

PENELITIAN KENYAMANAN TERMIS DI JAKARTA SEBAGAI ACUAN SUHU NYAMAN MANUSIA INDONESIA

Tri Harso Karyono

Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Universitas Indonesia
Email: tkaryono@cbn.net.id; tri_karyono@email.com

ABSTRAK

Penelitian kenyamanan termis yang dilakukan penulis memperlihatkan sekitar 95% dari 596 karyawan/wati di beberapa bangunan tinggi di Jakarta merasa nyaman pada suhu udara (T_a) 26,4°C atau suhu operasi (T_o) 26,7°C. Sementara rentang nyaman antara 24.9 hingga 28.0 T_a dan 25.1 hingga 27.9 T_o . Dalam kondisi termis ini diperkirakan 90% responden merasa nyaman. Standar kenyamanan termis di Indonesia yang berpedoman pada standar Amerika [ANSI/ASHRAE 55-1992] merekomendasikan suhu nyaman 22.5°-26°C T_o , atau disederhanakan menjadi 24 °C \pm 2 °C T_o , atau rentang antara 22 °C T_o hingga 26 °C T_o . Perbedaan ini akan berakibat pada jumlah energi yang dikonsumsi oleh bangunan. Dibandingkan hasil penelitian diatas, suhu nyaman perencanaan bangunan berpengondisi udara di Jakarta berada sekitar 2.5 °C T_o lebih rendah dibanding suhu rekomendasi ASHRAE. Paper ini juga menelaah beberapa faktor lain (jenis kelamin, usia, faktor gemuk, dsb.) - diluar enam faktor baku ISO - yang diperkirakan akan berpengaruh terhadap kenyamanan.

Kata kunci: suhu udara, suhu operasi, suhu nyaman, sensasi termis.

ABSTRACT

The current standard for thermal comfort in Indonesia is based on ASHRAE 55 -1992 (the American Standard). This standard recommends a neutral temperature of 24.0 °C T_o with the range of comfort between 22 and 26 °C T_o . Results from a thermal comfort study done by the author in Jakarta - in which some of 596 office workers from seven multi-storey office buildings were participated in this study - showed that these values were fairly too low to the average requirement of the Indonesian workers who were (about 95% of the sample population) still comfortable within the range temperature of 24.9 to 28.0 °C in terms of air temperature (T_a) or 25.1 to 27.9 °C in terms of operative temperature (T_o). The lower the values of the standard would result to the higher energy consumption in the air-conditioned building. It discusses also the effect of the so called 'external factors', such as gender, age, fatness, ethnic backgrounds, etc., on the state of human thermal comfort.

Keywords: air temperature, operative temperature, neutral (comfort) temperature, thermal sensation.

PENDAHULUAN

Dalam ilmu arsitektur dikenal paling sedikit empat macam kenyamanan: kenyamanan ruang, kenyamanan penglihatan, kenyamanan pendengaran dan kenyamanan termis. Dalam kenyamanan termis, manusia merasakan sensasi panas atau dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa pada kulit terhadap stimuli suhu di sekitarnya. Sensor perasa berperan menyampaikan rangsangan rasa kepada otak, dimana otak akan memberikan perintah kepada bagian-bagian tubuh tertentu agar melakukan antisipasi guna mempertahankan suhu tubuh agar tetap berada pada sekitar 37°C. Hal ini diperlukan organ tubuh agar dapat menjalankan fungsinya secara baik.

Apabila suhu udara di sekitar tubuh manusia lebih tinggi dari suhu nyaman yang diperlukan, aliran darah pada permukaan tubuh atau anggota badan akan meningkat dan ini akan meningkatkan suhu kulit. Peningkatan suhu ini bertujuan untuk melepaskan lebih banyak panas secara radiasi dari dalam tubuh ke udara di sekitarnya. Proses pengeluaran keringat akan terjadi pada suhu udara yang lebih tinggi lagi, sebagai tindak lanjut dari usaha pelepasan panas tubuh melalui proses penguapan.

Pada situasi dimana suhu udara lebih rendah dari yang diperlukan tubuh, peredaran darah ke permukaan tubuh atau anggota badan dikurangi. Hal ini merupakan usaha tubuh untuk mengurangi pelepasan panas ke udara disekitarnya. Pada situasi ini pada umumnya tangan atau kaki menjadi dingin dan pucat. Otot-otot akan

berkontraksi dan tubuh akan meinggigil pada suhu udara yang lebih rendah lagi. Hal ini merupakan usaha terakhir tubuh untuk memperoleh tambahan panas melalui peningkatan proses metabolisme. Pada kondisi lebih ekstrim, baik terlalu panas ataupun terlalu dingin, manusia mungkin tidak lagi mampu bertahan untuk hidup.

Ilmu kenyamanan termis hanya membatasi pada kondisi udara tidak ekstrim (*moderate thermal environment*), dimana manusia masih dapat mengantisipasi dirinya terhadap perubahan suhu udara di sekitarnya. Dalam kondisi yang tidak ekstrim ini terdapat daerah suhu dimana manusia tidak memerlukan usaha apapun, seperti halnya meinggigil atau mengeluarkan keringat, dalam rangka mempertahankan suhu tubuhnya agar tetap berkisar pada 37°C. Daerah suhu inilah yang kemudian disebut dengan 'suhu netral atau nyaman'. Dari penelitian Farida Idealistina (1991)[1] dinyatakan bahwa suhu nyaman diperlukan manusia untuk mengoptimalkan produktifitas kerja.

Dalam menyatakan suatu kondisi termis tertentu, ISO 7730-94[2], menggunakan index yang diperkenalkan oleh Fanger [3] yakni PMV (*Predicted Mean Vote*, prediksi sensasi termis rata-rata) dan PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*, prediksi prosentase ketidaknyamanan). Nilai atau besaran PMV dinyatakan dengan angka antara -3 (*cold*, dingin sekali) hingga +3 (*hot*, panas sekali) berdasarkan perhitungan sensasi termis rata-rata dari responden, dimana besaran ini diperoleh dengan cara membagi jumlah nilai sensasi seluruh responden dengan jumlah responden. Skala sensasi termis yang digunakan merujuk pada skala yang direkomendasikan oleh ISO 7730-94 (selanjutnya lihat pada paragraf METODA). *Suhu nyaman/netral* dicapai apabila nilai PMV = 0, dimana pada kondisi ini nilai PPD (prosentase responden yang tidak nyaman) mencapai 5% atau prosentase responden yang nyaman mencapai 95%. Secara teori karena adanya perbedaan postur tubuh, usia dan lainnya - menurut Fanger [3], pada kondisi termis apapun prosentase responden yang tidak nyaman (PPD) tidak akan mungkin mencapai 0%, atau prosentase responden yang nyaman tidak mungkin mencapai 100%. Sementara itu *rentang suhu nyaman* dicapai apabila nilai PMV berada antara -0.5 hingga +0.5, dimana pada kondisi ini nilai PPD mencapai 10%, atau prosentase responden yang nyaman mencapai 90%.

Sementara itu standar kenyamanan termis dari Internasional Standard, ISO 7730:1994[1] menyatakan bahwa sensasi manusia terhadap suhu merupakan fungsi dari empat faktor iklim yaitu, suhu udara, suhu radiasi, kelembaban udara, dan kecepatan angin, serta dua faktor individu yakni, tingkat kegiatan yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh, serta jenis pakaian yang dikenakan.

Dalam teori tersebut dinyatakan bahwa kenyamanan termis tidak dipengaruhi secara nyata oleh hal-hal lain, misalnya oleh perbedaan jenis kelamin, tingkat kegemukan, faktor usia, suku bangsa, tempat tinggal geografis, adaptasi, faktor kepadatan, faktor warna, dan sebagainya. Sehingga dari teori tersebut dapat disimpulkan bahwa sekelompok manusia Indonesia dan sekelompok manusia Eropa akan memperoleh tingkat kenyamanan yang sama apabila mereka ditempatkan pada ruang yang sama, melakukan kegiatan sama dan mengenakan pakaian yang sama. Standar Amerika, ANSI/ASHRAE 55-1992[2] juga menyatakan hal yang tidak jauh berbeda dari Standar Internasional, ISO, yang hampir seluruhnya diilhami oleh pemikiran Fanger (Denmark, 1970)[3] dengan teori keseimbangan panas (*the heat balance model*) atau model statis (*static model*).

Salah satu sasaran dari penelitian ini untuk melihat apakah faktor-faktor lain, di luar enam faktor di atas, seperti halnya jenis kelamin, usia, faktor kegemukan, dan sebagainya, akan berpengaruh pada suhu netral dari responden di Jakarta. Sebagai contoh apakah wanita memilih suhu netral (nyaman) lebih tinggi dari pria, apakah orang yang gemuk merasa nyaman pada suhu yang lebih rendah dari orang yang bertubuh kurus, apakah orang muda lebih tahan terhadap rasa dingin dibanding orang tua, dan sebagainya. Semua aspek tersebut akan dibahas dalam makala ini.

METODA

Sejumlah 596 karyawan dan karyawan (untuk selanjutnya disebut 'responden') yang bekerja pada tujuh bangunan kantor, yakni Gedung Agama-Thamrin (AG), Gedung BPPT-Thamrin (BP), Gedung BCA-Sudirman (BC), Gedung Depdikbud-Sudirman (EC), Gedung Pajak-Sudirman (PA), Gedung Widjojo-Sudirman (WI) dan Gedung LIPI-Gatot Subroto (LI), berpartisipasi dalam penelitian kenyamanan

termis yang dilakukan antara bulan Maret hingga Juni 1993.

Para responden diminta untuk mengisi kuesioner yang telah disiapkan sebelumnya. Dalam kuesioner tersebut diantaranya tercantum pertanyaan mengenai 'sensasi termis (suhu)' yang dirasakan responden pada saat itu. Sensasi termis tersebut menggunakan Skala Sensasi Termis dari ISO 7730-94 [2] yang terdiri atas 7 gradasi: cold / dingin sekali (-3), cool/dingin (-2), slightly cool/agak dingin/sejuk (-1), neutral/ sedang/nyaman (0), slightly warm/hangat (+1), hot/panas (+2) dan too hot/panas sekali (+3). Dalam waktu yang sama, ketika responden tengah mengisi kuesioner, peneliti (penulis) melakukan pengukuran klimatologi ruang, yakni suhu udara (T_a), suhu operasi (T_o , gabungan efek dari suhu udara dan suhu radiasi), suhu ekuivalen (T_{eq} , merupakan gabungan efek dari suhu udara, suhu radiasi dan kecepatan angin, untuk selanjutnya data pengukuran T_{eq} tidak akan dibahas lebih lanjut pada tulisan ini), dan kelembaban udara (RH). Besarnya metabolisme tubuh responden diperkirakan berdasarkan Tabel Aktifitas [2], dimana untuk pekerjaan kantor ditentukan sekitar 1 hingga 1,1 met (1 met setara dengan 58.2 W/m^2)[2,4]. Sementara besarnya insulasi pakaian juga diperkirakan berdasarkan Tabel Insulasi Pakaian, yang rata-rata berkisar 0.6 clo untuk pakaian tropis (1 clo setara dengan $0.155\text{m}^2\text{K/W}$) [4].

Pengukuran suhu udara (T_a) dan kelembaban udara (RH) dilakukan dengan menggunakan *thermo hygrometer*, sementara pengukuran besaran klimatologi yang lain, T_o dan T_{eq} dilakukan dengan menggunakan *thermal comfort meter tipe 1212* produksi B&K Denmark [5].

DATA DAN PEMBAHASAN

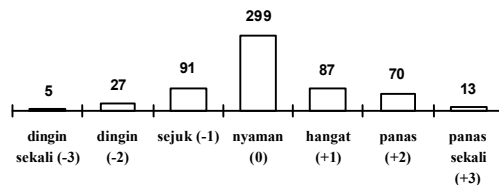
Distribusi Sensasi Termis dari Responden

Tabel 1 memperlihatkan distribusi sensasi termis dari responden. Sensasi termis rata-rata dari responden di Gedung Agama adalah + 1.37. Responden yang bekerja di empat bangunan yang lain, yaitu BPPT, Itjen-Depdikbud, LIPI dan Inspektorat Pajak memberikan pilihan antara '0' dan '+1'. Hal ini menunjukkan, bahwa para responden secara rata-rata berada sedikit diatas 'daerah netral', namun masih nyaman. Responden yang berada di dua gedung ber-AC, yakni BCA dan Gedung Widjojo memberikan pilihan sensasi

diantara '0' (netral) dan '-1' (sejuk), yang menyatakan bahwa mereka berada dalam keadaan 'nyaman sejuk'. Gambar 1 memperlihatkan distribusi sensasi termis dari responden. Dapat dilihat dalam gambar bahwa sejumlah 299 reponden (50.2%) memberikan pilihan '0' atau netral, sementara 123 responden (21.2%) memilih di bawah netral (sejuk/agak dingin, dingin, dingin sekali), dan sejumlah 170 responden (28.7%) memilih diatas netral [6]. Data ini memperlihatkan, secara rata-rata, bahwa lebih banyak responden yang berada pada daerah 'panas' dibanding yang berada pada daerah 'dingin'.

Table 1. Distribusi Sensasi Termis dari Seluruh Responden

Nama Gedung	System Udara	-3 dingin	-2 agak dingin	-1 sejuk	0 netral	+1 hangat	+2 agak panas	+3 panas	Rata ²	Jumlah responden
AG	Alami	0	0	0	20	27	44	6	1,37	97
BC	AC	2	10	33	53	5	0	0	-0,52	103
BP	AC	0	3	4	50	33	6	2	0,49	98
EC	AC	0	2	7	63	11	10	2	0,27	95
LI	AC	0	1	21	51	9	7	2	0,07	91
PA	Hibrid	0	1	7	27	3	2	1	0,07	41
W	AC	3	10	19	35	4	1	0	-0,58	72
Total		5	27	91	299	87	70	13	0,18	596
		0.8%	4.5%	15.3%	50.5%	14.6%	11.7%	2.2%		100%

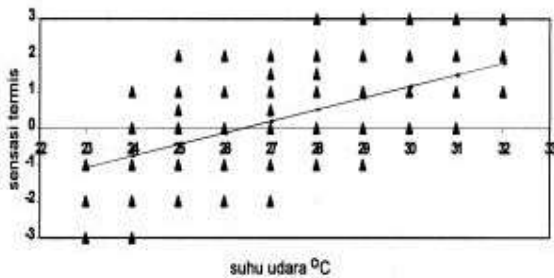


Gambar 1. Distribusi Sensasi Termis dari Seluruh Responden

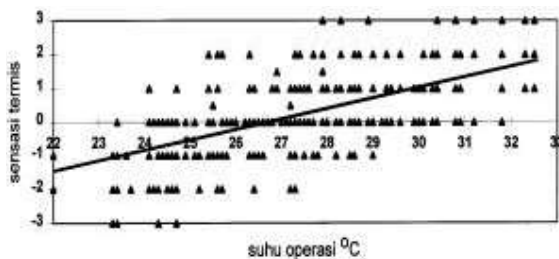
Suhu Netral dan Batas Suhu Nyaman

Penghitungan suhu netral dan batas suhu nyaman dilakukan dengan menggunakan regresi (persamaan) linier dari sensasi termis responden terhadap suhu. Semua regresi linier yang disajikan dalam tulisan ini dihitung dengan menggunakan program Lotus 123 DOS, grafik regresi linier dibuat dengan menggunakan program Cricket Graph untuk Window. Suhu netral (neutral temperature) didefinisikan sebagai suhu dimana sensasi termis (comfort vote, Y) adalah 0 (nol), sedangkan 'batas suhu nyaman' (comfort range) didefinisikan sebagai selang antara sensasi termis - 0.5 (antara sejuk dan nyaman) dan +0.5 (antara hangat dan nyaman). Menurut Standar Internasional (*ISO 7730:1994*) [2], selang antara sensasi termis -0.5 dan +0.5 diprediksi akan menghasilkan sekitar 10%

responden yang merasa 'tidak nyaman', atau 90% merasa 'nyaman'. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan garis regresi linier dari sensasi termis responden terhadap suhu (suhu udara dan suhu operasi).



Gambar 2. Regresi Linear Sensasi Termis Hasil Penelitian Terhadap Suhu Udara, T_a



Gambar 3. Regresi Linier Sensasi Termis Hasil Penelitian Terhadap Suhu Operasi, T_o

Tabel 2 memperlihatkan bahwa *suhu nyaman/netral* ($PMV=0$), dimana diperkirakan sekitar 95% responden merasa nyaman, dicapai pada angka $26.4^{\circ}C$ suhu udara (T_a) atau $26.7^{\circ}C$ suhu operasi (T_o). Sedangkan *rentang suhu nyaman* (PMV antara -0.5 dan $+0.5$), dimana diperkirakan sekitar 90% responden merasa nyaman, dicapai antara 24.9 hingga $28.0^{\circ}C$ suhu udara (T_a) atau 25.1 hingga $27.9^{\circ}C$ suhu operasi (T_o).

Tabel 2. Suhu nyaman/neutral (T_n) dan Batas Suhu Nyaman (T_{cr}) hasil penelitian Jakarta

	T_a ($^{\circ}C$)	T_o ($^{\circ}C$)
Suhu Netral (T_n , \pm 95% nyaman)	26.4	26.7
Batas Suhu Nyaman (T_{cr} , \pm 90% nyaman)	24.9 hingga 28.0	25.1 hingga 27.9
Persamaan regresi	$Y = -8.428 + 0.319X$	$Y = -8.331 + 0.312X$
Koefisien determinasi (r^2)	0.415	0.421
Derajat kebebasan	594	594
Standar kesalahan koefisien	0.016	0.015
Standar kesalahan konstanta	0.835	0.831

Perbandingan Suhu Netral Terhadap Standar ASHRAE

Standar kenyamanan termis Amerika, *ANSI/ASHRAE 55-1992*, merekomendasikan batas suhu nyaman pada 22.5 hingga $26^{\circ}C$, untuk musim panas (dalam selang suhu ini diperkirakan sekitar 90% dari sekelompok responden akan nyaman). Standar ini digunakan di Indonesia dalam perencanaan pengkondisian udara (gedung ber-AC). Dengan membandingkan hasil dari penelitian yang dilakukan penulis di atas, dimana batas nyaman para responden adalah antara 25.1 hingga $27.9^{\circ}C$, (dalam selang ini sekitar 90% responden merasa nyaman), dapat dilihat bahwa standar suhu nyaman yang sementara ini digunakan di Indonesia terlalu rendah. Rendahnya perencanaan suhu ruang pada gedung ber-pengkondisi udara (AC), memiliki implikasi negatif, yakni pertama, para pemakai gedung akan merasa 'dingin tidak nyaman', kedua, pemakaian energi untuk pendinginan dalam bangunan akan lebih besar [7,8,9,10]. Dari berbagai pengalaman yang terjadi pada banyak bangunan, secara rata-rata, diperkirakan bahwa setiap penurunan $1^{\circ}C$ suhu dalam ruang (bangunan) ber-AC akan mengkonsumsi 10% energi lebih tinggi. Dengan demikian penggunaan Standar *ANSI/ASHRAE 55-1992* yang selama ini digunakan oleh konsultan M&E (*mechanical and electrical*) untuk perencanaan suhu pada bangunan ber-pengkondisian udara di Indonesia akan menimbulkan implikasi pemborosan energi (listrik), disamping menaikkan tingkat (prosentase) ketidaknyamanan (dingin) yang lebih besar bagi karyawan yang bekerja pada bangunan tersebut.

Kenyamanan Termis untuk Pria dan Wanita

Dari 596 responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini, hanya 572 orang yang mencantumkan jenis kelamin mereka pada lembar kuesioner. Dari sejumlah itu, 345 adalah pria, dan sisanya 227 adalah wanita. Dari jumlah responden inilah dianalisa apakah kedua kelompok tersebut memilih suhu netral (nyaman) yang berbeda.

Tabel 3 memperlihatkan distribusi responden berdasarkan jenis kelamin pada tujuh gedung yang diteliti. Tabel 4 memperlihatkan distribusi sensasi termis yang dipilih oleh kedua kelompok responden tersebut (pria dan wanita). Dalam tabel tersebut terlihat bahwa 186 atau 54% responden pria memberikan pilihan sensasi

termis 'netral' atau '0' dibanding dengan 100 orang atau sekitar 44% responden wanita yang memilih sensasi termis yang sama. Dua responden pria dan tiga wanita memberikan sensasi termis 'sangat dingin' (-3), 11 pria dan 16 wanita memberikan sensasi termis 'dingin' (-2), 41 pria dan 47 wanita menyatakan 'agak dingin/sejuk' (-1), 58 pria dan 32 wanita menyatakan 'hangat/agak panas' (+1), 39 pria dan 24 wanita menyatakan 'panas' (+2), sementara sisanya, yakni 8 pria dan 5 wanita menyatakan 'panas sekali' (+3). Secara keseluruhan responden pria memiliki sensasi termis rata-rata +0.29, sementara responden wanita memiliki sensasi termis rata-rata +0.03. Hal ini secara garis besar memberikan indikasi bahwa responden pria rata-rata merasa 'lebih panas' dibanding responden wanita.

Tabel 3. Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Nama Gedung	Agama	BCA	BPPT	Dikbud	LIPI	Pajak	Widjojo	Jumlah Responden
Pria	63	54	78	50	50	30	20	345
Wanita	26	49	17	40	37	9	49	227

Tabel 4. Distribusi Sensasi Suhu Berdasarkan Jenis Kelamin

Sensasi Termis	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Rata-rata	Jumlah Responden
Pria	2	11	41	186	58	39	8	+0.29	345
Wanita	3	16	47	100	32	24	5	+0.03	227

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa suhu netral responden wanita adalah 26.3°C T_a atau 26.6 °C T_o atau 25.2 °C T_{eq} sementara suhu netral responden pria adalah 26.4°C T_a atau 26.7°C T_o or 25.3°C T_{eq} (Tabel 5 dan 6). Suhu netral responden wanita adalah 0.1°C lebih rendah dibanding responden pria. Meskipun demikian tes statistik menunjukkan perbedaan tersebut tidak besar (*insignificant*) pada level 5% (Tabel 7).

Tabel 5. Suhu Netral dan Batas Suhu Nyaman untuk Responden Pria

Responden Pria	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)
Suhu netral (T_n)	26.4	26.7	25.3
Batas suhu nyaman (T_{cr})	23.0 to 29.8	23.3 to 30.1	21.4 to 29.3
Persamaan regresi	$Y=0.296X-7.818$	$Y=0.293X-7.825$	$Y=0.254X-6.439$
Koefisien determinasi (r^2)	0.397	0.412	0.422
Derajat kebebasan (df)	344	344	344
Std. kesalahan koefisien	0.020	0.019	0.016
Std. kesalahan konstanta	0.799	0.789	0.782
Interval suhu yg diukur	23-32	22-32.5	18.7-32.5
Suhu rata-rata	27.3	27.6	26.4
Standar deviasi	2.2	2.2	2.6

Tabel 6. Suhu Netral dan Batas Suhu Nyaman untuk Responden Wanita

Responden Wanita	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)
Suhu netral (T_n)	26.3	26.6	25.2
Batas suhu nyaman (T_{cr})	23.5 to 29.1	23.7 to 29.5	21.9 to 28.5
Persamaan regresi	$Y=0.354X-6.439$	$Y=0.347X-9.216$	$Y=0.304X-7.679$
Koefisien determinasi (r^2)	0.422	0.416	0.415
Derajat kebebasan (df)	226	226	226
Std. kesalahan koefisien	0.016	0.027	0.024
Std. kesalahan konstanta	0.782	0.895	0.896
Interval suhu yg diukur	23-32	23.3-32.5	20.7-32.5
Suhu rata-rata	26.4	26.7	25.4
Standar deviasi	2.1	2.2	2.5

Tabel 7. Test Statistik Perbedaan Suhu Netral antara Pria dan Wanita

Perbedaan antara	Suhu Netral $^{\circ}C T_o$	Beda suhu netral $^{\circ}C T_o$	Rata-rata suhu netral T_m	Beda antara rata-rata sensasi termis pada 95% T_m (ΔY)	Estimasi varian dari ΔY^* $s^2_{\Delta Y}$	Derajat kebebasan untuk $s^2_{\Delta Y}$ df	Nilai Z	Nilai kritis $Z_{\alpha}(0.05)$	Signifikansi
Pria	26.7					344			
Wanita	26.6	0.1	26.65	-0.093	0.0057	226	-1.232	1.96	tidak

* Estimasi varian dari ΔY dihitung berdasarkan residual varian $S^2_{Y \cdot T_o}$ dari Pria = 0.64 (df = 344) dan Wanita = 0.80 (df = 226).

Kenyamanan Termis Responden yang Berusia Dibawah dan Diatas 40 Tahun

Meskipun tidak ada bukti nyata, secara teori 'usia' berpengaruh pada kenyamanan termis, seperti halnya pemilihan suhu netral. Orang yang berusia lanjut cenderung akan merasa lebih nyaman pada suhu yang lebih tinggi dibanding mereka yang berusia muda. Hal ini secara teori terjadi karena basal metabolis manusia menurun sesuai dengan pertambahan usia. Mereka yang berusia 65 tahun memiliki basal metabolik sekitar 4 kcal/m²hr lebih rendah dari mereka yang berusia 20 tahun [3]. Menurut standar ASHRAE [4], mereka yang berusia diatas 40 akan memilih suhu nyaman sekitar 0.6°C lebih tinggi dari mereka yang berusia dibawah 40. Olgay [11] menyatakan bahwa faktor usia memiliki peran dalam pemilihan suhu nyaman manusia: mereka yang berusia 40 tahun keatas pada umumnya memilih suhu nyaman sekitar 1 derajat lebih tinggi dibanding mereka yang berusia dibawah ini.

Meskipun demikian Fanger [3] memperlihatkan dari hasil penelitiannya bahwa suhu netral (nyaman) dari responden lanjut usia dengan responden mahasiswa adalah sama. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian Rohles dan Johnson (1972), Fanger dan Langkilde (1975), Langkilde (1979), serta Collins dan Hoinville (1980) [12]. Pemilihan suhu nyaman yang sama dari kedua kelompok

responden tersebut (usia lanjut dan mahasiswa) kemungkinan besar disebabkan oleh rendahnya panas tubuh yang hilang dari penguapan (paru-paru) sebagai kompensasi rendahnya basal metabolik mereka. [12].

Penelitian oleh Wong di Sydney [13] memperlihatkan bahwa pria usia lanjut cenderung mengenakan pakaian yang lebih tebal pada musim panas dibanding mereka yang masih muda. Hal ini merupakan suatu indikasi bahwa para lanjut usia lebih memilih suhu nyaman yang lebih tinggi. Meskipun demikian banyak hasil penelitian dewasa ini yang memperlihatkan tidak adanya perbedaan antara mereka yang lanjut usia dengan yang berusia muda dalam pemilihan suhu nyaman. Alasan yang paling tepat untuk hal ini adalah, bahwa mereka yang berusia lanjut cenderung lebih diam, kurang bergerak, sehingga cenderung memilih suhu udara yang lebih tinggi [14].

Tabel 8 memperlihatkan distribusi responden menurut kelompok usia di bawah dan di atas 40 tahun pada 7 bangunan yang disurvei. Responden paling muda berusia 19 tahun, sedangkan paling tua berusia 53 tahun. Usia rata-rata dari seluruh responden adalah 32.6 tahun. Sensasi termis rata-rata kelompok responden yang berusia diatas 40 tahun 0.25 lebih tinggi dibanding kelompok usia 40 tahun kebawah (Tabel 9). Kelompok usia diatas 40 tahun memiliki suhu netral 26.4°C T_a or 26.7°C T_o sementara kelompok usia 40 tahun kebawah memilih suhu netral 26.5°C T_a or 26.8°C T_o (Tabel 10 dan 11). Jika dinyatakan dalam suhu ekuivalen, kedua kelompok responden memiliki suhu netral yang sama, yakni 25.4°C T_{eq} (Tabel 10 dan 11). Perbedaan suhu netral antara kedua kelompok adalah sekitar 0.1°C dimana kelompok usia dibawah 40 tahun memiliki suhu netral yang lebih tinggi. Meskipun demikian tes statistik memperlihatkan bahwa perbedaan tersebut tidak nyata (insignificant) pada level 5% (Tabel 12).

Tabel 8. Umur Responden yang Bekerja pada Bangunan yang di Observasi

Nama Gedung	Agama	BPPT	Dikbut	Widjojo	Pajak	BCA	LIPI	Total
Batas Usia	22-53	21-48	20-45	20-52	19-53	20-45	25-50	19-53
Rata-rata Usia	35.4	32.3	30.4	33.1	37.1	27.3	36.4	32.6
Std.Dev.	7.8	5.8	5.2	8.1	10.5	5.4	5.9	7.4

Tabel 9. Distribusi Sensasi Termis Responden Usia di Bawah dan di Atas 40 Tahun

Sensasi termis	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Rata-rata	Jumlah responden
Dibawah 40	4	24	63	198	63	38	9	+ 0.10	399
Diatas 40	0	2	10	49	14	13	2	+ 0.35	90

Tabel 10. Suhu Netral dan Batas Nyaman Kelompok Responden Usia < 40 Tahun

Usia dibawah 40	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)
Suhu netral (T_n)	26.5	26.8	25.4
Batas suhu nyaman (T_{cy})	23.4 to 29.6	23.6 to 30.0	21.8 to 29.1
Persamaan regresi	$Y=0.324X-8.572$	$Y=0.314X-8.422$	$Y=0.274X-6.973$
Koefisien determinasi (r^2)	0.416	0.419	0.426
Derajat kebebasan (df)	398	398	398
Std. Kesalahan koefisien	0.019	0.019	0.016
Std. Kesalahan konstanta	0.839	0.837	0.831
Interval suhu yg diukur	23.0-32.0	22-32.5	18.7-32.5
Suhu rata-rata	26.8	27.1	25.8
Standar deviasi	2.2	2.3	2.6

Tabel 11. Suhu Netral dan Batas Nyaman Responden Usia > 40 Tahun

Usia diatas 40	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)
Suhu netral (T_n)	26.4	26.7	25.4
Batas suhu nyaman (T_{cy})	23.0 to 29.8	23.4 to 30.1	21.5 to 29.3
Persamaan regresi	$Y=0.296X-7.807$	$Y=0.298X-7.970$	$Y=0.257X-6.520$
Koefisien determinasi (r^2)	0.386	0.405	0.417
Derajat kebebasan (df)	89	89	89
Std. kesalahan koefisien	0.040	0.038	0.032
Std. kesalahan konstanta	0.806	0.793	0.786
Interval suhu yg diukur	24.0-32.0	24.5-32.5	22.0-32.5
Suhu rata-rata	27.7	28.0	26.9
Standar deviasi	2.1	2.2	2.6

Tabel 12. Test Statistik Perbedaan Suhu Netral Responden di Bawah dan di Atas 40 Tahun

Perbandingan antara	Suhu Netral	Beda suhu netral	Rata-rata suhu netral T_m	Beda rata-rata sensasi termis pada titik T_m (ΔY)	Estimasi varian dari ΔY^* $s^2_{\Delta Y}$	Derajat kebebasan untuk $s^2_{\Delta Y}$ df	Nilai Z	Nilai kritis Z_{α} (0.05)	Signifikansi
< 40	26.8	0.1	26.75	-0.011	0.0041	398	-0.173	1.96	tidak
> 40	26.7					89			

* Estimasi varian dari ΔY dihitung berdasarkan residual varian S^2_{YTo} responden usia dibawah 40 tahun = 1.15 (df = 398), dan kelompok diatas 40 tahun = 0.63 (df = 89).

Perbandingan Kenyamanan Termis Responden 'kurus', 'sedang', dan 'gemuk'

Untuk menganalisa pengaruh besar tubuh (faktor gemuk) terhadap kenyamanan termis, klasifikasi gemuk perlu didefinisikan terlebih dahulu. Pendefinisian ini berdasarkan pada nilai indeks atau skala yang dihitung dengan cara membagi berat tubuh (dalam kg) dengan kuadrat dari tingginya (dalam m²). Cara ini banyak digunakan dalam ilmu kedokteran. Ada 5 (lima) klasifikasi untuk besar tubuh (gemuk)[15]: kurang gizi, kurang berat, normal, kelebihan berat dan gemuk (Table 13). Meskipun demikian untuk menyederhanakan perbandingan, hanya 3 (tiga) kategori ukuran tubuh yang digunakan: kurus (yang terdiri dari kurang gizi dan

kekurangan berat), normal, gemuk (kelebihan berat dan gemuk).

Tabel 13. Klasifikasi Tingkat Kegemukan Berdasarkan Ilmu Kedokteran

No	Kategori	Nilai indeks (kg/m ²)
1	kurang gizi	< 18.5
2	kekurangan berat	>18.5<20
3	normal	>20<25
4	kelebihan berat	>25<30
5	gemuk	>30

Tabel 14 memperlihatkan minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari ukuran tubuh responden. Tabel 15 memperlihatkan bahwa mayoritas responden yang memberikan data tinggi serta berat, terdapat sejumlah 273 orang yang berukuran tubuh 'normal' dengan memiliki ukuran tubuh antara 20 dan 25 kg/m². Sementara 199 diantara responden tergolong kurus, dan hanya 49 responden yang tergolong gemuk. Tabel 16 memperlihatkan distribusi sensasi termis dari responden berdasarkan ukuran tubuh (kurus, normal dan gemuk).

Tabel 14. Data Tingkat Gemuk dari Responden di Seluruh Gedung

Tingkat Gemuk (Kg/m ²)	Bangunan							
	AG	BP	EC	WI	PA	BC	LI	Seluruhnya
Interval	15.6-28.1	16.9-31.1	16.0-30.1	16.0-30.0	17.2-29.0	16.5-34.6	16.0-29.7	15.6-34.6
Rata-rata	21.5	21.6	20.8	20.9	22.1	20.7	21.3	21.2
Std.Dev.	3.1	2.9	2.8	2.9	2.9	3.1	2.7	2.9

Tabel 15. Distribusi Tingkat Gemuk para Responden di Seluruh Gedung

Ukuran tubuh (Kg/m ²)	Bangunan							
	AG	BP	EC	WI	PA	BC	LI	Seluruhnya
Kurus (<20)	27	26	39	25	8	45	27	199
Normal (20-25)	41	52	41	29	18	43	49	273
Gemuk (>25)	11	12	6	4	5	4	7	49

Tabel 16. Distribusi Sensasi Termis Responden Berdasarkan Tingkat Gemuk

Sensasi termis	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Rata-rata	Jumlah responden
Kurus (<20)	3	11	39	99	25	15	7	+0.03	199
Normal (20-25)	0	12	42	134	49	31	5	+0.21	273
Gemuk (>25)	0	1	1	30	8	8	1	+0.49	49

Secara umum dapat dikatakan bahwa orang gemuk cenderung lebih tahan terhadap udara dingin dibanding merek yang bertubuh kurus. Hal ini terjadi karena lemak yang terdapat pada orang gemuk dapat berfungsi sebagai lapisan

penahan dingin seperti halnya pakaian. Namun demikian, hasil penelitian yang dilakukan Fanger, yang melibatkan 128 mahasiswa bertubuh gemuk dan 128 reponden berusia lanjut memperlihatkan bahwa secara statistik tidak ada pengaruh ukuran tubuh terhadap kenyamanan termis [3].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fanger, ukuran tubuh dirumuskan berdasarkan suatu indeks yang disebut dengan 'ponderal index', yang didefinisikan sebagai akar tiga dari berat (kg) dibagi dengan tinggi (cm). Ditemukan dalam penelitian ini bahwa pada kelompok mahasiswa, responedn yang bertubuh gemuk memilih suhu netral 0.26°C lebih rendah dibanding mereka yang kurus Sementara itu dalam kelompok usia lanjut, ternyata hasilnya terbalik, dimana responden bertubuh gemuk memilih suhu netral 0.17°C lebih tinggi dibanding mereka yang kurus [3]. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kelompok yang bertubuh gemuk memilih suhu netral 0.7°C T_a (0.8°C T_o atau 0.5°C T_{eq}) lebih rendah dari kelompok yang bertubuh normal, dan 1.0°C T_a (1.0°C T_o atau 0.8°C T_{eq}) lebih rendah dari yang bertubuh kurus (Tabel 17, 18, dan 19). Meskipun demikian tes statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak nyata (insignificant) pada level 5% (Tabel 20 dan 21).

Tabel 17. Suhu Netral dan Batas Nyaman dari Responden Bertubuh Kurus

Responden Kurus (<20)	T _a (°C)	T _o (°C)	T _{eq} (°C)
Suhu netral (T _n)	26.6	26.9	25.5
Batas suhu nyaman (T _{cr})	23.6 to 29.5	23.8 to 29.9	22.2 to 28.9
Persamaan regresi	Y=0.339X-9.025	Y=0.327X-8.789	Y=0.295X-7.540
Koefisien determinasi (r ²)	0.400	0.404	0.420
Derajat kebebasan (df)	198	198	198
Std. kesalahan koefisien	0.030	0.028	0.025
Std. kesalahan konstanta	0.886	0.883	0.872
Interval suhu yg diukur	23.0-32.0	23.3-32.5	20.7-32.5
Suhu rata-rata	26.7	27.0	25.6
Standar deviasi	2.1	2.2	2.5

Tabel 18. Suhu Netral dan Batas Nyaman dari Responden Normal

Responden Normal (20-25)	T _a (°C)	T _o (°C)	T _{eq} (°C)
Suhu netral (T _n)	26.3	26.7	25.2
Batas suhu nyaman (T _{cr})	23.1 to 29.6	23.4 to 29.9	21.3 to 29.2
Persamaan regresi	Y=0.308X-8.125	Y=0.305X-8.119	Y=0.254X-6.408
Koefisien determinasi (r ²)	0.426	0.429	0.416
Derajat kebebasan (df)	272	272	272
Std. kesalahan koefisien	0.022	0.021	0.018
Std. kesalahan konstanta	0.787	0.785	0.793
Interval suhu yg diukur	23.0-32.0	22.0-32.5	18.7.0-32.5
Suhu rata-rata	27.0	27.4	26.1
Standar deviasi	2.2	2.2	2.2

Tabel 19. Suhu Netral dan Batas Nyaman dari Responden Bertubuh Gemuk

Responden Gemuk (> 25)	$T_{n} (^{\circ}C)$	$T_{o} (^{\circ}C)$	$T_{set} (^{\circ}C)$
Suhu netral (T_n)	25.6	25.9	24.7
Batas suhu nyaman (T_{ny})	21.7 to 29.6	22.0 to 29.9	20.1 to 29.2
Persamaan regresi	$Y=0.253X-6.488$	$Y=0.250X-6.488$	$Y=0.221X-5.441$
Koefisien determinasi (r^2)	0.385	0.398	0.410
Derajat kebebasan (df)	48	48	48
Std. kesalahan koefisien	0.047	0.045	0.039
Std. kesalahan konstanta	0.743	0.735	0.728
Interval suhu yg diukur	23.0-32.0	23.3-32.5	21.9-32.5
Suhu rata-rata	27.3	27.9	25.9
Standar deviasi	2.3	2.3	2.7

Tabel 20. Test Statistik Perbedaan Suhu Netral antara Responden Kurus dan Normal

Perbandingan antara	Suhu Netral $^{\circ}C T_o$	Beda suhu netral $^{\circ}C T_o$	Rata-rata suhu netral $^{\circ}C T_m$	Beda antara rata-rata sensasi termis pada titik T_m (ΔY)	Estimasi varian dari ΔY^* $s^2_{\Delta Y}$	Derajat kebebasan untuk $s^2_{\Delta Y}$ df	Nilai Z	Nilai kritis Z_{α} (0.05)	Signifikansi
Kurus	26.9					198			
Normal	26.7	0.2	26.8	-0.08	0.0914	272	-0.265	1.96	no

*Estimasi varian dari ΔY dihitung berdasarkan residual varian S^2_{Y/T_o} responden kurus = 0.78 (df = 198) dan normal = 0.62 (df = 272).

Tabel 21. Test Statistik Perbedaan Suhu Netral antara Responden Kurus dan Gemuk

Perbandingan antara	Suhu Netral $^{\circ}C T_o$	Beda suhu netral $^{\circ}C T_o$	Rata-rata suhu netral $^{\circ}C T_m$	Beda antara rata-rata sensasi termis pada titik T_m (ΔY)	Estimasi varian dari ΔY^* $s^2_{\Delta Y}$	Derajat kebebasan untuk $s^2_{\Delta Y}$ df	Nilai Z	Nilai kritis Z_{α} (0.05)	Signifikansi
Kurus	26.9					198			
Gemuk	25.9	1.0	26.4	-0.268	0.0208	49	-1.858	1.96	tidak

*Estimasi varian dari ΔY dihitung berdasarkan residual varian S^2_{Y/T_o} responden kurus = 0.78 (df = 198) dan gemuk = 0.58 (df = 48).

Perbandingan Kenyamanan Termis Responden Dari Berbagai Etnis

Ellis [16] melaporkan hasil penelitiannya bahwa hanya terdapat perbedaan kecil dalam pemilihan suhu nyaman antara orang Eropa dan orang Asia yang tinggal di Singapore. Penelitian suhu nyaman oleh Fanger di Denmark [3] terhadap kelompok mahasiswa dan kelompok usia lanjut tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata (significant) secara statistik terhadap hasil penelitian Nevins dari responden berkebangsaan Amerika (responden yang berasal dari Denmark memilih suhu nyaman hanya 0.2 $^{\circ}C$ lebih tinggi dibanding responden Amerika.

Penelitian yang dilakukan oleh de Dear di Singapore menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan nyata secara statistik antara responden

Singapore dan mereka yang berasal dari daerah dingin. Untuk itu de Dear menyimpulkan bahwa tampaknya mereka yang tinggal di daerah tropis basah tidak memilih suhu lebih tinggi dibanding mereka dari daerah dingin. Penelitian Radsma yang dilaporkan oleh Mom [18, 19] memperlihatkan bahwa penduduk yang tinggal di daerah pantai tropis memiliki laju metabolisme lebih rendah dibanding mereka yang tinggal di daerah beriklim sedang. Radsma juga menemukan bahwa suhu tubuh manusia tropis 0.3 $^{\circ}$ -0.4 $^{\circ}C$ lebih tinggi dari mereka yang tinggal di daerah iklim sedang [20]. Alasan yang cukup baik dalam hal ini adalah karena adanya kebutuhan mempermudah pelepasan panas tubuh bagi mereka yang tinggal di daerah tropis.

Dari seluruh 596 responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini, 475 diantaranya menunjukkan asal suku mereka. Tabel 22 memperlihatkan distribusi responden berdasarkan kelompok suku. Ada beberapa responden yang berasal dari campuran suku, karena orang tua atau turunan dari suku yang berbeda. Meskipun demikian, penggolongan asal suku para responden diambil berdasarkan pada golongan suku yang disebut pertama dalam lembar kuesioner.

Tabel 23 menunjukkan distribusi sensasi termis dari responden berdasarkan asal suku. Ada perbedaan dalam suhu netral yang dipilih oleh kelompok responden tersebut (Tabel 24). Meskipun demikian, tes statistik memperlihatkan bahwa perbedaan tersebut tidak berarti (insignificant) pada level 5%.

Tabel 22. Distribusi Responden Berdasarkan Asal Suku

Suku	Bangunan							
	AG	BP	EC	WI	PA	BC	LI	All
1. Aceh	2	0	2	1	0	0	0	6
2. Tapanuli	0	9	3	5	3	0	3	23
3. Minang	6	5	6	2	1	0	7	27
4. Sumatra lainnya	4	4	5	1	1	0	1	16
5. Betawi	8	4	4	0	2	0	5	23
6. Sunda	21	20	8	13	8	0	16	86
7. Jawa	44	43	57	24	20	0	44	232
8. Indonesia yg lain	3	6	2	16	1	33	1	62

Catatan:

'Indonesia yang lain dimaksudkan suku-suku lain yang tidak termasuk dalam golongan diatas, misalnya Bali, Bugis, Toraja, Manado, Ambon, Dayak, Banjar, Madura, Flores, etc.

Tabel 23. Distribusi Sensasi Termis Responden Berdasarkan Kelompok Suku

Sensasi Termis	Group 1 Aceh	Group 2 Tapanuli	Group 3 Minang	Group 4 Sum-lain	Group 5 Betawi	Group 6 Sunda	Group 7 Jawa	Group 8 Ind-Lain
-3	0	0	0	0	0	2	0	1
-2	0	0	1	1	0	5	6	5
-1	0	2	5	1	1	8	29	15
0	3	14	13	6	12	31	124	34
+1	1	5	6	4	4	21	36	6
+2	1	1	2	3	6	14	33	1
+3	1	1	0	1	0	5	4	0
Rata-rata	1	0.33	0.09	0.63	0.65	0.47	0.31	-0.32
Total	6	23	27	16	23	86	232	62

Tabel 24. Suhu Netral dan Batas Nyaman Responden Berdasarkan Kelompok Suku

Kelompok Suku	Suhu Netral (T_n)			Batas Nyaman (T_{gr})		
	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)	T_a (°C)	T_o (°C)	T_{eq} (°C)
1. Aceh (n=6)	24.3	24.3	23.4	20.5-27.3	20.7-27.9	20.2-26.6
2. Tapanuli (n=23)	25.9	26.2	24.6	22.5-29.2	22.9-29.4	20.2-28.9
3. Minang (n=27)	26.9	27.4	25.7	23.7-30.1	24.1-30.6	21.7-29.6
4. Sumatera yg lain (n=16)	27.0	27.3	25.9	23.7-30.3	23.9-30.7	21.8-30.1
5. Betawi (n=23)	27.0	27.3	25.9	23.7-30.3	23.9-30.7	21.8-30.1
6. Sunda (n=86)	26.4	26.6	25.0	23.9-28.9	23.9-29.3	21.8-28.3
7. Jawa (n=232)	26.4	26.7	25.2	22.8-29.9	23.2-30.2	21.0-29.4
8. Indonesia yang lain (n=62)	26.9	27.4	26.2	22.6-31.2	22.5-32.2	21.3-31.1

KESIMPULAN

Standar kenyamanan termis dari *ASHRAE* memperlihatkan angka yang lebih rendah dari hasil penelitian di Jakarta. Standar *ASHRAE* dirumuskan dari hasil penelitian di negara beriklim sedang dengan sample sebagian besar orang Eropa dan Amerika Utara, yang diduga sebagaimana yang dinyatakan Humpreys dan Nicol [7,8,9], akan menghasilkan suhu nyaman yang cenderung lebih rendah bagi mereka yang tinggal di daerah panas atau tropis (karena manusia tropis telah melakukan proses adaptasi terhadap suhu udara luar yang lebih tinggi). *ASHRAE 55-1992* disusun bagi kebutuhan kenyamanan manusia Amerika yang bertempat tinggal pada iklim di kawasan tersebut yang berbeda dengan karakteristik manusia dan iklim di Indonesia. Akibat dari penerapan suhu nyaman dari standar asing yang lebih rendah dari kebutuhan nyata suhu nyaman manusia Indonesia, di satu pihak karyawan/wati yang bekerja pada gedung-gedung berpendingin udara akan merasakan suhu yang lebih dingin dari yang diperlukan, atau dengan kata lain 'dingin-tidak nyaman', di lain pihak kenaikan

2.5°C pada suhu perencanaan dari 24°C (standar *ASHRAE*) menjadi 26.5°C (suhu nyaman hasil penelitian Jakarta), akan menurunkan sekitar 20 hingga 30 persen konsumsi enersi pada bangunan tersebut. Kajian terhadap kenyamanan termis sudah waktunya mendapat perhatian di Indonesia. Hal ini tidak saja berguna bagi optimasi kerja manusia Indonesia, namun juga bagi kepentingan penghematan enersi dalam bangunan.

Di luar enam faktor dasar yang mempengaruhi kenyamanan termis: suhu udara, suhu radiasi, kecepatan angin, kelembaban, aktifitas dan pakaian, keempat faktor eksternal yang diteliti, yakni jenis kelamin, usia, ukuran tubuh (kegemukan), dan asal suku, tidak satu faktorpun yang secara meyakinkan (*significant*) mempengaruhi responden dalam pemilihan suhu netral (nyaman) pada responden.

Secara statistik, hasil penelitian ini tidak dapat digunakan untuk membuktikan bahwa pria lebih tahan terhadap suhu dingin dibanding wanita, atau usia muda lebih tahan terhadap udara dingin dibanding mereka yang berusia lanjut, atau responden gemuk lebih tahan terhadap udara dingin dibanding mereka yang kurus, serta tidak dapat membuktikan bahwa ada perbedaan dalam pemilihan suhu nyaman dari responden yang berbeda suku bangsa.

Hasil penelitian ini tidak dapat digunakan untuk menolak teori keseimbangan panas (*heat balance model*) dari Fanger [3] yang hingga saat ini digunakan sebagai dasar oleh standar internasional untuk kenyamanan termis, (*ISO 7730:1994*). Bahwa selain enam faktor yang disebut diatas, tidak ada faktor lain yang secara statistik berpengaruh pada pemilihan suhu nyaman pada responden.

DAFTAR PUSTAKA

Idealistina, F., *Model Termoregulasi Tubuh untuk Penentuan Besaran Kesan Thermal Terbaik dalam kaitannya dengan Kinerja Manusia*, thesis doktor, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia, 1991.

ISO, *International Standard 7730-1994, Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*, ISO, Geneva, 1994.

- Fanger, P.O., *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.
- ANSI/ASHRAE 55-1992, *ASHRAE Standard Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, ASHRAE, 1981, USA
- Bruel and Kjaer, *Instruction Manual Thermal Comfort Meter Type 1212*, Bruel and Kjaer, Copenhagen, Denmark, 1982.
- Karyono, T.H., Thermal Comfort for the Indonesian Workers in Jakarta, *Building Research and Information*, Vol. 23 No 6, Nov/Dec. 1995, pp.317-323, U.K. 1995.
- Humphreys, M.A., Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied, *Building Services Engineering*, vol.44, pp.6-23, U.K. 1976.
- Humphreys, M.A., Thermal Comfort Requirements, Climate and Energy, *The Second World Renewable Energy Congress*, Reading, U.K. 1992.
- Nicol, J.F., *Thermal Comfort A Handbook for Field Studies toward an Adaptive Model*, University of East London, U.K. 1993.
- Karyono, T.H., Higher PMV causes higher energy consumption in air conditioned buildings: A case study in Jakarta, Indonesia, in *Standard for Thermal Comfort: Indoor air temperatures for the 21st century*, edited by F. Nicol, M. Humphreys, O. Sykes and S. Roaf, E&FN Spon, London, 1995.
- Olgay, V., *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princenton University Press, New Jersey, USA. 1963.
- ASHRAE Handbook of Fundamental, Chapter 8: *Physiological Principles, Comfort, and Health*, ASHRAE, USA. 1989.
- Wong, F.M., *The Significance of Work Comfort in Architecture*, Architectural Science Review, 1987. pp. 119-130.
- Olesen, B.W., *Technical Review no 2 - 1982: Thermal Comfort*, Bruel & Kjaer, Copenhagen, Denmark, 1982.
- Metropolitan Insurance, *Metropolitan Height and Weight Tables*, Metropolitan Insurance Company, New York, 1983.
- Ellis, F.P., *Thermal Comfort in Warm Humid Atmosphere-Observations in A Warship in the Tropics*, Journal of Hygiene, vol. 50, pp. 415-432, Cambridge, UK. 1952.
- de Dear, R.J., et al., *Thermal Comfort in The Humid Tropics - Part II: Climate Chamber Experiments on Thermal Acceptability in Singapore*, ASHRAE Transactions, vol. 100, part 2, 1991.
- Mom, C.P. et al., *The Application of the Effective Temperature Scheme to the Comfort Zone in the Netherlands Indies (Indonesia)*, Chronica Naturae, vol. 103, 1947. pp. 19-31
- Soegijanto, R.M., *Pengendalian Kondisi Lingkungan Thermis dan Penerangan Alami Siang Hari di Dalam Rumah sederhana Type Perumnas di Daerah Jakarta dan Bandung*, Doctoral Thesis, Faculty of Postgraduate, ITB, Indonesia, 1981.
- Radsma, W., Feestbundel 1936 v/h Geneek. Tijdschr. voor Ned. Indie, 1936.