gamma_s \times \sin \gamma + \cos \gamma_s \times \cos \gamma \times \cos(|\alpha_s - \alpha|) \quad (5)$$

### Langit Berawan (Intermediate Sky)

Nilai relatif distribusi luminansi langit berawan diajukan oleh Nakamura dkk. (1974) dari suatu pengukuran data yang kontinyu dan disimpulkan bahwa di beberapa area sekitar tropis banyak ditemukan kondisi langit antara langit mendung dan langit cerah dengan nilai yang berbeda. Nilai tersebut adalah nilai luminansi relatif pada suatu elemen langit ( $L_{rin}$ ) yang dihitung sebagai rasio terhadap luminansi zenit dari ketinggian matahari ( $\gamma_s$ ), ketinggian elemen langit ( $\gamma$ ) dan jarak antara matahari dan elemen langit ( $\zeta$ ). Formula tersebut adalah sebagai berikut :

$$L_{rin}(\gamma_s, \gamma, \zeta) = L(\gamma_s, \gamma, \zeta) / L(\gamma_s, \pi/2, \pi/2 - \gamma_s) \quad (6)$$

dimana :

$$L(\gamma_s, \gamma, \zeta) = a(\gamma_s, \gamma) \times \exp\{b(\gamma_s, \gamma) \times \zeta\}$$

$$a(\gamma_s, \gamma) = 0.43 \times [\gamma + 4.799 + 1.35 \times \{\sin(3.59 \times \gamma - 0.009) + 2.31 \times \sin(2.60 \times \gamma_s + 0.316)\}]$$

$$b(\gamma_s, \gamma) = -0.563 \times \{(\gamma + 1.059) \times (\gamma_s - 0.008) + 0.812\}$$

$$L(\gamma_s, \pi/2, \pi/2 - \gamma_s) = [0.988 \times \{\sin(2.60 \times \gamma_s + 0.316) + 2.772\}] \times \exp[1.481 \times (\gamma_s + 0.301) \times (\gamma_s - 1.571)]$$

### Rasio Awan

Rasio awan ( $C_v, C_e$ ) adalah perbandingan antara nilai luminansi global ( $E_{vg}$ ) dan nilai luminansi diffus ( $E_{vd}$ ) atau perbandingan antara nilai radiasi global ( $E_{eg}$ ) dan nilai radiasi diffus ( $E_{ed}$ ). Dengan nilai rasio awan, frekuensi terjadinya masing-masing kondisi langit (cerah, berawan dan mendung) dapat ditetapkan.

$$C_v = E_{vg}/E_{vd} \quad (7)$$

$$C_e = E_{eg}/E_{ed} \quad (8)$$

### Frekuensi Terjadinya Tiga Jenis Kondisi Langit

Metode estimasi kemungkinan terjadinya tiga

jenis kondisi langit dikemukakan oleh Nakamura dkk. (1985) berdasarkan observasi data meteorologi pada 8 stasiun di Jepang sepanjang tahun 1979-1982. Setelah melalui berbagai pengujian dari berbagai perhitungan matematika disimpulkan bahwa kemungkinan terjadinya langit cerah 0 % bila lama penyinaran matahari 0 % dan langit mendung 0% bila lama penyinaran matahari sebesar 100 %.

Frekuensi terjadinya tiga jenis kondisi langit dapat dihitung dengan rumus-rumus :

$$P_{cl} = 5.689/\{1.054 - \sigma_m/100\} - 5.397 \quad (9)$$

$$P_{in} = 100 - 5.689/\{1.054 - \sigma_m/100\} - 78.629/\{0.551 + \sigma_m/100\} + 56.091 \quad (10)$$

$$P_{oc} = 78.629/\{0.551 + \sigma_m/100\} - 50.694 \quad (11)$$

dimana :  $P_{cl}$  (%),  $P_{in}$  (%),  $P_{oc}$  (%) masing-masing adalah kemungkinan terjadinya langit cerah, langit berawan dan langit mendung,  $m$  (%) lama penyinaran matahari.

## SUMBER DAN PENGUKURAN DATA

Stasiun pengukuran data berlokasi di Kampus Universitas Hasanuddin, Tamalanrea, Ujung Pandang (05° 04'S, 119° 33'E, 17.70 meter di atas permukaan laut). Semua alat ukur (sensor) diletakkan pada sebuah papan landasan (80 x 120 cm) di atas sebuah menara (+53.70 meter diatas permukaan tanah) yang dibangun dan diletakkan pada plat atap dari Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin. Kedudukan tower beserta sensor diatur sedemikian rupa sehingga tetap menerima sinar matahari sepanjang hari.

Data-data tentang cahaya alami dan radiasi surya yang dapat diukur pada stasiun ini adalah sebagai berikut :

1. Illuminansi Global ( $E_{vg}$ )
2. Illuminansi Difus ( $E_{vd}$ )
3. Radiasi Global ( $E_{eg}$ )
4. Radiasi Difus ( $E_{ed}$ )
5. Luminansi Zenit ( $L_{vz}$ )

Untuk pengukuran data tersebut, stasiun ini dilengkapi dengan 2 buah sensor illuminansi (*illuminometer*), 2 buah sensor radiasi (*pyranometer*) dan 1 buah sensor luminansi zenith (*luminance meter*). Khusus untuk illuminansi difus dan radiasi difus, kedua sensor dilengkapi dengan lingkaran penangkal sinar surya (*shadow ring*) agar sensor tidak mendapat sinar surya secara langsung sesuai kedudukan

lintang dari lokasi pengukuran. Sensor ini dapat digeser pada arah lintang utara-selatan disesuaikan dengan posisi dan perputaran surya setiap hari. Pengukuran data-data dilakukan secara otomatis melalui sensor setiap menit selama dua puluh empat jam dan direkam ke dalam komputer (Epson PC-286LS) setelah melalui amplifier. Data tiap menit yang direkam diperlihatkan pada monitor dalam bentuk tabel dan grafik, setelah dihitung dari nilai rata-rata tiap 15 detik. Data disimpan dalam floppy disk 3.5"-1.2 MB pada drive A yang memiliki kapasitas menyimpan data sekitar 12 hari pengukuran. Data yang direkam pada drive A secara otomatis akan direkam ke drive B sekaligus menghapus data yang ada di drive A pada setiap jam 00:00 dinihari. Drive B memiliki kapasitas menyimpan data untuk 21 hari pengukuran.

## KENDALI MUTU DAN PENGOLAHAN DATA

### Kendali Mutu

Guna memperoleh hasil pengukuran yang akurat sebelum data dievaluasi dan diolah, diperlukan pemeriksaan data melalui suatu tahap kendali mutu (quality control) sesuai dengan pedoman dari CIE (International Commission on Illuminance). Kendali mutu yang diperlakukan adalah sebagai berikut :

- Tahap I
  - (1)  $0 < E_{vg} < 1.2 \text{ E.T.I.}$
  - (2)  $0 < E_{eg} < 1.2 \text{ E.T.R.}$
  - (3)  $0 < E_{vd} < 0.8 \text{ E.T.I.}$
  - (4)  $0 < E_{ed} < 0.8 \text{ E.T.R.}$
- Tahap II
  - (1)  $E_{vd} < E_{vg} + 10\%$
  - (2)  $E_{ed} < E_{eg} + 10\%$

dimana E.T.I. and E.T.R. masing-masing adalah extraterrestrial normal iluminansi dan radiasi.  $E.T.I. = 127.5 \text{ klx}$ ;  $E.T.R. = 1367 \text{ W/m}^2$ .

### Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan sesuai metode pengolahan data dari IDMP (International Daylight Measurement Programme) sebagai berikut :

1. Rata-rata bulanan, standar deviasi, jumlah data, maksimum dan minimum, dalam interval setiap 6 ketinggian matahari (pagi

- dan sore).
- Rata-rata bulanan, standar deviasi, jumlah data, maksimum dan minimum, dalam interval setiap 30 menit (pagi dan sore).
  - Rata-rata harian dalam interval setiap 30 menit.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sepanjang tahun 1995 pengukuran berlangsung selama 320 hari pengukuran dengan jumlah data siang hari (dari saat matahari terbit hingga terbenam) adalah sebanyak 1.112.945 atau masing-masing sejumlah 222.589 data tiap macam pengukuran. Setelah diproses melalui kendali mutu memberikan hasil data terseleksi dan dapat dianalisa lebih lanjut sebanyak 892.025 data atau sebesar 80,15 % dari data yang terkumpul. Hasil ini menggambarkan hasil pengukuran yang cukup baik dan dapat dianggap mewakili data pengukuran sepanjang tahun 1995, sebagaimana dalam Tabel 1.

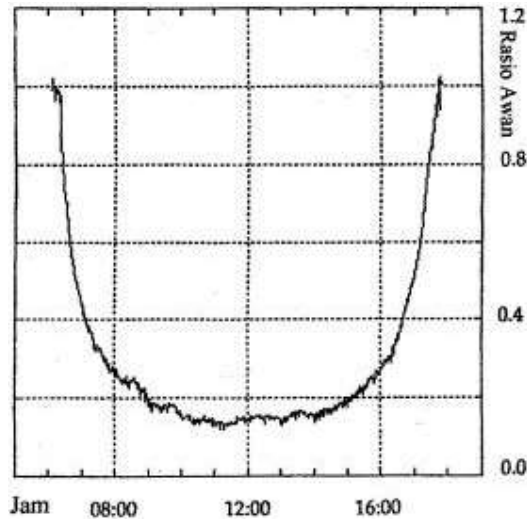
**Tabel 1. Jumlah Data dan Hasil Proses Kendali Mutu**

Bulan	Jumlah Data	Data Evg	%	Data Evd	%
Januari	18.413	14.940	81.14	14.940	81.14
Februari	13.771	6.594	47.88	6.594	47.88
Maret	18.737	10.773	57.50	10.773	57.50
April	17.322	14.888	85.95	14.888	85.95
Mei	20.669	20.669	100.00	20.669	100.00
Juni	12.726	12.726	100.00	12.726	100.00
Juli	18.315	18.066	98.64	18.066	98.64
Agustus	20.335	16.492	81.10	16.492	81.10
September	21.289	18.013	84.61	18.013	84.61
Oktober	21.322	16.805	78.82	16.805	78.82
Nopember	18.423	10.812	58.69	10.812	58.69
Desember	21.267	17.624	82.87	17.624	82.87
Total	222.589	178.402	80.15	178.402	80.15

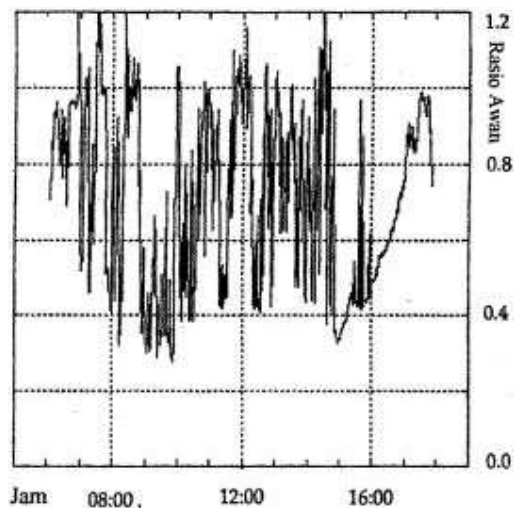
Selanjutnya dalam analisa rasio awan yang dilakukan dua tahapan, masing-masing Cv dan Ce terhadap luminansi langit diperoleh hasil masing-masing: Langit Cerah selama 97 hari (30 %), Langit Berawan selama 179 hari (56 %) dan Langit Mendung selama 44 hari (14 %). Tabel 2 memperlihatkan hasil pemisahan jenis kondisi langit. Gambar 1, 2 dan 3 memperlihatkan contoh karakteristik Cv dan Ce masing-masing untuk kondisi langit cerah, langit berawan dan langit mendung.

**Tabel 2. Hasil Pemisahan Jenis Kondisi Langit**

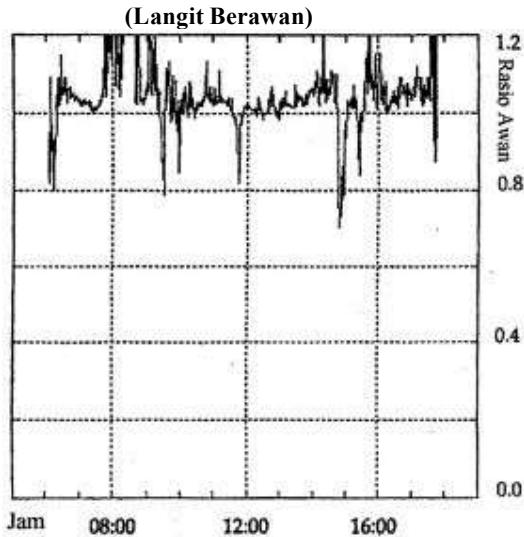
Bulan	Langit Cerah	Langit Berawan	Langit Mendung	Jumlah
Januari	2	17	10	29
Februari	3	8	10	21
Maret	7	14	7	28
April	13	9	4	26
Mei	9	22	-	31
Juni	10	10	-	20
Juli	11	16	-	27
Agustus	11	16	2	29
September	21	7	2	30
Oktober	10	19	-	29
Nopember	-	18	3	21
Desember	-	23	6	29
Jumlah	97	179	44	320



**Gambar 1. Fluktuasi Karakteristik Rasio Awan (Langit Cerah)**



**Gambar 2. Fluktuasi Karakteristik Rasio Awan**



Gambar 3. Fluktuasi Karakteristik Rasio Awan (Langit Mendung)

Hasil tersebut jika dibandingkan dengan teori frekuensi terjadinya tiga jenis kondisi langit jika diambil lama penyinaran di Makassar sebesar 62,9 %, didapatkan hasil yang relatif sama sebagaimana masing-masing diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisa luminansi langit dengan metode rasio awan dan teori frekuensi terjadinya tiga kondisi langit

Nilai Luminansi	Jumlah Hari	Rasio Awan	Lama Penyinaran	Selisih
Langit Cerah	97	30 %	8 %	+22 %
Langit Berawan	179	56 %	76 %	-20 %
Langit Mendung	44	14 %	16 %	- 2 %

### KESIMPULAN

Perbedaan hasil disebabkan oleh karena pemisahan dengan metode rasio awan adalah fluktuasi kondisi langit sepanjang hari, sedangkan metode frekuensi adalah kumulatif sepanjang tahun. Dari analisa data tersebut dapat disimpulkan bahwa metode rasio awan sangat praktis dalam menentukan frekuensi terjadinya tiga jenis kondisi langit. Hasil yang diperoleh merupakan hasil awan yang akan diuji dan dievaluasi dengan data 1995-1999 (periode 5 tahunan).

Selanjutnya, berbagai data hasil pengukuran yang dilakukan di Makassar dapat membuka peluang berbagai penelitian lanjutan dan pertukaran data di masa mendatang, khususnya dalam bidang: arsitektur, teknik enersi, fisika,

pertanian dan peternakan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Hiroshi Nakamura (Kochi), Prof. Dr. Yasuko Koga (Fukuoka), Takenaka Corporation (Tokyo) dan Eko Instruments Trading Co. Ltd. (Tokyo) atas supervisi, bantuan peralatan dan kerjasama penelitian terpadu hingga saat ini.

### DAFTAR PUSTAKA

CIE TC-3.07, *Guide to Recommended Practice of Daylight Measurement*, Tokyo, Final Draft, CIE, 1993.

Department of Communication Republic of Indonesia, *Observations made at Jakarta observatories*, Jakarta, Annual Proceeding, Badan Meteorologi dan Geofisika, 1981-1988.

Koga, Y. et.al., *Daylight and Solar Radiation Data in Ujung Pandang, Indonesia*, Bangkok, Proceeding of 2nd Lux Pacifica, 1993. pp. C85-C90.

Nakamura, H. et al., *Statistical Arrangement of the Data for IDMP in Japan*, Edinburgh-UK, Proceeding of 7th Lux Europa, Vol.2, 1993. pp.518-53.

National Astronomical Observatory {NAO}, *Chronological Scientific Tables (Rika nenpyo)*, Tokyo, Maruzen Co. Ltd., 1992.

Rahim, M.R. et al., *Daylight Measurement in Indonesia - Part 1: Outline of the Equipment*, Tokyo, Proceedings of Annual Conference of IEIJ., 1993, pp. 60-61.

Rahim, M.R. , *Daylight Availability in Tropic Area*, Fukuoka, Doctor Degree Dissertation, Kyushu University, 1994.