

Prediksi dan Validasi Kondisi (*Properties*) Udara Luar pada Perancangan Sistem Energi

M. Idrus Alhamid, Rusdi M, Budihardjo dan Nasrudin

Lab. Teknik Pendingin, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia,
Kampus Baru – UI, Depok, 16424, telp. 021 727 0032, facs. 021 727 0033
E-mail: mamak@eng.ui.ac.id atau mamak@indo.net.id

Abstrak

Dalam merancang sistem solar energi, sistem tata udara, sistem pengeringan atau sistem lain yg menggunakan udara luar sebagai salah satu variable-nya, diperlukan data data yang cukup akurat agar didapatkan hasil yang maksimal. Data tersebut antara lain Temperatur, Kelembaban, Radiasi Matahari, Kecepatan dan Arah Angin. Data kondisi udara tersebut dapat diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), yang terdapat di beberapa kota tertentu. Orang mencoba membuat simulasi berdasarkan data data yg ada agar dapat di-generate kondisi udara untuk tempat tertentu. Meteonorm adalah sebuah software yang dapat digunakan untuk men-generate kondisi udara pada lokasi tertentu. Paper ini mencoba membandingkan (mem-validasi) kondisi udara yg tercatat di BMG untuk kota Jakarta tahun 2003 s/d 2007 dengan data yang diramalkan (di-prediksi) oleh Meteonorm. Dari perbandingan tsb, dengan menggunakan model 2005, didapatkan perbedaan antara 2 sampai dengan 8C ada temperatur (bola kering). Untuk perancangan yang menggunakan cooling tower, diperlukan data simultan dari Temperatur bola basah dan temperatur bola kering secara bersamaan (simultan). Kehati hatian perlu dilakukan mengingat penyimpangan yang terjadi antara simulasi dan hasil data pengukuran yang cukup besar. Untuk radiasi matahari tidak dilakukan perbandingan mengingat data BMG tidak tersedia.

Kata Kunci : Perancangan Sistem Energi, Penghematan Energi, Data Meteorologi

1. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pemanasan Global dan terbatasnya Energi menuntut para perancang sistem energi untuk menghemat penggunaan energi dalam setiap perancangannya. Hampir semua sistem energi memanfaatkan udara luar sebagai salah satu “sumber”, yaitu sebagai “pembuangan” atau “pemasukan” kalor. Adalah sangat diperlukan data kondisi udara untuk melakukan perancangan, data tsb biasanya didapatkan dari pengukuran yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), yang tersebar di 173 stasiun pemantauan, dari Aceh sampai dengan Papua (BMG, 2008), maupun data pengukuran yang dilakukan oleh lembaga lain, misalnya Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Kesalahan dalam pemilihan kondisi udara luar mengakibatkan penggunaan energi yang berlebihan atau kekurangan sehingga sistem tsb kurang berfungsi sebagaimana mestinya.

Data pengukuran yg dilakukan oleh BMG hanya ada di beberapa kota besar dan tempat tertentu, sehingga untuk tempat yg lain, orang harus memperkirakannya, antara lain dengan menggunakan data satu atau beberapa stasiun pengukuran yg terdekat kemudian dilakukanlah interpolasi untuk tempat tsb, tentu saja hal ini tidak seakurat bila dibandingkan dengan pengukuran langsung. Persyaratan yang lain, yaitu penugukan tsb harus dilakukan untuk kurun waktu yg cukup lama, bertambah lama pengukuran tsb dilakukan maka bertambah akuratlah data tsb.

Untuk itu orang lalu membuat beberapa cara guna memprediksi kondisi udara, salah satu diantaranya adalah Meteonorm versi 6 (Remund, 2007), yaitu sebuah program simulasi yg dapat digunakan sebagai “tool” guna perancangan sistem tata udara, aplikasi solar energi, desain gedung, untuk penggunaan pertanian, dan bermacam sistem yg memerlukan data meteorologi. Program menginterpolasi dan menghitung dengan menggunakan database lebih dari 7700 stasiun cuaca didunia, termasuk data satelit untuk daerah yg kurang stasiun pengukurnya.

Paper ini akan mencoba membandingkan data setiap jam (*hourly*) yg di-generate oleh Meteonorm dengan data pengukuran yang dilakukan dan disediakan oleh BMG.

I.2 Tujuan

1. Membandingkan ketepatan hasil simulasi dengan data pengukuran.
2. Diharapkan ada kemudahan dalam mencari dan memilih data kondisi udara luar pada perancangan sistem energi di lokasi tertentu.

I.3 Tinjauan Pustaka

Pada sistem perancangan, terutama sistem tata udara, untuk menghitung beban pendinginan di beberapa kota besar para perencana menggunakan data yang berbeda beda (Rana, 2006), sebagian perancana menggunakan 35 °C temperatur bola kering (DB) dan 29.4 °C temperatur bola basah (WB), padahal data tsb belum dibuktikan kebenarannya. SNI (1993) juga menganjurkan pemilihan DB dan WB yang tepat pada perhitungan *cooling load* pada perancangan gedung.

Malin dan Idrus (2005) menyimpulkan bahwa penghematan dapat dilakukan pada pemilihan temperatur dan RH udara luar dan udara didalam ruangan dengan tepat. Untuk perbandingan kalor sensibel dan kalor latent (SHF), sebagai contoh untuk Effective Sensible Heat Factor (ESHF) sebesar 0.93, dan penyimpangan suhu udara perancangan 1 °C lebih rendah (dari 33.4 °C menjadi 32.4°C), dapat dihasilkan penghematan sebesar 6%.

Dengan menggunakan metode modified bin pada Psychrometric dalam menganalisa 26304 pasang data (DB dan WB) BMG Jakarta (Kwitang) tahun 1994 sampai dengan tahun 1996, Idrus (2006) menyarankan untuk menggunakan temperatur udara luar sebesar 33 °C. Sedang untuk peralatan pembuang kalor pada *Cooling Tower* misalnya, dapat menggunakan WB sebesar 26 °C.

Harjanto (2006) mensitir beberapa pustaka, bahwa maksimum DB dan WB secara bersamaan (*coincident*) diperlukan untuk menghitung cooling load, sedangkan maksimum WB dan DP sangat berguna pada pemilihan sistem yang menggunakan *cooling tower*, *evaporative cooler*, beban *fresh air ventilation*, *desiccant cooling* dan *dehumidification*. Peak cooling kondisi tidak selalu terjadi pada maksimum disain DB (dan WB *coincident*-nya), tetapi lebih kepada maksimum WB (dan DB *coincident*-nya).

Meteonorm (2008), sebagai salah satu alat yang dapat men-generate data kondisi temperatur dan kelembaban udara. Guna memastikan penggunaannya, perlu di-cocok-kan dengan data BMG yang tersedia.

2. PENGUMPULAN DATA

II.1 Data Prediksi (Simulasi)

Meteonorm adalah sebuah “*tool*” yang men-*generate* data cuaca di lokasi hampir diseluruh dunia, menggunakan kombinasi antara data pengukuran dan model geometry matahari dan jenis cuaca di tempat tertentu untuk memproduksi satu set data cuaca yg dapat digunakan sebagai input. Data yg dihasilkan dapat berupa jam² an (*hourly*) atau data rata² bulanan. Hasilnya berupa tabulasi dengan urutan waktu lokal (jam), tanggal, tahun, temperatur bola kering (°C), temperatur bola basah (°C), kelembaban relative (%), radiasi matahari global (W/m²), arah dan kecepatan angin (m/s), dan temperatur permukaan (°C). Paper ini hanya menitik beratkan kepada temperatur bola kering (selanjutnya disebut dengan temperatur saja) dan temperatur bola basah.

Untuk men-*generate* data cuaca, digunakan kombinasi antara data base yg ada dan *stochastic* model dengan *autocorrelation*. Database dari 7700 stasiun cuaca yang dikumpulkan dari hampir semua bagian dunia, kemudian dikombinasikan dan diperiksa. Sebagian besar data diperoleh dari Global Energy Balance Archive (GEBA), dari World Meteorological Organization (WMO/OMM) Climatological Normals dan dari Swiss database yang dikumpulkan oleh MeteoSwiss, untuk daerah yang jarang stasiun pengukurnya maka dibantu dengan data satelite cuaca. Data yg digunakan pada tahun 1961 – 1990 dan 1996 – 2005.

Input yang diperlukan antara lain temperatur rata rata bulanan, rata rata minimum harian, rata rata minimum dan maksimum jam²-an, dan beberapa data lainnya. Data lokasi (lintang, bujur dan ketinggian) dan radiasi matahari juga diperlukan untuk memprediksi temperatur pada lokasi tertentu. Nilai tersebut harus diestimasikan dari data pengukuran yang telah dimiliki. Untuk lokasi yg tidak memiliki maka data diambil dari lokasi yang terdekat kemudian di-interpolasikan.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan data lokasi sebagaimana Tabel I. Data simulasi disediakan oleh Andarini (2008) yang mengenerate data dengan program Meteonorm.

Tabel I : Lokasi Simulasi

Lokasi Data	Djakarta/ Halim Airp.	Soekarno Hatta Intl.	Jakarta ID
Latitude/ Lintang (°)	- 6.250	- 6.110	- 6.130
Longitude/ Bujur (°)	106.900	106.650	106.750
Altitude/ Ketinggian (m)	30	8	0
Jumlah Data (setahun)	8760	8760	8760

II.1 Data Validasi (Pengukuran)

Data pengukuran jam²an untuk DB dan WB didapatkan dari BMG (Faridah, 2008) untuk Halim, Kemayoran dan tanjung Priok antara tahun 2003 – 2007. Data tersebut ada yang penuh selama setahun dan adapula yang tidak tersedia semuanya, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel II.

Tabel II : Data Pengukuran BMG

Periode	Hali m	Kemayoran					Tanjung Priok				
		2007	2003	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Jan	+	+	/	+	+	/	+	/	/	/	+
Feb	+	-	/	+	+	/	+	+	+	+	+
Mar	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Apr	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mei	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Jun	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Jul	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ags	-	-	+	+	+	+	+	+	+	/	+
Sep	+	-	+	+	+	+	+	+	+	/	+
Okt	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nop	-	-	+	+	+	+	/	+	+	+	+
Des	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Catatan : + berarti tersedia datanya, - tidak tersedia, / sebagian tidak.

Data tsb. diperiksa kemungkinan kesalahan dalam pengetikan atau pengukurannya. Kemungkinan kesalahan adalah kesalahan pengetikan “.” dengan “,” atau koma/titiknya dua kali (sehingga tidak dibaca sebagai *numerik*), data “tidak masuk akal” (misalnya lebih besar dari 40 °C atau dibawah 10 °C), dan temperatur depresi (beda antara T_{wet} dan T) harus sama dengan atau lebih besar dari 0°C. Data yg rusak tsb kemungkinannya “dihilangkan” atau “diperbaiki” dengan membandingkannya dengan data diatas dan dibawahnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Rata rata bulanan

Tabel II menunjukkan temperatur maksimum, rata rata dan minimum bulanan dari hasil simulasi dan disandingkan dengan pengukuran BMG tahun 2007. Untuk Halim, perbedaan temperatur antara simulasi dan pengukuran cukup jauh, pada temperatur maksimum, perbedaan tersebut antara 2.1 sampai dengan 8.5 C. Pada simulasi, temperatur minimum yang terjadi adalah 17,8 C, padahal hasil pengukuran 21,5 C. Tetapi untuk Jakarta (Meteo) dan Kemayoran, perbedaan tersebut berkisar antara

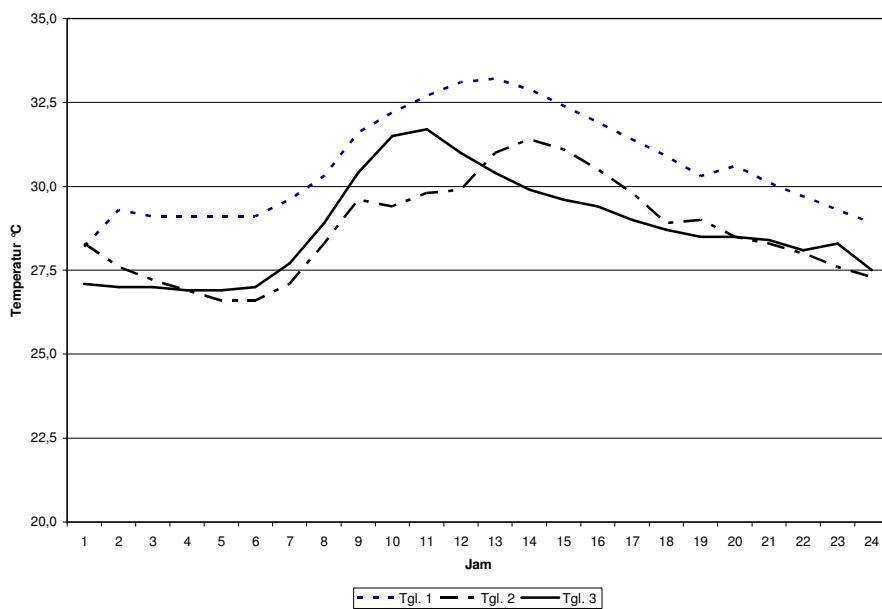
0 sampai 2 C. Sedang perbandingan antara data Sukarno Hatta dan Kemayoran juga berkisar antara 0 sampai dengan 2.7 C.

Tabel II : Temperatur Bulanan Hasil Simulasi (Meteo) dan Pengukuran BMG tahun 2007

	Sukarno H.																	
	Jakarta (Meteo)			(Meteo)			Halim (Meteo)			Halim 2007			Kemayoran 2007					
	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min
Jan	34,4	27,9	22,4	33,3	26,9	21,4	28,3	24,1	18,4	36,0	26,2	23,2	36,0	28,6	23,4			
Feb	33,4	27,6	22,5	32,8	26,6	21,6	28,2	24,0	19,9	33,7	26,3	22,8	32,7	27,3	22,2			
Mar	34,5	28,5	23,5	33,4	27,4	22,2	28,4	24,2	19,0	34,8	27,5	22,0	35,0	28,1	24,0			
Apr	35,7	28,5	23,1	34,2	27,5	22,1	28,6	24,5	20,6	32,8	27,2	23,4	33,6	28,3	24,2			
Mei	35,2	29,3	24,1	33,8	28,0	22,7	28,2	24,6	18,8	0,0	0,0	0,0	34,8	28,9	24,2			
Jun	35,2	28,5	22,9	33,6	27,1	21,6	27,8	23,7	18,8	0,0	0,0	0,0	34,0	28,6	23,6			
Jul	34,8	28,5	23,0	33,3	27,2	21,8	27,6	23,3	18,8	0,0	0,0	0,0	33,8	28,8	24,0			
Ags	34,5	28,6	22,5	33,8	27,4	21,1	27,9	22,9	17,8	0,0	0,0	0,0	34,2	28,8	23,4			
Sep	35,4	28,5	22,2	34,5	27,5	21,2	27,5	23,2	19,0	35,9	28,2	21,5	34,4	29,0	24,0			
Okt	36,0	28,8	22,8	34,2	27,8	22,0	27,9	23,8	18,3	34,4	28,1	22,7	35,0	28,9	23,4			
Nop	35,7	28,3	22,7	34,7	27,3	21,9	28,2	24,0	20,2	0,0	0,0	0,0	36,0	28,6	23,4			
Des	35,6	28,3	22,8	34,1	27,3	21,6	27,8	23,9	19,0	0,0	0,0	0,0	33,8	27,3	23,2			
Thn	36,0	28,4	22,2	34,7	27,3	21,1	28,6	23,9	17,8	36,0	27,2	21,5	36,0	28,4	22,2			

IV.2 Kecenderungan Temperatur

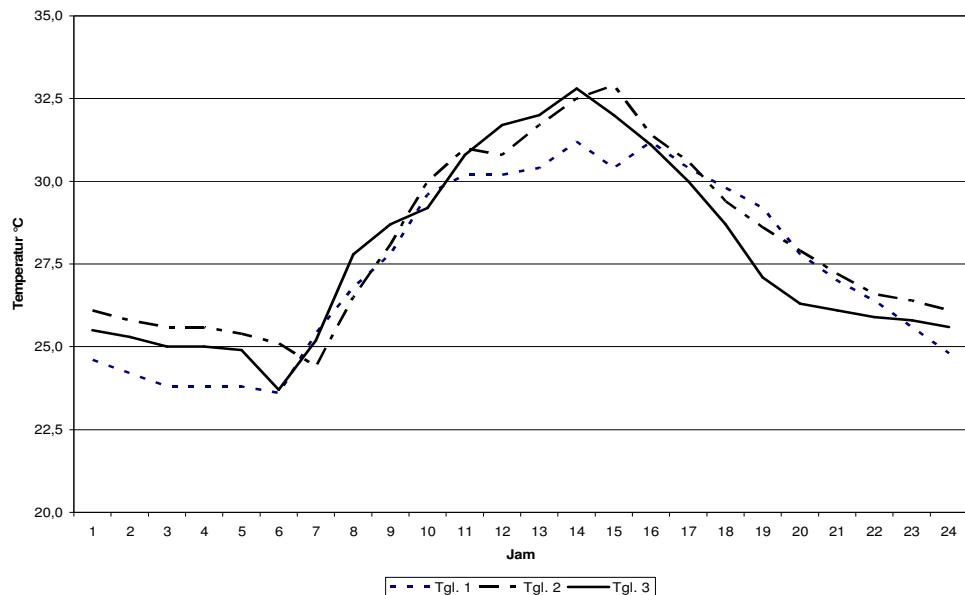
Kecenderungan temperatur harian hasil simulasi pada lokasi Halim ditunjukkan pada gambar 1. Pattern pada grafik tsb menunjukkan persamaan diantara ketiganya. Temperatur udara cenderung turun dimalam hari akibat berkurangnya radiasi matahari dan pertukaran kalor secara radiasi dimalam hari.



Gambar 1 : Grafik kecenderungan temperatur harian bulan Januari 2007di Halim (Meteo)

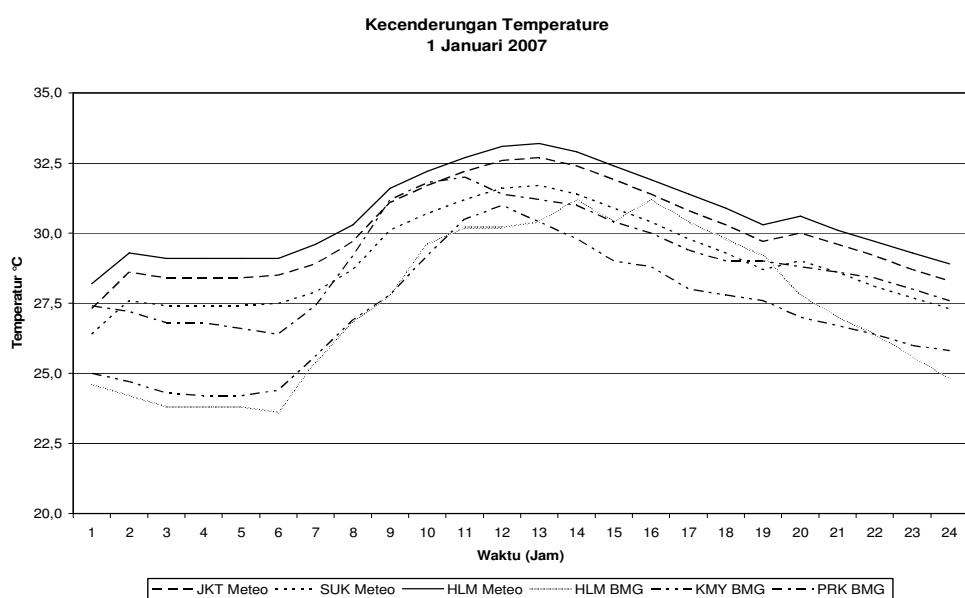
Tampak temperatur maksimum terjadi antara pukul 11 dan pukul 15, namun pada kenyataannya temperatur maksimum terjadi pada sekitar pukul 15 siang hari, sebagaimana terlihat pada gambar 2.

Bila dibandingkan antar kedua grafik tsb, ada shifting antara keduanya, hal ini terjadi kemungkinan akibat prediksi yang kurang tepat. Bila hal ini digunakan untuk menghitung sistem energi, dapat dipastikan bahwa akan terjadi kesalahan dalam perhitungannya.



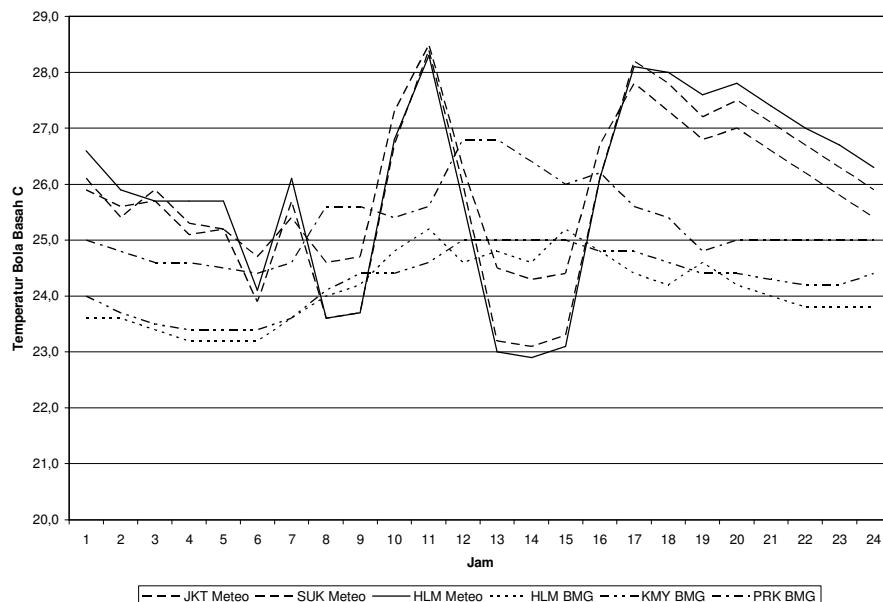
Gambar 2 : Grafik kecenderungan temperatur harian bulan Januari 2007 di Halim (Pengukuran BMG))

Tampak jelas digambar 3, bahwa hasil simulasi pada tanggal 1 januari 2007 ketiganya menunjukkan “keseragaman”, namun tidak demikian pada hasil pengukuran BMG. Hampir semuanya menunjukkan temperatur maksimum terjadi sekitar pukul 13.



Gambar 3 : Grafik kecenderungan temperatur harian 1 Januari 2007

Pada grafik 4 dibawah ini, tampak jelas kecenderungan yang seragam data yang di generate oleh simulasi. Dari ketiga lokasi simulasi (Jakarta, Sukarno Hatta dan Halim), kecenderungan garis penaikan dan penurunnya adalah sama. Adapun hasil pengukuran BMG lebih “natural”, mungkin mengikuti keadaan disekitarnya, bisa jadi adanya hujan atau lainnya. Tampakpula temperatur bola basah maksimum pada simulasi adalah 28 C dan terjadi sekitar pukul 11, sedang hasil pengukuran BMG temperatur bola basah maksimum 26.8 yang dicapai pada pukul 13. Temperatur bola basah ini sangat berpengaruh pada perhitungan sistem energi yang banyak mengandung beban *latent*, sehingga penggunaan simulasi juga perlu lebih berhati hati.



Gambar 4 : Grafik kecenderungan temperatur bola basah harian 1 Januari 2007

V. KESIMPULAN

- Dari hasil perbandingan tersebut diambil beberapa kesimpulan;
1. Penggunaan simulasi data meteorologi guna sistem perhitungan energi perlu kehati hatian.
 2. Untuk lebih akurat, sebaiknya menggunakan data yg disediakan oleh BMG dalam rentang waktu yg cukuplama, misalnya 5 s/d 10 tahun berturut.
 3. Perbedaan temperatur simulasi dan pengukuran sangat bervariasi, mulai 0 sampai 8 C.
 4. Khusus untuk temperatur bola basah kehati hatian harus lebih ditekankan mengingat perhitungan beban laten sangat dipengaruhi oleh unsur ini.
 5. Disarankan untuk melanjutkan pengkajian lebih dalam pada software meteorologi yg ada.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada sdri Rahmi Andarini (Institut für Wärmetechnik, **TU Graz**, Austria) atas pemberian data dari Meteonorm v. 5. Juga kepada Ibu Farida dan ibu Ellysa dari Balai Besar Meteorologi & Geofisika Wilayah II atas penyediaan data pengukuran Temperatur bola kering dan temperatur bola basah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andarini, R., 2008, **Personal Communication**, Institut für Wärmetechnik, **TU Graz**, Austria, 18 September 2008.

2. BMG, Badan Meteorologi dan Geofisika, 2008, <http://www.bmg.go.id/>, 10 Oktober 2008.
3. Farida dan Ellysa, 2008, **Personal Communication**, Balai Besar Meteorologi & Geofisika Wilayah II, Ciputat, 21 Oktober 2008.
4. Harjanto, J.B., 2006, **Diskusi Ambient Temperature Dry Bulb dan Wet Bulb**, Himpunan Ahli Tata Udara dan Refrigerasi (HATUR), Unika Atmajaya, Jakarta (Sept 2006)
5. Idrus, M.A., 2006, **Analisa Frekwensi (Hourly Frequency) Tempertur dan Kelembaban Jakarta tahun 1994-1996 dengan Menggunakan Metoda Modified Bin pada Psycrometrics**, Seminar Terbatas, Departemen Teknik Mesin FTUI, (Nopember 2006).
6. Malin, R. dan Idrus M.A, 2005, **Pengaruh Pemilihan Suhu dan Kelembaban Perancangan pada Perhitungan Beban Pendinginan dalam Penghematan Energi**, Prosiding *Seminar Nasional Efisiensi dan Konservasi Energi (FISERGI)* 2005, 12 Desember 2005, ISSN 1907-0063, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
7. Rana, Y.N., 2006, **Studi Kasus Kondisi Udara Luar**, Himpunan Ahli Tata Udara dan Refrigerasi HATUR, Jakarta (Agustus 2006).
8. Remund, Jan et all., 2007, **Meteonorm Version 6.0, Handbook Part II : Theory**, <http://www.meteonorm.ch>, 7 Nopember 2007.
9. Standard SNI, 1993, **Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung**, SNI T-14-1993-03, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung, (1993).