

MENGUKUR NILAI KENYAMANAN TERMAL PADA MOBIL DENGAN KACA FILM BERTEKNOLOGI (*ENGINEERED WINDOW FILM*)

Rizky Ruliandini

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email :rizky_ruliandini@yahoo.com

Abstract

When a car is parked during daylight, later it is found that the car will be very hot and need some times from start up until reach the steady state condition or the thermal comfort achieved. This study presents a thermal comfort's theoretical measurements based on the experiment on a car which using engineered window film. The experiments were performed in order to determine the heat and mass transfer between the body and the environment (car compartment). During experiment, the changed temperature of five body segment (forehead, left arm, right arm, hand and back); car compartment's temperature; relative humidity and air velocity were measured. Based on the heat balance equation on human, the changes in convective, radiative, conductive, evaporative heat loss; heat loss from respiration; skin wettedness and thermal comfort indices were calculated. As a result, in the first 30 minutes, the film able to reduce compartment temperature until 5.2° C, it makes the thermal comfort achieved in less than 10 minutes.

Keywords: Thermal comfort, window film, heat and mass transfer, evaporative heat loss, skin wettedness

PENDAHULUAN

Menurut *American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE 1993), kenyamanan termal (thermal comfort) didefinisikan sebagai kondisi dari pikiran manusia yang menunjukkan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Kenyamanan termal diciptakan agar keinginan manusia untuk merasa nyaman secara termal tercapai (Fanger 1972).

Nyaman erat kaitannya dengan kesetimbangan panas. Kesetimbangan panas artinya laju panas yang dihasilkan oleh tubuh kita setimbang dengan laju panas yang hilang dari tubuh kita. Termoregulator adalah system control tubuh kita yang mengatur kesetimbangan input dan output panas ini.

Dalam studi ini, ketika sebuah mobil yang diparkir terpapar panas matahari yang lama, kabin mobil akan terasa sangat panas sehingga memerlukan beberapa saat bagi pengemudi mobil ketika kembali, untuk mencapai kenyamanan termal. Sebelum kenyamanan termal dicapai,

menurut Kaynakli dan Kilic (2005) kondisi tubuh pengemudi sangat tidak uniform. Dengan termoregulasi, pada suhu yang tinggi ini tubuh akan berespon dengan menaikkan laju aliran darah menuju kulit agar laju panas yang hilang (*heat loss*) meningkat. Kemudian tubuh pun akan mengaktifkan mekanisme produksi keringat dan panas laten yang hilang akan meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat kebasahan kulit (*skin wettedness*). Singkatnya dalam suhu yang tinggi tubuh akan mengalami beberapa pertukaran panas; penambahan panas dari radiasi, konveksi dan konduksi (melalui jok dan stir mobil) dan kehilangan panas laten dari keringat.

Tujuan dari studi ini adalah untuk menginvestigasi interaksi termal pada fisiologi objek yaitu pengemudi dan juga untuk memperkirakan tingkat kenyamanan objek jika kendaraan tersebut dilengkapi dengan kaca film berteknologi. Parameter-parameter yang akan diukur dari studi ini diantaranya penambahan panas melalui konveksi, radiasi dan konduksi juga nilai kenyamanan termal.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada waktu tengah hari dengan suhu harian rata-rata 30-33 °C. Jenis mobil yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe sedan 1500cc dan dikendarai dengan kecepatan stabil 80 km/jam selama 60 menit. Pendingin udara dinyalakan dengan mode rendah, distribusi udara diatur dalam mode “close window”. Penelitian dilakukan di tengah lalu lintas yang tidak padat. Partisipan adalah pria berusia 27 tahun dengan berat badan 99 kg dan tinggi badan 170 cm memakai tipe pakaian tropis (kaos katun lengan pendek, celana panjang polyester dan sepatu jenis loafer).

Parameter yang diukur selama penelitian adalah suhu udara kabin (T_a), kelembaban relative kabin (RH), suhu kulit (T_{sk}) di 5 tempat berbeda (dahi, lengan kiri, lengan kanan, tangan dan punggung) dan kecepatan udara dalam kabin (V) dicatat manual setiap 1 menit selama 60 menit.

Total nilai panas yang hilang dari kulit dapat dibagi kedalam tiga mekanisme, secara konduksi (Q_{cd}), konveksi (C) dan radiasi (R). Panas yang hilang secara konveksi dan radiasi dari tubuh pengendara ke kabin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Kaynakli & Kilic 2005):

$$C + R = \frac{T_{sk} - T_o}{R_{cl} + 1/[(h_c + h_r)f_{cl}]} \quad (3)$$

dimana:

$T_{s,k}$ = temperature kulit, °C

T_o = temperatur operatif, °C

R_{cl} = 0.09, m°C²/W (tipe pakaian tropis), hambatan termal pakaian
 f_{cl} = 1.1 (tipe pakaian tropis) rasio area tubuh yang tertutupi pakaian dandidak tertutup pakaian

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi, W/m²K

h_r = 4.7 W/m²K (jenis kondisi indoor) koefisien perpindahan panas radiasi, W/m²K

Sementara suhu operatif T_o dapat didefinisikan dengan:

$$T_o = \frac{h_r \bar{T}_r - h_c T_a}{h_r + h_c}$$

Dimana T_a adalah suhu kabin atau suhu ambient \bar{T}_r adalah temperatur radian rata-rata sedangkan h_c didefinisikan oleh persamaan dibawah (ASHRAE 1989):

$$h_c = 8.3V^{0.6}$$

V adalah kecepatan udara di dalam mobil.

$$\bar{T}_r = -0.007752T_a^2 + 1.625778T_a + 6.879288$$

Dalam mobil penambahan panas secara konduksi (Q_{cd}) terjadi ketika badan kita bersentuhan dengan jok mobil dan kemudi mobil dan dapat dihitung dengan persamaan (Kaynakli et al. 2004):

$$Q_{cd} = \frac{T_{sk} - T_{int}}{R_{cl}} A_{cd}(i)$$

Dengan menggunakan pengukuran Gagge et al:

$$R_{cl} = 0.18I_{cl}$$

Dimana:

A_{cd} = luas area permukaan yang bersentuhan, m²

T_{int} = suhu permukaan benda yang bersentuhan dengan tubuh, °C

I_{cl} = 0.5 clo (tipe pakaian tropis); total tahanan termal dari kulit ke permukaan terluar pakaian, clo

Kenyamanan termal berhubungan dengan respon fisiologi manusia (Kaynakli 2005). Fanger (1970) memprediksikannya dengan:

$$PMV = 0.303e^{-0.036M} + 0.028L$$

Dimana :

$$L = (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} [5773 - 6.99(M - W) - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a)] - 0.0014 - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{T}_r)^4]$$

dan,

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W)$$

$$- I_{cl} \{ 3.96 \times 10^{-8} \cdot f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{T}_r)^4] + f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a) \}$$

Dengan M adalah nilai metabolis, nilai M untuk tipikal mengendarai mobil di arus lalu lintas tidak padat adalah 60 kcal/hr.m² atau 1.2 Met. W adalah nilai kerja luar

PMV menghasilkan indeks dari +3 sampai dengan -3.

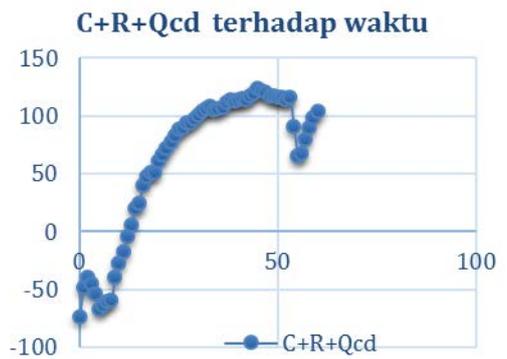
Indeks	Sensasi Termal
+3	Panas
+2	Hangat
+1	Cukup hangat
0	Netral
-1	Cukup sejuk
-2	Sejuk
-3	Dingin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama percobaan, perpindahan panas secara konveksi, radiasi dan konduksi terjadi antara tubuh pengendara dan kabin mobil. Dengan demikian, penambahan/pengurangan panas secara total dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$C + R + Q_{cd}$$

Hasil dari perhitungan diatas disajikan kedalam grafik dibawah:

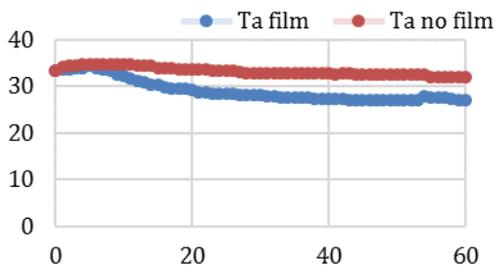


Grafik $(C+R+Q_{cd} - t)$ diatas jelas menunjukkan bahwa tubuh pengendara mengalami penambahan dan pengurangan panas hal ini ditunjukkan dengan nilai total berubah dari negative menuju positif. Nilai yang negative menunjukkan penambahan panas dan positif sebaliknya.

Setelah pendingin udara bekerja, penambahan panas perlahan-lahan berkurang. 10 menit pertama adalah masa pendinginan (cooling period) kabin mobil. Tubuh pengendara mencapai suhu kesetimbangan kurang dari 15 menit.

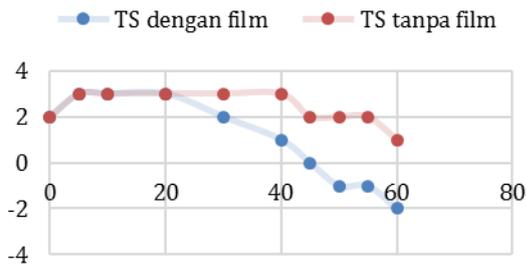
Selanjutnya semakin suhu kabin mendingin, tubuh pengendara mulai kehilangan panas. Pada akhir percobaan, tubuh semakin mengalami kehilangan panas dalam jumlah besar.

Selain menginvestigasi perpindahan panas yang terjadi, pengamatan lain dilakukan untuk melihat sejauh mana pengaruh kaca film berteknologi terhadap pendinginan mobil. Berikut ditampilkan grafik nilai temperatur kabin terhadap waktu:



Dari grafik diatas, dengan bantuan pendingin udara kaca film berteknologi dapat mengurangkan suhu kabin sebanyak 5.2°C dan tanpa kaca film suhu kabin hanya berkurang sebanyak 0.5°C selama 60 menit pertama.

Nilai sensasi thermal, yaitu respon pengendara terhadap suhu kabin juga dihitung dan hasilnya seperti dibawah:



Mobil dengan kaca film berteknologi jelas lebih memberikan kenyamanan termal terhadap pengendara ini dibuktikan dengan grafik diatas bahwa pengendara mendapatkan kenyamanan termal kurang dari 60 menit, sedangkan mobil tanpa kaca film masih membutuhkan waktu untuk memberikan sensasi termal yang lebih baik.

KESIMPULAN

Tubuh seseorang akan memberikan respon ketika dihadapkan pada situasi termal yang berubah. Perpindahan panas terjadi antara tubuh dan lingkungannya. Satu hal yang membuat perbedaan waktu antara bagian tubuh dalam mencapai kesetimbangan termal adalah pakaian. Bagian tubuh yang terbuka akan lebih

mudah mencapai kesetimbangan termal dibandingkan dengan bagian yang tertutup pakaian.

DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE. 1993. *ASHRAE Handbook-Fundamentals: Physiological Principles and Thermal Comfort*. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta. Chapter 8

ASHRAE. 1989. *ASHRAE Handbook-Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta. P29

Fanger, P.O. 1972. *Thermal Comfort: An Analysis and Applications in Environmental Engineering*. United States: McGraw-Hill Book Company.

Kaynakli O. & Kilic, M. 2005. *An Investigation of Thermal Comfort inside an Automobile during the Heating Period*. Applied Ergonomics 36: 301 – 312

Kaynakli, O., Pulat, E. & Kilic, M. 2004. *Thermal Comfort during Heating and Cooling Periods in an Automobile*. Heat and Mass Transfer Springer-Verlag