

Perhitungan Cooling Degree Days (CDD) Untuk Wilayah Bandara Soekarno Hatta Cengkareng (Calculation of Cooling Degree Days (CDD) for the Soekarno Hatta Cengkareng)

Budihardjo, Rusdy Malin, M. Idrus Alhamid
Lab. Teknik Pendingin, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru – UI, Depok 16424, telp. 021-7270032
Email : budihardjo@eng.ui.ac.id

Abstrak

Masalah perubahan iklim dunia telah menjadi perhatian seluruh negara, dimana temperatur udara atmosfer rata-rata meningkat sehingga mengakibatkan melelehnya es di kutub utara dan selatan yang secara langsung dapat menimbulkan kenaikan temperatur air laut yang mengganggu pertumbuhan biota laut.

Kenaikan temperatur bola kering (*dry bulb temperatur*) dan kelembaban relatif udara luar sangat terasa terutama didaerah perkotaan. Padahal, kedua besaran tersebut justru menjadi parameter kunci pada perancangan beban pendinginan untuk kebutuhan kenyamanan termal suatu gedung. Semakin besar selisih temperatur udara luar dengan temperatur udara dalam ruang yang akan dikondisikan, maka beban pendinginan yang harus diatasi oleh mesin pengkondisian udara akan meningkat dan selanjutnya kebutuhan energi juga bertambah.

Seperti diketahui bahwa Cooling Degree days (CDD) adalah akumulasi dari selisih temperatur rata-rata harian udara luar dengan ambang batas temperatur atmosfer lokal yang disepakati (*base temperature*) untuk suatu interval waktu tertentu.

CDD merupakan suatu alat untuk menilai dan menganalisis pemakaian energi suatu bangunan gedung pada zona iklim tertentu, sehingga kebutuhan akan energi untuk pengkondisian udara dalam gedung dapat dirancang dengan akurat.

ASHRAE Handbook of Fundamental 2009 telah mempublikasikan kondisi udara luar untuk delapan kota besar di Indonesia, yaitu Medan, Padang, Pekanbaru, Jakarta, Surabaya, Denpasar, Ujung Pandang dan Manado. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk wilayah Bandara Soekarno Hatta/Cengkareng telah dianalisis besarnya CDD dalam rentang waktu tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 dan kemudian dibandingkan dengan data CDD dari ASHRAE Handbook of Fundamental 2009 pada annual percentiles 0,4, 1,0 dan 2,0 %. Hasil Nilai CDD tahunan untuk base temperatur 18,3 °C berdasarkan ASHRAE adalah 3398 sedangkan menurut hasil analisis untuk base temperatur 20 °C nilai CDD adalah 2868. Bulan terpanas terjadi pada bulan Mei dengan nilai CDD rata-rata 244. Penetapan base temperature yang berbeda merupakan salah satu penyebab terjadinya penyimpangan nilai CDD.

Kata Kunci : Cooling Degree Days, base temperature, ASHRAE, BMKG, bulan terpanas

Pendahuluan

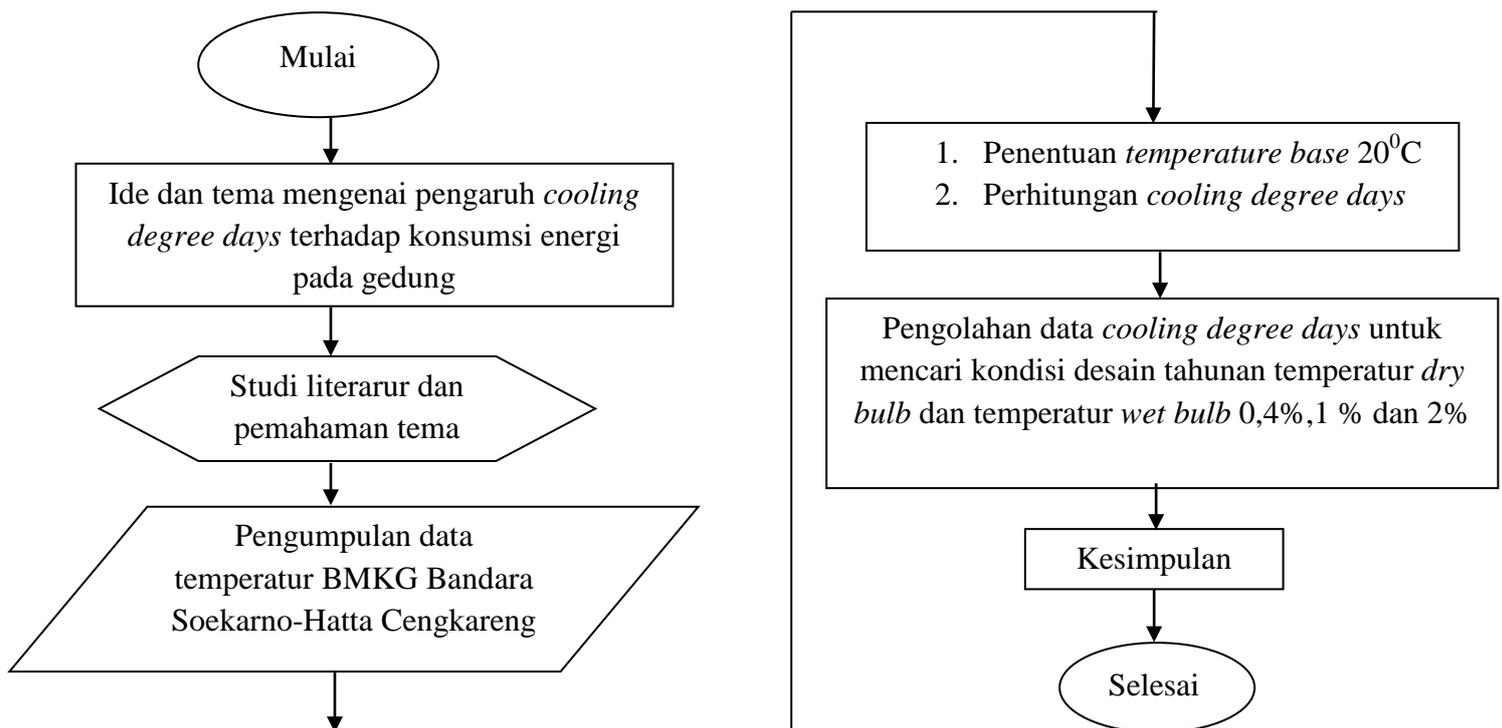
Sistem tata udara pada bangunan gedung membutuhkan konsumsi energi listrik terbesar, lebih dari 50% dari total kebutuhan energi, dalam suatu gedung baik perumahan maupun gedung komersil [1] .

Pada perancangan sistem tata udara, yang pertama kali dilakukan adalah menghitung perkiraan beban pendingin (*cooling load*) yang terdapat diruangan yaitu yang terdiri dari kalor yang diproduksi didalam ruangan dan yang kalor yang masuk kedalam ruangan sebagai akibat pemanasan sinar matahari langsung. Laju alir kalor yang

harus dikeluarkan dari dalam bangunan gedung sangat dipengaruhi oleh perbedaan antara temperatur udara luar dengan temperatur didalam ruang yang akan dikondisikan. Perubahan iklim yang mengakibatkan fluktuasi temperatur udara luar akan berpengaruh terhadap besarnya beban pendinginan dan pemakaian energi dalam sistem tata udara.

Metoda Penelitian

Metoda penelitian adalah eksperimental lapangan dengan melakukan pengumpulan dan pengolahan data, perhitungan serta analisis statistik hasil perhitungan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam penelitian ini, data untuk penentuan *cooling degree days* diperoleh dari stasiun cuaca Bandara Soekarno Hatta / Cengkareng periode waktu 2001-2010 yakni berupa data temperatur bola kering (*dry bulb*) dan bola basah (*wet bulb*) rata-rata perjam.

Cooling Degree Days

Cooling Degree days (CDD) adalah akumulasi dari selisih temperatur rata-rata harian udara luar dengan ambang batas temperatur atmosfer lokal yang disepakati (*base temperature*) untuk suatu interval waktu tertentu.

CDD merupakan suatu alat untuk menilai dan menganalisis pemakaian energi suatu bangunan gedung pada zona iklim tertentu, sehingga kebutuhan akan energi untuk pengkondisian udara dalam gedung dapat dirancang dengan akurat.

Cooling Degree Days (CDD) merupakan indikasi tidak langsung dari fluktuasi temperatur udara luar sehingga dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan energi dari suatu gedung [2,3]. Penentuan nilai CDD dapat dilakukan dengan mengetahui data fluktuasi *dry blub temperature*. Selain itu, data iklim lainnya seperti *wet blub temperature* dan *relative humidity* diperlukan dalam perancangan sistem tata udara.

Degree Days pada intinya merupakan penjumlahan dari perbedaan temperature selang waktu tertentu. Perbedaan temperatur yang dimaksud yaitu antara *base temperature* dan temperatur udara luar. *Base temperature* untuk suatu gedung merupakan *balance point* temperatur yaitu temperature dimana sistem tata udara tidak dalam kondisi operasi. Ketika temperatur udara luar berada diatas *base temperature* maka sistem tata udara akan beroperasi untuk meniptakan kondisi nyaman termal dalam ruangan. Ketika *heat gain* dari suatu gedung sebanding dengan perbedaan antara temperatur udara luar dengan temperatur udara didalam ruangan, maka konsumsi energi dari beban pendinginan suatu gedung memiliki korelasi dengan jumlah dari perbedaan temperetur selama rentang waktu tertentu.

Kesulitan dalam menentukan *base temperature* adalah adanya beban pendingin ataupun konsumsi energi listrik yang berubah-ubah setiap harinya, setiap tahunnya dan setiap musimnya. Oleh karena itu, penentuan *base temperature* juga tergantung dari karakteristik panas yang dihasilkan bangunan tersebut seperti *heat loss coefficient*, kapasitas panas, mekanisme kehilangan panas seperti kecepatan infiltrasi yang berubah setiap waktu.

Metode Perhitungan Cooling Degree Days (CDD)

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung CDD adalah a) *Mean Degree Hours* ; dihitung dari

data suhu setiap jam, b) menggunakan temperatur maksimum dan minimum harian menggunakan dan c) metode *Meteorological Office Equation Mean daily temperature*. (Tabel 1.)

Tabel 1. Perbandingan Metode Perhitungan CDD

Metode perhitungan CDD	Data yang dibutuhkan	Keterangan
Temperatur rata rata setiap jam	Temperatur udara luar setiap jam berupa <i>dry blub</i> temperature	• Merupakan metode yang paling akurat
Metode MOE	Temperatur maksimum dan minimum harian	• Lebih kompleks dari metode sebelumnya • Standar di Inggris
Temperature rata rata harian	Rata rata temperature harian	• Data yang dapat digunakan hanya data temperatur rata rata harian • Digunakan di Amerika (AHSRAE) dan Jerman

Persamaan untuk menghitung CDD dengan metode *Mean Degree Hours*:

$$D_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (\theta_{o,j} - \theta_b)^+}{24}$$

CDD harian dihitung dengan menjumlahkan nilai yang didapat selama periode yang diinginkan, begitu juga untuk menghitung CDD bulanan dan tahunan.

Metode *Meteorological Office Equation (MOE)* digunakan sebagai standar di Inggris sejak tahun

1928. Metode ini mencoba menghitung perkiraan nilai dari :

$$D_d = \int (\theta_b - \theta_o) dt$$

Untuk CDD harian menggunakan nilai temperatur maksimum dan minimum harian. Untuk menggunakan metode ini, terdapat beberapa kemungkinan hubungan anatar *base temperature* dan variasi temperatur harian yaitu :

Tabel 2. Tabel metodaMOE

Kasus	Kondisi	CDD harian
1	$\theta_{min} \geq \theta_b$	$\frac{1}{2} (\theta_{max} + \theta_{min}) - \theta_b$
2	$\theta_{max} > \theta_b; (\theta_{max} - \theta_b) > (\theta_b - \theta_{min})$	$\frac{1}{2} (\theta_{max} - \theta_b) - \frac{1}{4} (\theta_b - \theta_{min})$
3	$\theta_{min} > \theta_b; (\theta_{max} - \theta_b) < (\theta_b - \theta_{min})$	$\frac{1}{4} (\theta_{max} - \theta_b)$
4	$\theta_{max} \leq \theta_b$	0

Mean daily temperature

Metode ini digunakan oleh beberapa Negara sebagai contoh di Amerika (AHSRAE) dan di Jerman. CDD dihitung dari suhu rata rata harian (kasus 1 pada metode pertama. Dalam menggunakan metode ini ada beberapa hal

yang penting berkaitan dengan *perhitungan CDD* yaitu

- ♦ Temperatur rata rata dalam Celcius. Parameter ini merupakan indikator utama dari iklim dan juga digunakan untuk menghitung CDD pada beberapa *base temperature*,

- ◆ Standar Deviasi dari temperatur rata rata harian, parameter ini digunakan untuk mengitung estimasi CDD.

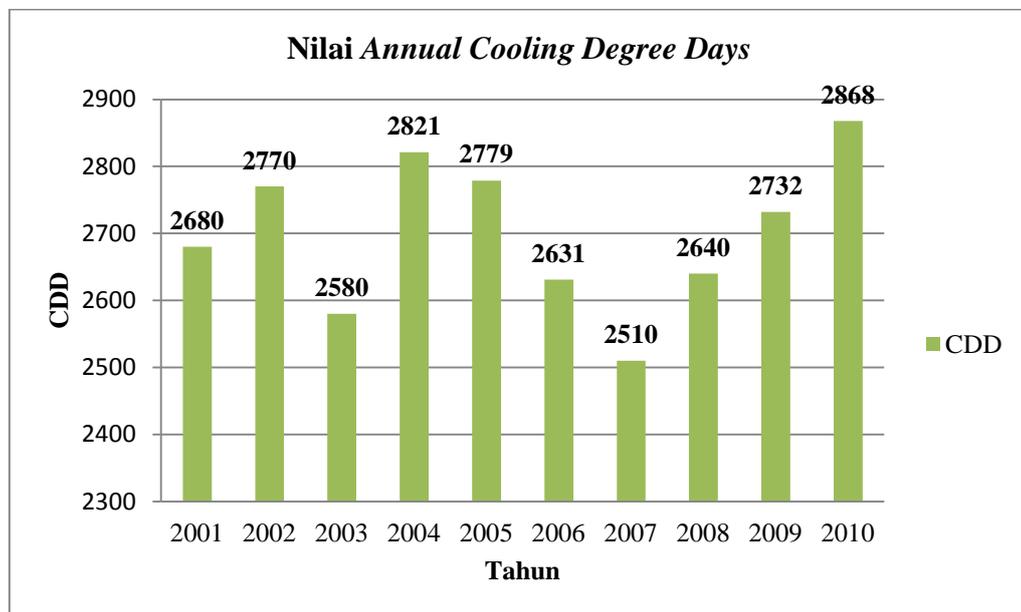
$$CDD = \sum_{t=1}^N (\bar{T}_i - T_{base})^+$$

Perhitungan degree days

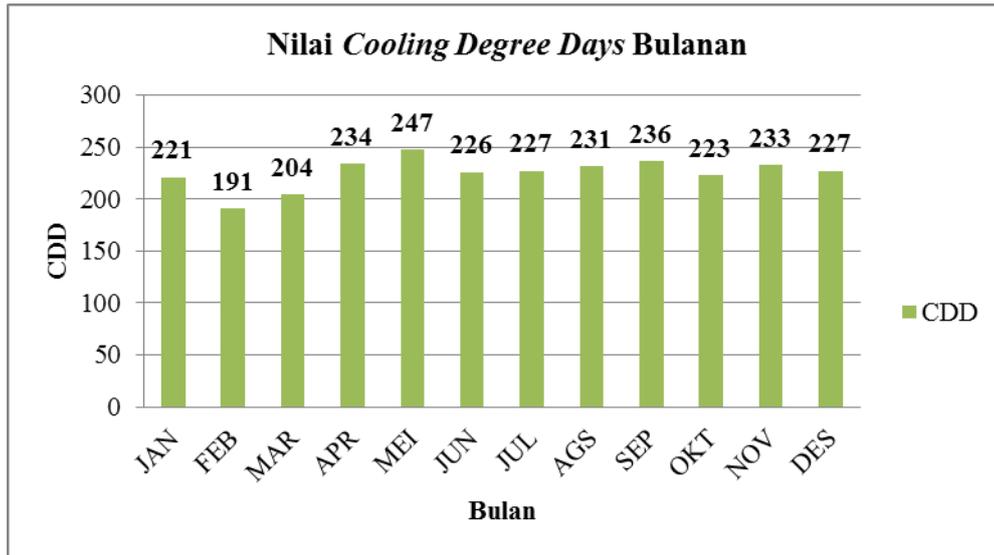
Suhu rata rata bulanan dan standar deviasi dari suhu rata rata harian dihitung menggunakan rata rata suhu maksimum dan minimum selama 1 hari dalam periode yang akan dianalisis. CDD dihitung sebagai jumlah perbedaan temperature antara suhu harian dengan suhu dasar / *base temperature* (misalnya 10°C) sesuai dengan rumus :

Dimana N merupakan nomer hari dalam satu bulan, T_{base} merupakan temperature refrensi yang digunakan dalam *perhitungan* , dan \bar{T}_i merupakan suhu rata rata harian. Tanda + mengindikasikan bahwa hanya yang bernilai positif yang dijumlahkan.

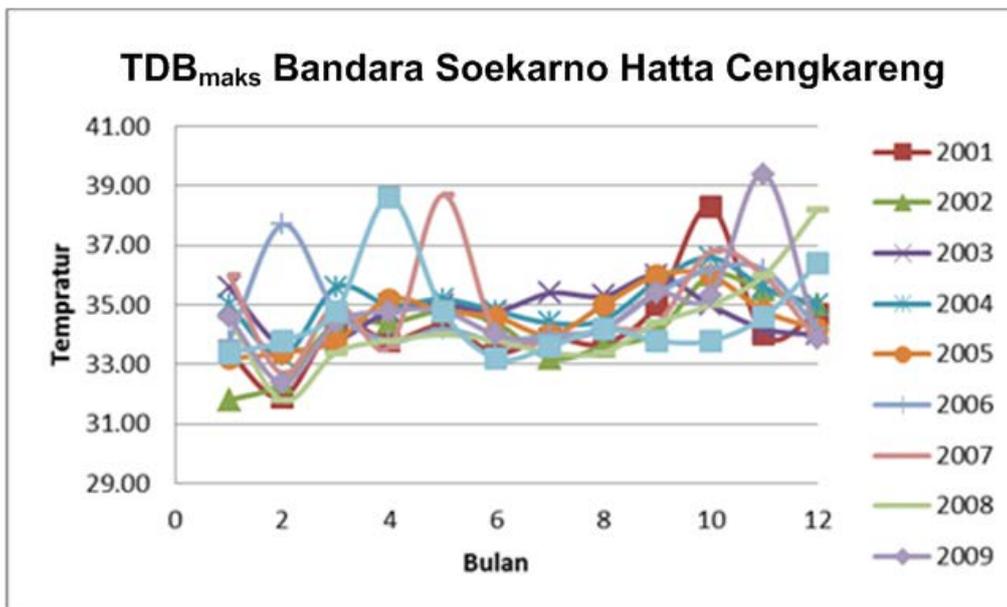
Hasil Perhitungan dan Analisis Data



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Cooling Degree Days Tahunan



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Cooling Degree Days Bulanan 2001 – 2010



Gambar 4. Grafik temperatur dry bulb maksimum

Tabel 3. Nilai CDD menurut ASHRAE 2009 HOF

Meaning of acronyms:
 DB: Dry bulb temperature, °F
 MCWB: Mean coincident wet bulb temperature, °F
 WB: Wet bulb temperature, °F
 DP: Dew point temperature, °F
 MCDB: Mean coincident dry bulb temperature, °F
 Lat: Latitude, °
 DP: Dew point temperature, °F
 Long: Longitude, °
 HR: Humidity ratio, grains of moisture per lb of dry air
 Elev: Elevation, ft
 WS: Wind speed, mph
 HDD and CDD 65: Annual heating and cooling degree-days, base 65°F, °F-day

Station	Lat	Long	Elev	Heating DB		Cooling DB/MCWB			Evaporation WB/MCDB		Dehumidification DP/HR/MCDB		Extreme Annual WS		Heat/Cool. Degree-Days HDD / CDD 65											
				99.6%	99%	0.4%	1%	2%	0.4%	1%	0.4%	1%	1%	2.5%		5%										
Indonesia															8 sites, 2 more on CD-ROM											
DENPASAR/NGURAH RAI	8.75S	115.17E	3	71.2	72.7	90.7	79.9	89.7	79.5	89.0	79.3	81.8	87.4	81.0	86.9	80.4	157.8	85.6	79.2	151.5	84.6	18.0	15.4	13.5	0	6061
JAKARTA/SOEKARNO-HA	6.12S	106.65E	26	71.7	73.0	92.9	78.2	91.6	78.5	91.1	78.5	82.1	88.4	81.4	87.9	80.5	158.7	86.7	79.2	151.8	85.1	21.7	18.7	16.4	0	6116
MEDAN/POLONIA	3.57N	98.68E	82	72.1	73.0	93.5	79.2	92.2	79.2	91.3	79.2	81.6	89.6	80.9	88.8	79.2	152.1	85.9	78.9	150.3	85.4	13.6	11.9	10.8	0	6103
MENADO/SAM RATULAN	1.53N	124.92E	262	68.5	70.1	91.3	75.3	90.4	75.6	89.6	75.8	79.5	86.3	79.0	85.8	77.5	144.5	82.4	77.2	142.7	82.1	17.0	13.3	10.9	0	5433
PADANG/TABING	0.88S	100.35E	10	70.5	71.6	90.0	78.1	89.4	78.4	88.8	78.3	80.8	87.7	80.1	87.0	78.8	149.7	85.4	78.2	146.3	84.8	12.0	10.3	9.1	0	5642
PEKAN BARU/SIMPANGT	0.47N	101.45E	102	71.0	71.8	94.0	80.2	93.1	80.0	92.3	79.8	82.5	91.1	81.8	90.3	80.0	156.5	88.4	79.3	152.8	87.6	13.4	11.0	9.4	0	6185

Kesimpulan

1. Annual cooling degree days tertinggi terjadi pada tahun 2010 dengan nilai 2868.
2. Cooling degree days bulanan terpanas terjadi pada bulan Mei dengan rata-rata 247.
3. Tahun terpanas pada daerah bandara SoeTa terjadi pada tahun 2009.
4. Sejak tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 temperatur udara luar maksimum cenderung meningkat.

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk wilayah Bandara Soekarno Hatta/Cengkareng telah dianalisis besarnya CDD dalam rentang waktu tahun 2001 sampai dengan tahun 2010 dan kemudian dibandingkan dengan data CDD dari ASHRAE Handbook of Fundamental 2009 pada annual percentiles 0,4, 1,0 dan 2,0 %. Hasil Nilai CDD tahunan untuk base temperatur 18,3 °C berdasarkan ASHRAE adalah 3398 sedangkan menurut hasil analisis untuk base temperatur 20 °C nilai CDD adalah 2868. Bulan terpanas terjadi pada bulan Mei dengan nilai CDD rata-rata 244. Penetapan base temperature yang berbeda

merupakan salah satu penyebab terjadinya penyimpangan nilai CDD

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia atas bantuan Dana Hibah Riset Unggulan Tahun 2011.

Referensi

1. Day.A.R, GG Maidment, MS Ratcliffe. Cooling Degree-days and their applicability to building energi estimation. School of Engineering Sistem and Design, South Bank University. London
2. K.Papakostas, T.mavromatis, N.Kyriakis. Impact of the ambient temperature rise on the energi consumption for heating and cooling in residential building of Greece. Departement Of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki. Thessaloniki: Greece 2009.
3. The Chartered Institution of Building Service Engineer. Degree-days ; Theory and application. UK 2006.
4. ASHRAE 2009 - Handbook of Fundamental