

PENGARUH HUMIDITY DAN TEMPERATURE TERHADAP KENYAMANAN PEMAKAIAN HELM TENTARA MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) FLUENT

Andung Jati Nugroho
Universitas Teknologi Yogyakarta
andungjati@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the comfort level of army helmet from the viewpoint of humidity and temperature. The method used was experimental and modeling. For modeling using geometry and mesh building intelligent toolkit (Gambit) and its analysis using CFD Fluent. This research was done first by conducting experimental testing, and measurement in the match with cfd fluent. From the results of this research is that, Methods of Computational Fluid Dynamic (CFD) Fluent can be used as a tool for the simulation of fluid flow and approaching the real state. Humidity and temperature greatly affect the comfort of soldiers in helmets, is shown from the value of the temperature in the cavity at a point a 308.60° K, 309.18° K point b, point c 309.18° K. Helm soldiers use today, namely with a distance of 0.6 cm cavity already does not meet the level of comfort.

Keywords: *CFD Fluent, Gambit, relativevelocity*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan helm tentara dari sudut pandang kelembaban dan suhu. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan pemodelan. Untuk pemodelan menggunakan geometri dan mesh menggunakan software (Gambit) dan analisis dengan menggunakan CFD Fluent. Penelitian ini pertama dengan melakukan pengujian eksperimen, dan pengukurannya dibandingkan dengan CFD Fluent. Dari hasil penelitian ini adalah, Metode Computational Fluid Dynamic (CFD) Fluent dapat digunakan sebagai alat untuk simulasi aliran fluida dan mendekati keadaan sesungguhnya. Kelembaban dan suhu sangat mempengaruhi kenyamanan tentara di helm, ditunjukkan dari nilai suhu di rongga pada titik a $308,600$ K, $309,180$ K titik b, dan titik c $309,180$ K. Helm tentara yang di gunakan saat ini, yaitu dengan jarak 0,6 cm rongga tidak memenuhi tingkat kenyamanan dari sudut pandang suhu dan kelembaban.

Keywords: *CFD Fluent, Gambit, relativevelocity*

Pendahuluan

Kelembaban dan suhu merupakan dua faktor yang berpengaruh pada tingkat kenyamanan. Suhu merupakan salah satu kondisi yang berada di luar kendali manusia. Suhu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti kecepatan angin, cuaca, dan panas matahari. Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Kelembaban di pengaruhi oleh suhu, tekanan udara, angin, cahaya, dan vegetasi lingkungan tersebut.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengaruh suhu dan kelembaban terhadap kenyamanan pada pemakaian helm tentara menggunakan simulasi fluida bergerak. Sehingga dapat diketahui apakah helm tentara yang digunakan tersebut telah memenuhi standar kenyamanan manusia.

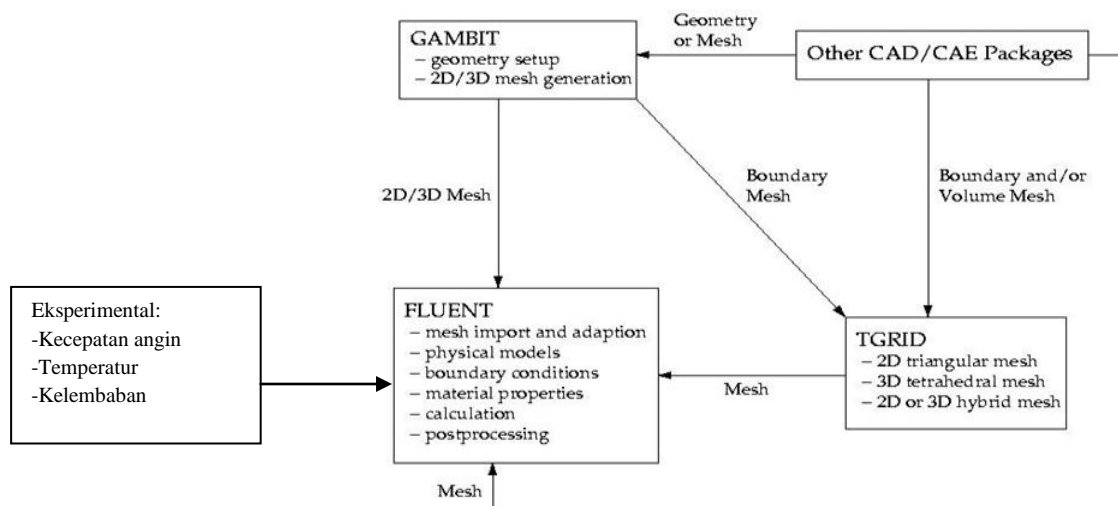
Pengukuran penelitian dilakukan dengan kondisi kecepatan angin sebesar 2 m/s, temperatur lingkungan sebesar 304° K

atau 31° C, dengan kondisi obyek diam. Bahan dari helm tersebut terbuat dari kevlar.

Analisa penelitian meliputi kecepatan angin, temperatur, fraksi mol H₂O pada tiga titik, yaitu titik a (rongga bagian depan antara kepala dan helm), titik b (rongga bagian tengah antara kepala dan helm), dan titik c (rongga bagian belakang antara kepala dan helm). Hasil modelling akan dibandingkan dengan metode eksperimental pada lingkungan sebenarnya, dengan asumsi angin mengalir dari arah depan.

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebenarnya mengganti persamaan-persamaan diferensial parsial dari kontinuitas, momentum, dan energi dengan persamaan-persamaan aljabar. CFD merupakan pendekatan dari persoalan yang asalnya kontinue (memiliki jumlah sel tak terhingga) menjadi model yang diskrit (jumlah sel terhingga). CFD *Fluent* versi 6.3.26 sendiri menggunakan metode volume hingga (*finite volume method*) sebagai metode diskritisasinya (Tuakia, 2008)

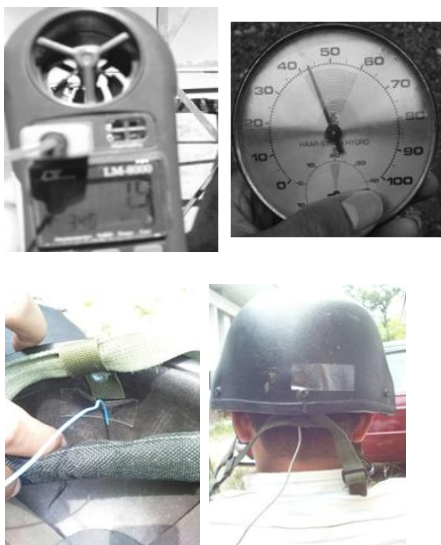
Brecht et al. (2007), meneliti tentang jumlah ventilasi dan karakteristik dari suatu helm menggunakan experiment tracer gas. *Data-Based Mechanistic* (DBM) adalah model mekanistik diterapkan untuk memberikan gambaran secara fisik perpindahan massa dalam campuran fluida di bawah helm. Dalam penelitiannya mereka menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) yang dapat diterapkan dengan baik untuk model kecepatan, dan peningkatan ke suhu yang lebih tinggi. Dengan menggunakan keseimbangan massa, efisiensi ventilasi lokal dapat digambarkan dengan menggunakan sistem input dan output. Dengan menggunakan pendekatan ini, ventilasi efisiensi penyegaran mulai dari volume 0,06 per detik (s) di sisi helm sampai 0,22 s pada ventilasi belakang pada helm. Area di samping ventilasinya kurang. Pengaruh sudut kemiringan pada efisiensi ventilasi tergantung pada posisi antara kepala dan helm. Kenyamanan umum helm dapat ditingkatkan dengan meningkatkan efisiensi ventilasi udara segar.



Gambar 1. Skema dasar

Metode dan Peralatan

Langkah awal penelitian adalah melakukan eksperimen dengan 5 obyek pengamatan dimana 1 obyek dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali pengamatan. Rongga antara kepala dan helm diukur pada suhu lingkungan yang sebenarnya, dengan interval waktu setiap 10 menit di waktu akhir dilakukan pencatatan, 10 menit kemudian istirahat. Alat yang digunakan adalah *anemometer*, dan *higrometer*. *Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan temperatur. Untuk mengukur temperatur, caranya kabel konduktor diletakkan di rongga kepala dan helm (menempelkan di sisi dalam helm dengan posisi bagian ujung atau sensor berada ditengah rongga atau tidak rapat) kemudian akan muncul nilai suhu. Jika untuk mengukur kecepatan angin, anemometer cukup di letakkan atau dipegang saja menghadap arah angin berhembus, kemudian di display akan menunjukkan sebuah nilai kecepatan. *Higrometer* digunakan untuk mengukur kelembaban lingkungan, yaitu cukup diletakkan kemudian jarum di *higrometer* akan menunjukkan nilai *relative humidity*.



Gambar 2. Alat dan bahan yang digunakan

Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan metode modelling.

1. Model helm standar akan divalidasi menggunakan metode eksperimental.
2. Untuk memodelkan helm standar yang digunakan tentara menggunakan *software Gambit 2.4.6*, dimana diperhitungkan bahan helm, dimensi helm, jarak standar antara helm dan kepala, kecepatan angin, dan temperatur lingkungan.
3. Untuk melakukan analisis menggunakan *softwareFluent 6.3.26*, dimana dengan *software* tersebut akan diketahui aliran udara yang mengalir diantara kepala dan helm, temperatur, dan fraksi mol H₂O.

Hasil dan Pembahasan

1. Eksperimental Validasi

Pengukuran dengan metode eksperimen dilakukan pada kondisi cerah dengan kecepatan angin rata-rata 2 m/s dan temperatur 31^oC, dan kelembaban relatif rata-rata 43%. Dari hasil pengukuran dengan metode eksperimen didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran dengan metode eksperimen

Obyek pengamatan	Pengamatan	Temperatur rongga kepala & helm (°K)		
		a	b	c
1	1	309,2	309,2	309,5
	2	309,4	309,7	309,9
	3	309,8	310,1	310,4
2	1	309,2	309,4	309,7
	2	309,6	309,7	310,1
	3	309,9	310,2	310,4
3	1	309,5	310,1	310,3
	2	310,2	310,4	310,5
	3	310,5	310,5	310,8
4	1	309,4	309,6	310
	2	309,9	310,3	310,8
	3	310,8	310,9	311,4
5	1	310,7	310,9	311,2
	2	309,8	310,4	310,8
	3	309,8	310,5	310,7
Rata-rata		309,85	310,13	310,43
Standar deviasi		0,51	0,51	0,54

Dari tabel 1 menunjukkan temperatur yang kecenderungannya mengalami peningkatan pada masing-masing titik

pengamatan. Titik pengamatan c memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding dua titik lainnya. Dari ketiga titik pengamatan memiliki standard deviasi rata-rata sebesar 0,5 ini menunjukkan bahwa penyimpangan data nya sebesar 0,5.

2. *Modelling Validasi*

Pengukuran dilakukan dengan kondisi kecepatan angin sebesar 1,6 m/s, temperatur lingkungan sebesar 304 0K atau 31^o C. Hasil penelitian awal helm standar tentara dapat ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 3. Kontur temperatur helm dengan kecepatan angin lingkungan 2 m/s

Dari gambar 3 didapatkan nilai temperatur helm standar dari analisis fluent sebesar:

- Titik a adalah 308,60^o K
- Titik b adalah 309,18^o K
- Titik c adalah 309,18^o K

3. *Validasi*

Dari hasil pengukuran menggunakan metode *modelling* dan eksperimental di dapatkan perbandingan sebagai berikut.

Tabel 2. Perbandingan hasil modelling dan eksperimen

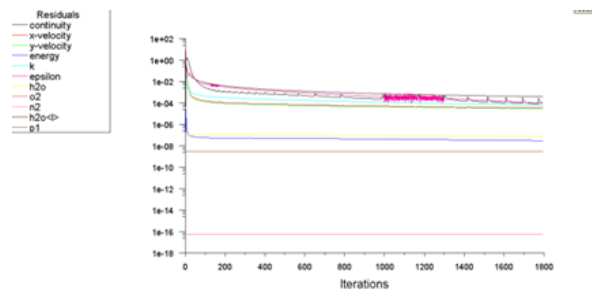
metode	temperatur rongga kepala & helm (^o K)		
	A	b	c
modelling	308,61	309,18	309,18
eksperimen	309,85	310,13	310,43
rasio	0,996	0,997	0,996

Dari tabel 2 dapat diketahui perbandingan hasil antara metode modelling dan eksperimental pada titik a sebesar 0,996, pada titik b 0,997, pada titik c 0,996. Artinya

nilai yang dihasilkan pada titik-titik pengamatan dari metode modelling mendekati hasil nyata (mendekati angka 1).

4. *Modelling*

Pemodelan geometri helm dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Gambit 2.4.6 dan analisis menggunakan CFD *Fluent* 6.3.26 dengan jarak rongga kepala dan helm 0,6 cm dengan kecepatan angin 2 m/s.



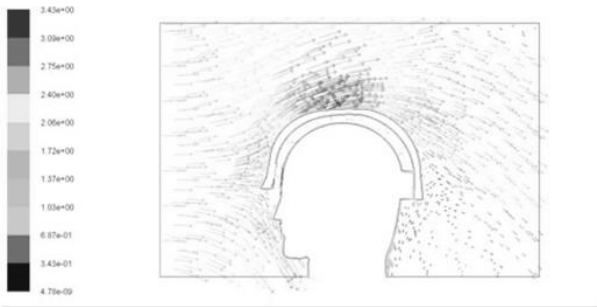
Gambar 4. Iterasi 1793 solution is converged

Pada iterasi ke 1793 penyelesaiannya memusat, artinya tidak ada fluktuasi nilai yang signifikan lagi pada iterasi 1793 tersebut.



Gambar 5. Kontur kecepatan angin

Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa yang berwarna merah menunjukkan kontur kecepatan angin lebih tinggi (2,83 m/s), dan yang warna biru menunjukkan kecepatan angin lebih rendah (0 m/s).



Gambar 6. Vektor kecepatan angin

Anak panah berwarna pada gambar 6. tersebut menunjukkan arah vektor kecepatan angin, dimana arah angin berhamburan ketika membentur wall (kepala dan helm). Warna merah yang berada di atas helm menunjukkan kecepatan yang paling tinggi, sebesar 3,15 m/s. Hal ini disebabkan oleh benturan angin terhadap bagian depan helm mengarah ke atas kemudian dari arah horizontal mendapat dorongan, sehingga di titik tersebut kecepatannya lebih tinggi. Pada bagian rongga helm dan kepala didapatkan nilai kecepatan angin sebesar:

Titik a kecepatan anginnya adalah sebesar 0,317 m/s

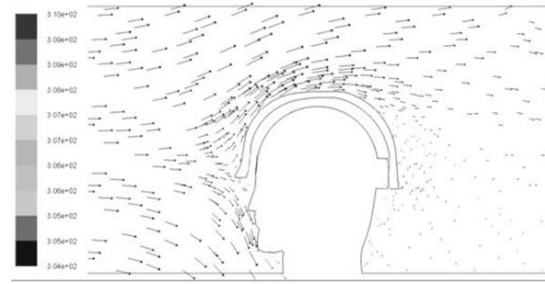
Titik b kecepatan anginnya adalah sebesar 0,317 m/s

Titik c kecepatan anginnya adalah sebesar 0,317 m/s



Gambar 7. Kontur suhu

Dari gambar 7 warna merah menunjukkan kontur temperatur yang lebih tinggi (310⁰ K), dan warna biru menunjukkan kontur temperatur yang lebih rendah (304⁰ K). Kontur temperatur digambarkan dengan besaran warna yang menunjukkan nilainya.



Gambar 8. Vektor kecepatan suhu

Anak panah berwarna pada gambar 8 menunjukkan arah vektor temperatur, dimana arah verktornya berhamburan ketika membentur wall. Warna biru menunjukkan temperatur lingkungan sebesar 304⁰ K.

Titik a adalah 308,60⁰ K

Titik b adalah 309,18⁰ K

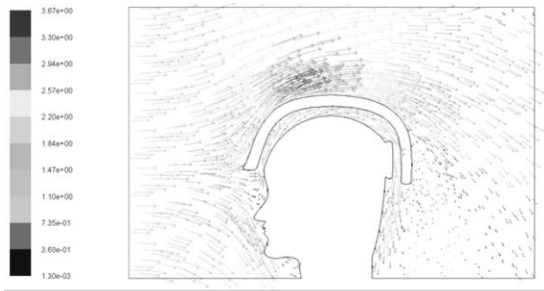
Titik c adalah 309,18⁰ K

Temperatur di titik a lebih rendah dari pada di titik b dan titik c, hal ini karena inlet pada titik a kecenderungannya besar dipengaruhi oleh suhu lingkungan.



Gambar 9. Kontur fraksi mole H₂O

Dari gambar 9 warna merah menunjukkan kontur fraksi mole H₂O yang paling besar (0,0486), dan warna biru menunjukkan kontur fraksi mole H₂O yang paling kecil (0,0484). Kontur fraksi mole H₂O digambarkan dengan besaran warna yang menunjukkan nilainya.



Gambar 10. Kecepatan relatif fraksi mole H₂O

Anak panah berwarna pada gambar 10 tersebut menunjukkan arah vektor fraksi mole H₂O, dimana arah vektornya berhamburan ketika membentur wall.

Titik a fraksi mole H₂O adalah sebesar 0,04856

Titik b fraksi mole H₂O adalah sebesar 0,04855

Titik c fraksi mole H₂O adalah sebesar 0,04853

Fraksi mol pada titik a lebih tinggi dibandingkan pada titik b dan titik c, hal ini disebabkan fraksi mole H₂O pada inlet titik a kecenderungannya dipengaruhi oleh inlet lingkungan. Pada titik b dan c fraksi mole H₂O semakin kecil, hal ini disebabkan kepala mengeluarkan panas yang lebih tinggi dari temperatur lingkungan.

Tabel 2. Nilai dari kecepatan, temperatur, dan fraksi mol H₂O metode modelling

	pgmtn	Jarak 0,6cm
velocity, m/s	titik a	0,31705901
	titik b	0,31705901
	titik c	0,31705901
temperatur, °K	titik a	308,60108
	titik b	309,18317
	titik c	309,189951
fraksi mole H ₂ O	titik a	0,04856200 1
	titik b	0,04855300 1
	titik c	0,04853500 1

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa suhu atau temperatur pada titik a, b, dan c masuk kategori tinggi. Dimana tingkat

kenyamanan *thermal* untuk warga negara Indonesia berada pada kisaran 24⁰ C - 30⁰ C atau 297⁰ K - 303⁰ K. Untuk kecepatan angin pada titik a, b, dan c tidak ada perubahan atau konstan. Sementara untuk fraksi mol H₂O pada titik a yang paling tinggi dengan nilai 0,04856.

Fraksi mole menyatakan jumlah mol zat terlarut atau jumlah mol pelarut dalam jumlah mol total larutan. Nilai fraksi mole H₂O yang dihasilkan menunjukkan kadar uap air di udara yang berada diantara rongga semakin kecil seiring dengan jarak yang semakin lebar. Nilai setiap mol gas H₂O dari setiap model menunjukkan nilai yang sangat kecil dan perbedaan diantaranya yang sangat kecil pula. Ini menunjukkan bahwa nilai kelembaban (kadar H₂O gas) kecenderungannya sama dengan kelembaban lingkungan sekitar.

Kesimpulan

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) *Fluent* dapat digunakan sebagai alat simulasi untuk aliran fluida dan mendekati keadaan sesungguhnya
2. Humidity dan temperature sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dalam pemakaian helm tentara, ini ditunjukkan dari nilai suhu pada rongga di titik a 308,60⁰ K, titik b 309,18⁰ K, titik c 309,18⁰ K.
3. Helm tentara yang digunakan saat ini, yaitu dengan jarak rongga 0,6 cm sudah tidak memenuhi tingkat kenyamanan bagi pemakai.

Daftar Pustaka

Brecht, A.Van., Nuyttens D., Aerts J.M., Quanten, S., Bruyne G, De., and Berckmans D., 2007, Quantification of ventilation characteristics of a helmet, *International Journal of Applied Ergonomics* 39 (2008) 332-341.

Tuakia, F., 2008, Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent, Informatika Bandung, Bandung.

Nancy, L.B., Biman, D., 2006, A Three Dimensional Computerized Isometric

Strength Measurement System, Department of Industrial Engineering Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada.