

SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC* (CFD) PADA RUANGAN DRIVER MOBIL TIM HORAS UNTUK MEMPREDIKSI KENYAMANAN TERMAL PENGEMUDI

Amma Muliya R.¹, Himsar Ambarita², A. Halim Nasution³, Mulfi Hazwi⁴, Syahril Gultom⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155

E-mail : smartams13@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal (*thermal comfort*) merupakan salah satu aspek yang harus dipertimbangkan ketika akan mendesign suatu ruangan driver pada sebuah mobil. Penelitian ini berfokus pada simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) ruangan driver mobil Tim Horas Universitas Sumatera Utara generasi keempat untuk memprediksi kenyamanan termal pengemudi. Simulasi dilakukan selama 30 menit dan hasil yang diperoleh adalah temperatur pada 16 titik tubuh pengemudi. Selanjutnya hasil simulasi dibandingkan dengan standar zona kenyamanan yang telah ditetapkan untuk tubuh manusia. Dari hasil simulasi, persentase kenyamanan tertinggi didapatkan pada menit ke-12 dengan nilai 31,25 % (5 titik nyaman). Nilai dari kelima titik tersebut adalah tangan kiri (29,367 °C), betis kiri (27,3639°C), betis kanan (28 °C), kaki kiri (27°C), dan kaki kanan (27°C). Persentase kenyamanan terendah didapatkan pada menit ke-15 dengan nilai 0 % (tidak ada titik nyaman). Persentase rata-rata kenyamanan termal pengemudi pada ruangan driver mobil Tim Horas generasi keempat selama 30 menit adalah 13,75 %.

Kata Kunci: Kenyamanan Termal, CFD, Ruangan Driver, Temperatur, Persentase rata-rata kenyamanan termal

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi di sektor transportasi dari tahun ke tahun telah meningkat secara signifikan, sehingga diperlukan upaya untuk mendapatkan sistem transportasi yang hemat energi. Dalam menyanggupi tantangan itu sebuah kompetisi Shell Eco-marathon (SEM) Asia dan *Indonesia Energy Marathon Challenge* (IEMC) menjadi ajang bagi mahasiswa untuk berinovasi dalam mendesain, membuat, dan menjalankan mobil hemat energi sehingga didapatkan konsumsi bahan bakar terbaik. Tim Horas Universitas Sumatera Utara sampai saat ini telah membuat mobil generasi pertama sampai keempat yang dipersiapkan untuk mengikuti kedua perlombaan tersebut.

Salah satu parameter yang dipertimbangkan dalam pembuatan mobil Tim Horas yaitu desain interior pada ruangan driver yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal driver dalam mengemudi. Untuk mengetahui distribusi temperatur pada ruangan driver (*driver compartment*) dapat digunakan *software* ANSYS FLUENT sehingga bisa diprediksi aliran fluida yang terjadi pada ruangan driver mobil Tim Horas. Dengan metode simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan *software* ANSYS FLUENT, dapat diketahui temperatur di setiap titik pada ruangan driver yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal pengemudi. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperatur yang ada di ruangan driver mobil Tim Horas generasi keempat terhadap kenyamanan termal (*thermal comfort*) pengemudi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kenyamanan Termal

ASHRAE [1] mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu pemikiran dimana kepuasan didapati. Meskipun digunakan untuk mengartikan tanggapan tubuh, kenyamanan termal merupakan kepuasan yang dialami oleh manusia yang menerima suatu keadaan termal, keadaan ini alami baik secara sadar ataupun tidak sadar. Pemikiran suhu netral atau suhu tertentu yang sesuai untuk seseorang dinilai agak kurang tepat karena nilai kenyamanan bukan merupakan nilai yang pasti dan selalu berbeda bagi setiap individu.

Standar Kenyamanan Termal Pada Tubuh manusia

Perbandingan hasil pengukuran dengan standar kenyamanan thermal dapat diketahui dari beberapa parameter, yaitu:

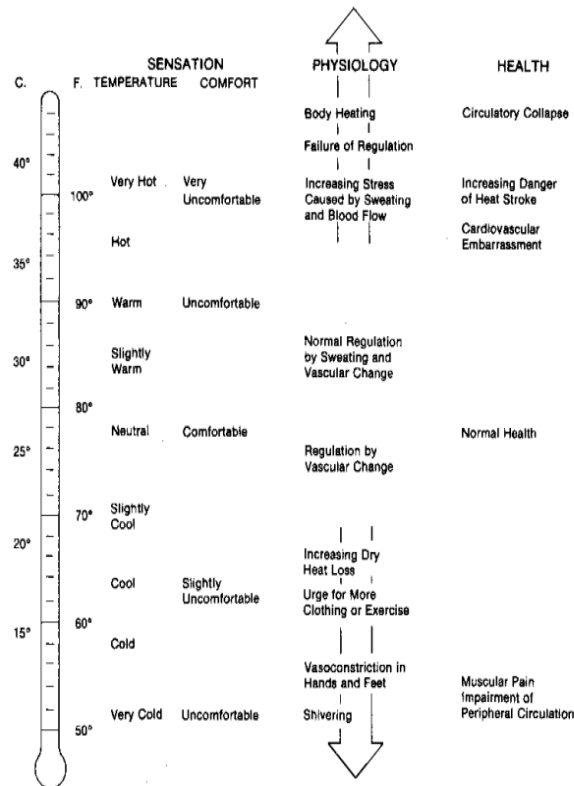
1. Kecepatan udara

Georg Lippsmeier [2] menyatakan bahwa patokan untuk kecepatan angin ialah:

- 0,25 m/s ialah nyaman, tanpa dirasakan adanya gerakan udara.
- 0,25-0,5 m/s ialah nyaman, gerakan udara terasa.
- 1,0-1,5 m/s aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan.
- Diatas 1,5 m/s tidak menyenangkan.

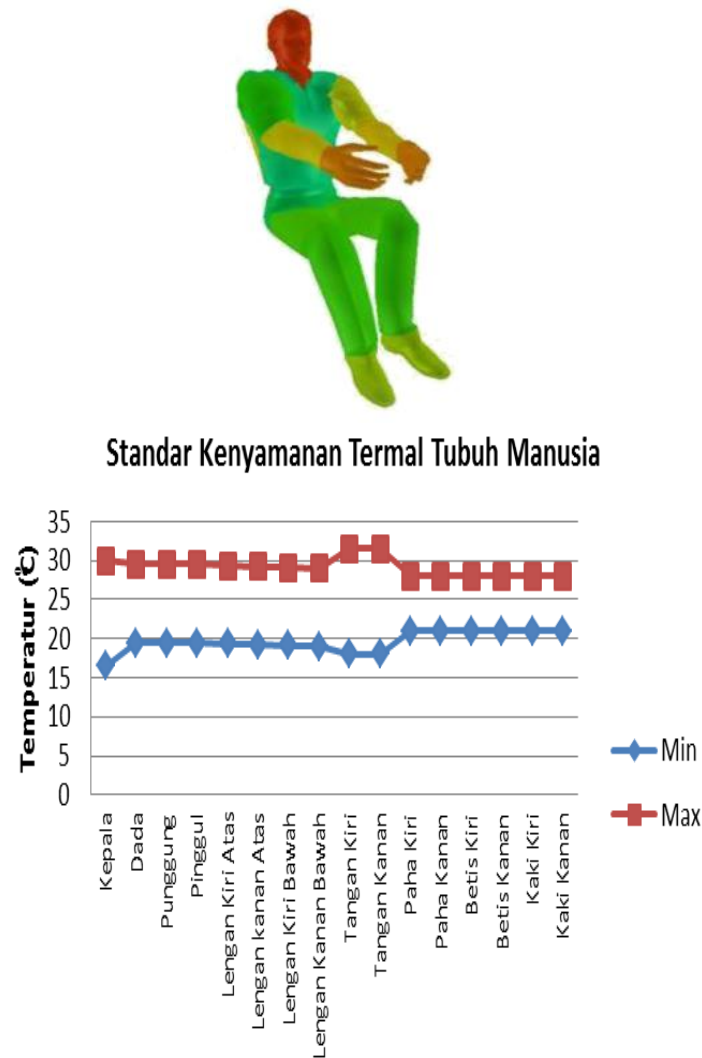
2. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter yang menentukan kenyamanan seseorang. Suhu memiliki hubungan yang erat terhadap sensasi, psikologi, dan kesehatan tubuh manusia. Suhu kenyamanan termal menurut skala *new effective temperature* [3] serta hubungannya dengan reaksi psikologi dan kesehatan manusia bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skala termal ET* serta hubungan terhadap reaksi psikologi dan kesehatan pada tubuh manusia [3]

Sesuai standard ASHRAE 55-1992 [4] and ISO 7730 [5], *Equivalent Homogenous Temperature* (EHT) untuk tubuh manusia dapat digunakan sebagai standar kenyamanan termal. Bohm [6] menjelaskan dalam jurnalnya, terdapat 16 segmen titik pada tubuh manusia yang bisa dijadikan acuan untuk menentukan kenyamanan termal. Gambar 2 memperlihatkan standar zona kenyamanan termal tubuh manusia.



Gambar 2. EHT indeks untuk 16 titik pada tubuh manusia [6]

Untuk nilai temperatur zona nyaman pada 16 titik tubuh manusia diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai temperatur minimum dan maksimum zona kenyamanan termal pada 16 titik tubuh manusia [6]

Bagian Tubuh	Temperatur Zona Nyaman (°K)		Temperatur Zona Nyaman (°C)	
	Min	Max	Min	Max
Kepala	289,5	303	16,5	30
Dada	292,5	302,5	19,5	29,5
Punggung	292,5	302,5	19,5	29,5
Pinggul	292,5	302,5	19,5	29,5
Lengan Kiri Atas	292,3	302,3	19,3	29,3
Lengan kanan Atas	292,2	302,2	19,2	29,2
Lengan Kiri Bawah	292,1	302,1	19,1	29,1
Lengan Kanan Bawah	292	302	19	29
Tangan Kiri	291	304,5	18	31,5
Tangan Kanan	291	304,5	18	31,5
Paha Kiri	294	301	21	28
Paha Kanan	294	301	21	28
Betis Kiri	294	301	21	28
Betis Kanan	294	301	21	28
Kaki Kiri	294	301	21	28
Kaki Kanan	294	301	21	28

Perhitungan Dinamika Fluida (*Computational Fluid Dynamics*)

Dinamika fluida [7] adalah cabang dari ilmu mekanika fluida yang mempelajari tentang pergerakan fluida. Dinamika fluida dipelajari melalui tiga cara yaitu:

- Dinamika fluida eksperimental
- Dinamika fluida secara teori, dan
- Dinamika fluida secara numerik (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik untuk menyelesaikan dan menganalisa elemen-elemen yang akan disimulasikan. Pada proses ini, computer diminta untuk menyelesaikan perhitungan-perhitungan numerik dengan cepat dan akurat. Prinsip kerja pada CFD adalah model yang akan kita simulasikan berisi fluida akan dibagi menjadi beberapa bagian atau elemen. Elemen-elemen yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol perhitungan yang akan dilakukan oleh *software* selanjutnya elemen diberi batasan domain dan *boundary condition*. Prinsip inilah yang banyak digunakan pada proses perhitungan dengan menggunakan bantuan komputasi.

Metode CFD Menggunakan Perangkat Lunak FLUENT

CFD memungkinkan penyelesaian persamaan pembentuk aliran dengan menggunakan suatu perhitungan numerik yang disebut dengan metode volume hingga (*finite volume methods*). Untuk memudahkan perhitungan numerik, telah

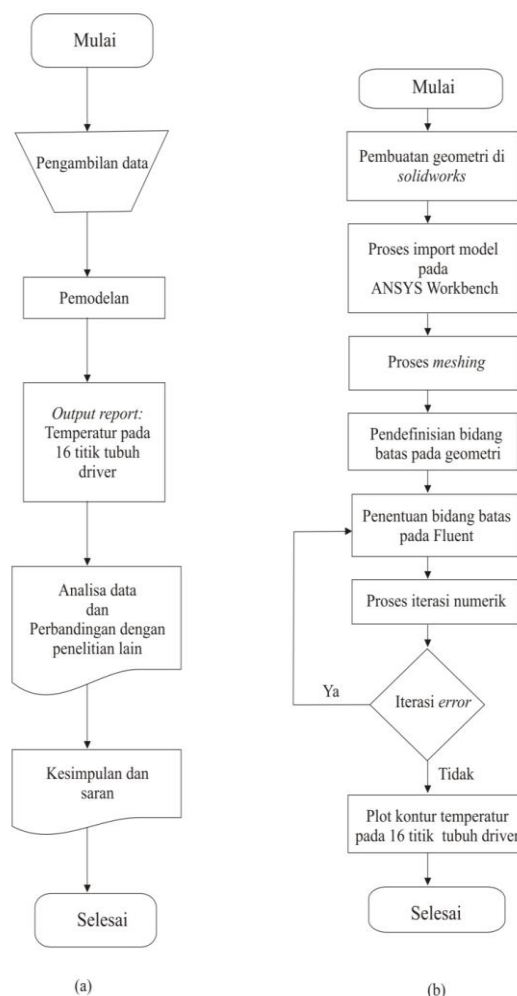
tersedia banyak perangkat lunak komputer. Salah satu perangkat lunak yang terkenal dalam perhitungan dan simulasi CFD adalah FLUENT.

FLUENT [8] adalah program komputer yang dikembangkan oleh ANSYS Inc. untuk memodelkan aliran fluida dan perpindahan panas dalam geometri yang kompleks. FLUENT merupakan salah satu jenis program CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang menggunakan metode diskritisasi volume hingga. FLUENT memiliki fleksibilitas *mesh*, sehingga kasus-kasus aliran fluida yang memiliki *mesh* tidak terstruktur akibat geometri benda yang rumit dapat diselesaikan dengan mudah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian dan Simulasi

Diagram alir yang digunakan dalam penelitian dan simulasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir

- (a) Penelitian,
(b) Simulasi

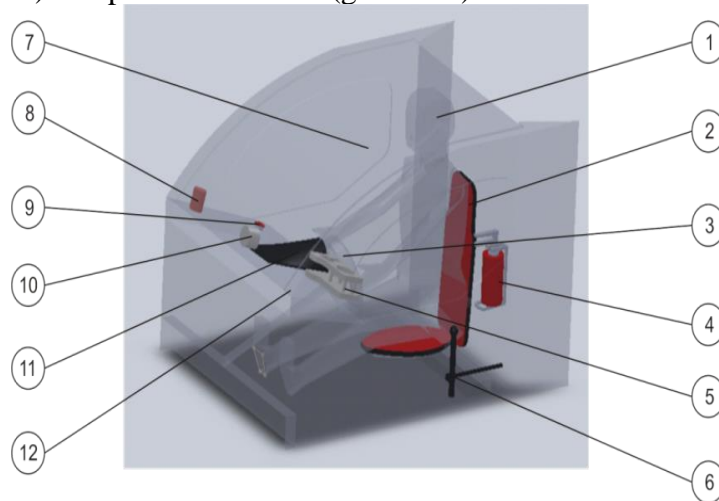
Diagram alir penelitian meliputi pengambilan data, pemodelan, hasil temperatur yang didapat dari 16 titik tubuh, analisa dan perbandingan dengan penelitian lain, dan yang terakhir kesimpulan serta saran.

Sedangkan diagram alir simulasi meliputi pembuatan geometri ruangan driver dengan *solidworks*, proses import model pada *ANSYS Work-bench*, proses *meshing*,

pendefinisi-an bidang batas pada geometri, penentuan bidang batas pada FLUENT, proses iterasi numerik, dan plot kontur temperatur pada 16 titik tubuh driver.

Proses *Pre-Processing*

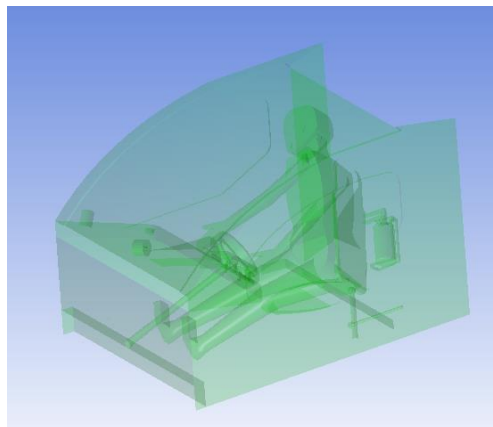
Proses *pre-processing* merupakan proses yang dilakukan sebelum pengujian (simulasi). Proses ini mencakup pembuatan model (gambar 4), penentuan domain (gambar 5) dan pembuatan *mesh* (gambar 6).



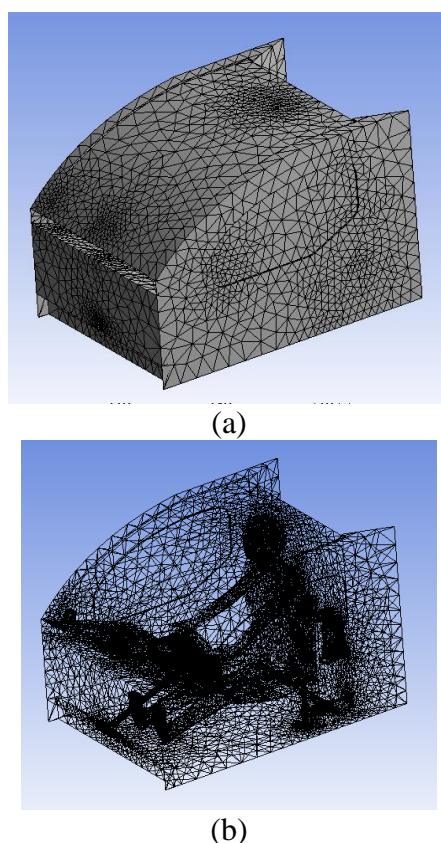
Gambar 4. Ruang driver mobil
Tim Horas generasi keempat

Keterangan gambar:

1. Driver
2. Tempat duduk
3. Stir
4. Pemadam api
5. Tempat botol minum
6. Pengubah gigi
7. Ruang driver
8. Minyak rem
9. *Emergency Shutdown*
10. RPM meter
11. *Gear indicator*
12. *Dashboard*



Gambar 5. *Computational Domain*



Gambar 6. Bentuk *mesh default*
 (a) Bentuk *mesh* tampak luar,
 (b) Bentuk *mesh* secara transparan

Pengaturan Simulasi (*Simulation Setting*)

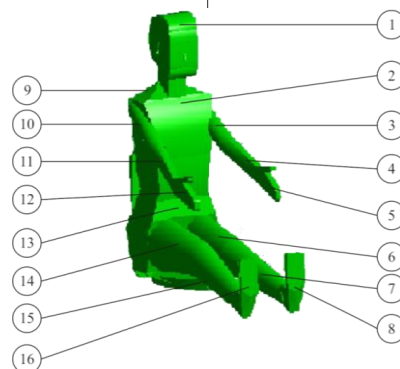
Pengaturan simulasi yang dimaksud adalah menentukan beberapa aspek yang diperlukan dalam simulasi seperti bentuk solver yang dipilih, material fluida, jenis viskos, dll sesuai dengan asumsi yang dilakukan. Tabel 2 dan 3 menunjukkan pengaturan simulasi yang dilakukan di dalam FLUENT. Sedangkan titik tubuh yang diukur pada driver diperlihatkan pada gambar 7.

Tabel 2. Parameter dan Asumsi
 yang Digunakan dalam
 Simulasi CFD

No	Parameter	Keterangan
1.	Parameter tetap	
	Kecepatan udara (<i>inlet</i>)	30 Km/h
	Temperatur lingkungan	31,35° C
	Massa jenis udara	$\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$
	Tekanan operasional	101325 Pa
	Radiasi matahari	$Q_{\text{rad}} = 147,5 \text{ W/m}^2$
2.	Kondisi batas	
	<i>Inlet</i>	<i>Velocity inlet</i>
	<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>
	<i>Driver</i>	<i>Wall</i>
	Body mobil	<i>Wall</i>
	Kaca mobil	<i>Wall</i>
	Alas bawah	<i>Wall</i>
	Aksesoris lainnya	<i>Symmetri</i>
3.	Lama waktu simulasi	30 menit (1800 s)

Tabel 3. Pengaturan simulasi pada FLUENT

Aspek	Pengaturan
Model Solver (<i>Solver Model</i>)	<i>Pressure based, 3D, Transient</i>
Model Energi (<i>Energy Model</i>)	On
Model Viskos (<i>Viscous Model</i>)	<i>Turbulent Spalart-Allmaras</i>
Model Radiasi (<i>Radiation Model</i>)	<i>Surface to Surface (S2S)</i>
Materials	Fluid: Air with constant density, $\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$ Solid: acrylic, fiberglass, dan seng. [18]
Kondisi Operasi (<i>Operating Condition</i>)	101325 Pa
Surface monitor	16 titik tubuh driver (gambar 3.11): <i>Vertex average, Static temperature</i>
Inisiasi (<i>Initialize</i>)	<i>Velocity Inlet</i>



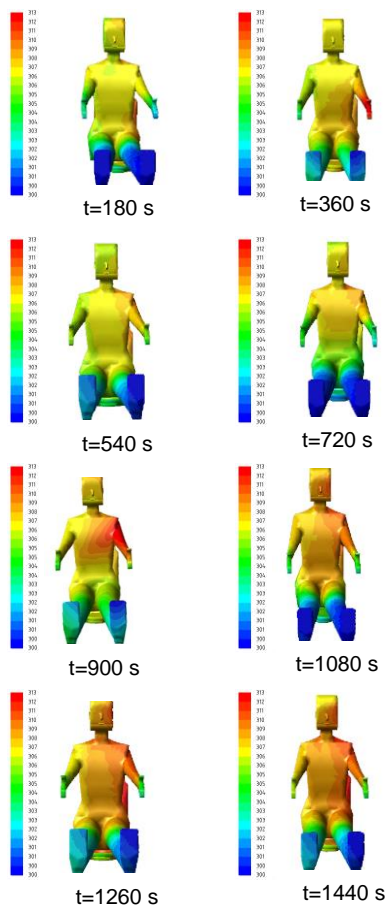
Gambar 7. Titik tubuh yang diukur pada driver

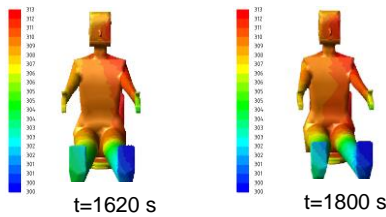
Keterangan gambar:

1. Kepala
2. Dada
3. Lengan kiri atas
4. Lengan kiri bawah
5. Tangan kiri
6. Paha kiri
7. Betis kiri
8. Kaki kiri
9. Punggung
10. Lengan kanan atas
11. Lengan kanan bawah
12. Tangan kanan
13. Pinggul
14. Paha kanan
15. Betis kanan
16. Kaki kanan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

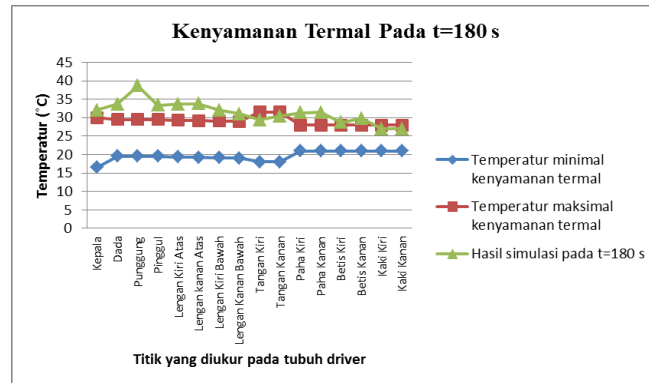
Pada gambar 8 akan ditampilkan gambar kontur statik temperatur tubuh driver yang didapat dari hasil simulasi selama 30 menit (1800 s) .



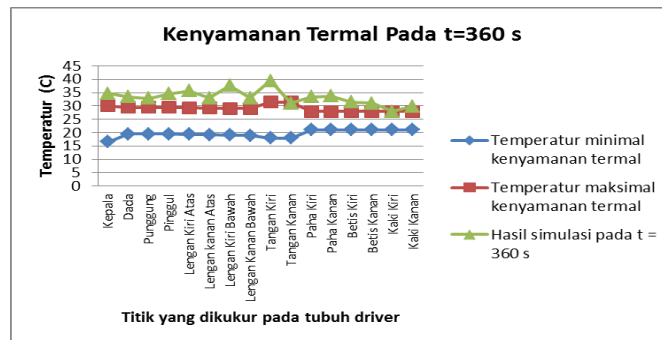


Gambar 8. Kontur temperatur selama 30 menit.

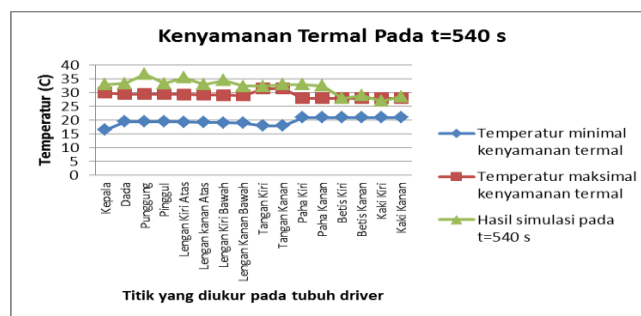
Grafik kenyamanan termal driver selama 30 menit (1800 s) dapat dilihat pada gambar 9 s/d 18.



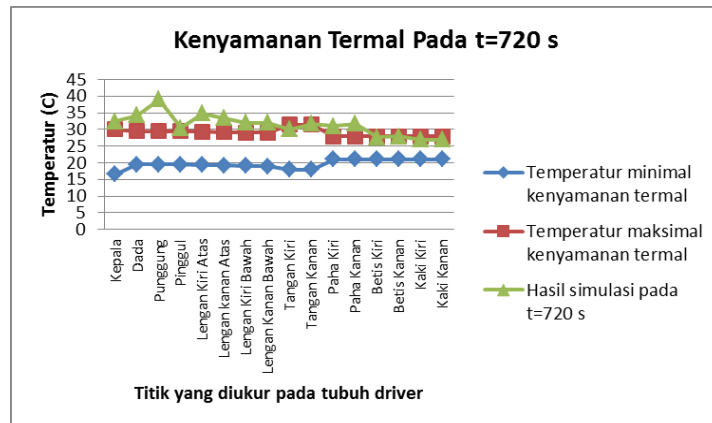
Gambar 9. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-3 (180 s)



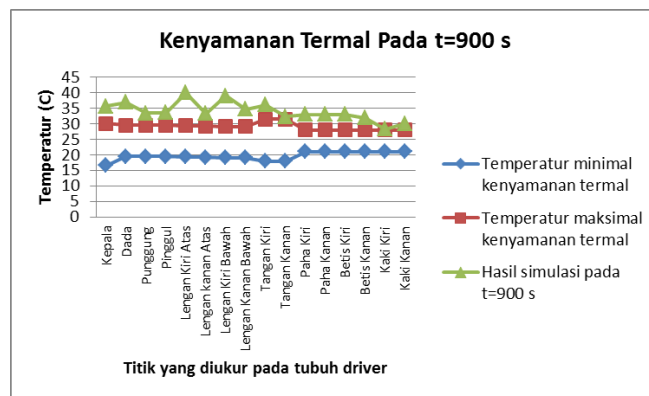
Gambar 10. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-6 (360 s)



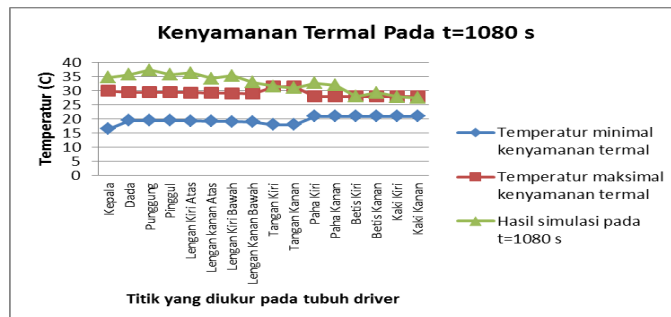
Gambar 11. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-9 (540 s)



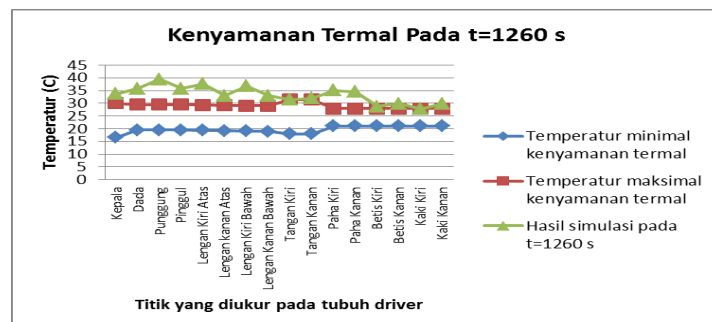
Gambar 12. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-12 (720 s)



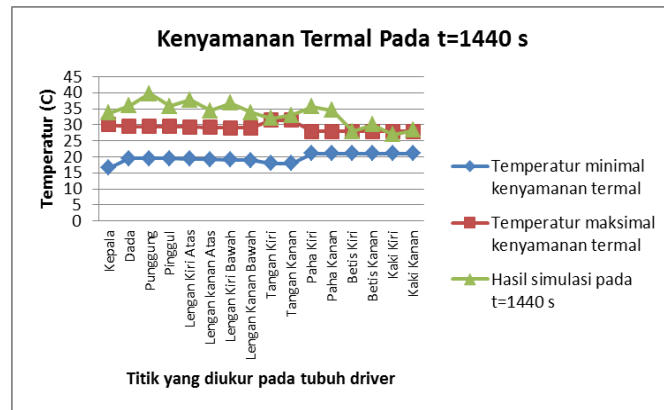
Gambar 13. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-15 (900 s)



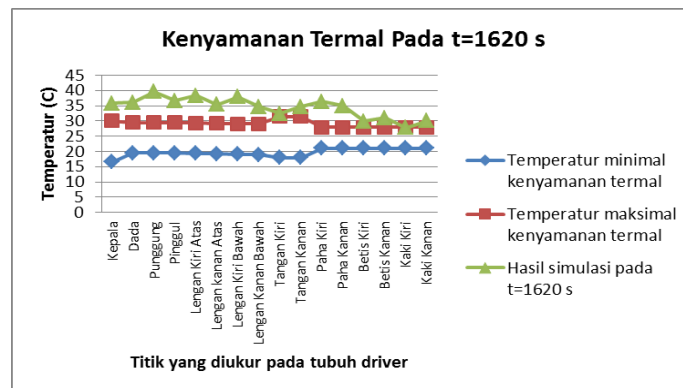
Gambar 14. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-18 (1080 s)



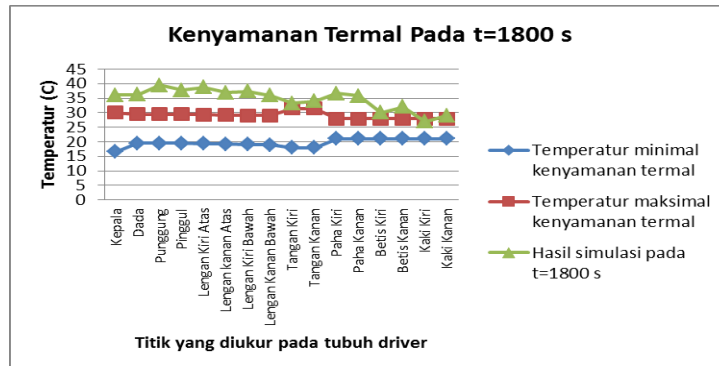
Gambar 15. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-21 (1260 s)



Gambar 16. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-24 (1440 s)



Gambar 17. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-27 (1620 s)



Gambar 18. Grafik temperatur kenyamanan termal pada menit ke-30 (1800 s)

Dari grafik pada gambar 9 s/d 18, dapat dilihat persentase kenyamanan tertinggi didapatkan pada menit ke-12 dengan nilai 31,25 % (5 titik nyaman). Nilai dari kelima titik tersebut adalah tangan kiri (29,367 °C), betis kiri (27,3639°C), betis kanan (28 °C), kaki kiri (27°C), dan kaki kanan (27°C). Sedangkan persentase kenyamanan terendah didapatkan pada menit ke-15 dengan nilai 0 % (tidak ada titik nyaman).

Setelah mengetahui persen kenyamanan termal dari menit ke-3 sampai menit ke-30, pada tabel 4 ditampilkan persen rata-rata kenyamanan termal ruangan driver mobil Tim Horas generasi keempat selama 30 menit.

Tabel 4. Persentase rata-rata kenyamanan termal selama 30 menit

No	Menit ke (menit)	Kenyamanan termal (%)
1	3	25
2	6	12,5
3	9	12,5
4	12	31,25
5	15	0
6	18	25
7	21	6,25
8	24	12,5
9	27	6,25
10	30	6,25
Persentase rata-rata		13,75

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa persentase rata-rata kenyamanan termal ruangan driver mobil Tim Horas generasi keempat selama 30 menit masih sangat rendah, yaitu 13,75 %. Ini menunjukkan bahwa ruangan driver mobil Tim horas generasi keempat belum bisa dikatakan nyaman karena masih jauh dari standar kenyamanan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dapat memprediksi dengan efisien dan efektif pada ruangan driver mobil Tim horas generasi keempat sehingga bisa mengetahui kenyamanan termal pengemudi.
2. Persentase kenyamanan tertinggi didapatkan pada menit ke-12 dengan nilai 31,25 % (5 titik nyaman). Nilai dari kelima titik tersebut adalah tangan kiri (29,367 °C), betis kiri (27,3639°C), betis kanan (28 °C), kaki kiri (27°C), dan kaki kanan (27°C).
3. Persentase kenyamanan terendah didapatkan pada menit ke-15 dengan nilai 0 % (tidak ada titik nyaman).
4. Persentase rata-rata kenyamanan termal pengemudi pada ruangan driver mobil Tim Horas generasi keempat selama 30 menit adalah 13,75 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] De Dear & Brager. 2002. *Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55*. Jurnal: Energy and Buildings 34.
- [2] Lippsmeir, G. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- [3] McDowall, Robert. 2006. *Fundamentals of HVAC Systems*. USA: ASHRA e-learning.
- [4] ASHRAE. 1992. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [5] ISO. 1994. *Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. International Standard 7730. Geneva: International Standards Organization.
- [6] M. Bohm M., et al. 1990. *Evaluation of Vehicle Climate with a Thermal Manikin - The Relationship between Human Temperature Experience and Local Heat Loss*. Swedish Institute of Agricultural Engineering. JTI-Report 123.
- [7] Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent*. Bandung: Informatika Bandung.
- [8] Ansys Inc. *Ansys Fluent Documentation*. Ansys Inc

