

SIMULASI PENGARUH POSISI SALURAN UDARA MASUK DAN KELUAR TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR RUANG AC

Harianto

Abstract

The air conditioning room was uncomfortable is probably due to the temperature distribution is not equitable. This is caused due to placement of inlet and outlet is not correct. With the numeric method, numeric calculations can simulate the temperature distribution pattern of the placement position of inlet and outlet. The five different types of placement of inlet and outlet had done simulated and produced the best condition is a second type.

(Key Words: Simulation, "AC", Distribution)

PENDAHULUAN

Penempatan saluran masuk dan keluar pada system pengkondisian udara menentukan pola distribusi temperature didalam ruangan. Ruangan udara ber AC

Akan terasa tidak nyaman salah satunya disebabkan oleh tidak meratanya distribusi temperature didalam ruangan tersebut.

Proses pengkondisian udara didalam ruangan merupakan persoalan mekanika fluida dan perpindahan kalor yang dapat diselesaikan dengan perpaduan tiga persamaan atur yang terdiri dari persamaan kekekalan massa, kekekalan momentum dan kekekalan energy.

Penyelesaian persoalan perpindahan kalor dan aliran fluida dapat dilakukan secara matematis maupun secara numeric.

Penyelesaian secara numeric akan menjadi cepat apabila didukung dengan perangkat computer untuk melakukan proses komputasi. Dengan penyelesaian secara numeric ini dapat dilakukan penghitungan temperature pada setiap posisi yang diinginkan didalam ruangan yang ingin ditinjau.

Hasil dari perhitungan secara numeric ini dapat disimulasikan distribusi temperature didalam ruang ber AC sehingga dapat diamati kontur distribusi temperature untuk berbagai penempatan saluran udara masuk dan keluar pada ruang ber AC.

TINJAUAN PUSTAKA

Kenyamanan suatu ruangan dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu temperatur, kelembaban, kebersihan udara, bau dan sirkulasi udara (ASRHA,1964). Air Conditioning mengatur pengaruh-pengaruh tersebut secara simultan untuk mendapatkan ruangan yang nyaman. Air Conditioning selain untuk mengatur kenyamanan ada kalanya juga digunakan untuk mengatur kondisi ruangan agar memenuhi suatu persyaratan guna keperluan tertentu misalnya pada ruang laboratorium.. Pengaturan temperatur di dalam ruangan merupakan proses perpindahan kalor. Pada dasarnya perpindahan kalor menurut prosesnya dapat dibedakan dalam tiga macam yaitu konduksi, konveksi dan radiasi (Incropera,1990). Jika ditinjau suatu ruangan yang dibagi-bagi dalam beberapa daerah, kondisi kecepatan udara, temperatur, tekanan dan variabel-variabel yang lain pada suatu daerah ada kemungkinan berbeda dengan daerah yang lain namun ada korelasi saling pengaruh mempengaruhi antara kondisi suatu daerah dengan daerah tetangga. Kajian yang dilakukan oleh (Bejan,1984) untuk persoalan aliran fluida dan perpindahan calor di dalam suatu ruangan (volume atur) dikendalikan oleh beberapa persamaan atur yang pada hakekatnya merupakan prinsip dasar fisika yaitu konservasi masa, konservasi

*) Dosen Jurusan Teknik Mesin, STTNAS Yogyakarta

momentum dan konservasi energi. Model matematik dari persamaan-persamaan atur tersebut merupakan bentuk persamaan diferensial partial yang harus diselesaikan secara simultan.

Proses pengkondisian udara di dalam ruangan dilakukan dengan mengalirkan udara dingin melalui saluran masuk dan mengeluarkan udara panas melalui saluran keluar. Pada saat udara dingin lepas dari saluran masuk dan menyebar ke dalam ruangan terjadi perubahan penampang laluan yang sangat besar sehingga dapat dipastikan terjadi aliran turbulen. Hasil visualisasi dengan full-scale schlieren photograph (Gray S., 1997) memperjelas perkiraan adanya aliran turbulen ini.

Ruangan dibatasi oleh dinding-dinding vertikal dan dinding-dinding horisontal. Bila diasumsikan bahwa dinding horisontal sebagai lantai dan atap diperlakukan adiabatik, tidak ada sumber panas di dalam ruangan dan dinding vertikal karena mendapat pemanasan udara dari luar diperlakukan sebagai dinding isothermis, maka dengan adanya beda temperatur antara dinding dengan udara di dalam ruangan terjadi perpindahan kalor. Karena adanya gaya apung dan aliran udara maka perpindahan kalor yang terjadi merupakan perpindahan kalor konveksi gabungan (konveksi paksa dan konveksi alam). Penyelesaian khusus ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan Boussinesq. Dalam penyelesaian dengan pendekatan Boussinesq diperlakukan densitas konstan pada semua persamaan atur kecuali pada rumus buoyancy, densitas fungsi temperatur.

Secara analitik persoalan diatas merupakan persoalan yang rumit dan sulit untuk diselesaikan, meskipun dalam beberapa kasus khusus dapat terselesaikan dengan jawaban yang eksak. Untuk mengatasinya dapat digunakan metoda numerik dengan mengubah persamaan diferensial partial menjadi persamaan aljabar melalui diskritisasi, dan dengan dukungan "hardware" komputer yang telah berkembang dengan pesat, penyelesaian aljabar dapat dikomputasikan. Penyelesaian ini telah banyak dibuktikan keberhasilannya. Sebagai contoh telah diketengahkan bahwa kemampuan CFD (Computational fluid dynamic) dalam aplikasi di bidang pengaturan udara (air conditioning), memberikan hasil secara detail tentang distribusi aliran dan temperatur dengan ketelitian tinggi (Foluso L., dkk., 1997)

Dari uraian diatas dengan cara komputasi (CFD) dapat dilakukan penelitian pengaruh penempatan saluran masuk dan keluar AC terhadap distribusi temperatur di dalam ruangan.

Adapun persamaan aturnya dengan memperhitungkan turbulensi adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{u}_i) = 0 \quad (1)$$

Persamaan momentum i

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{u}_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \left(\frac{2}{3} \mu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u_i u_j}) \quad (2)$$

$-\rho \overline{u_i u_j}$ menyatakan besarnya pengaruh turbulensi dan disebut "Reynolds stress"

Dengan menggunakan metode standard k - ε dan menerapkan hipotesis Boussinesq :

$$\frac{2}{3} \left(\rho k + \mu_t \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \right) \delta_{ij} - \rho \overline{u_i u_j} = \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

bila digunakan energi kinetik turbulensi dan laju disipasi :

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (4)$$

harga k dan ε didapat dari persamaan :

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \bar{u}_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \bar{u}_i \epsilon) &= \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right] \\ &+ C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} \{ G_k + (1 - C_{3\epsilon}) G_b \} - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (6)$$

Persamaan konservasi energi dalam bentuk entalpy sensible

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i h) &= \\ \frac{\partial}{\partial x_i}(k + k_t) \frac{\partial T}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j'} h_{j'} J_{j'} + \frac{D_p}{D_t} + &+ (\lambda_{ik})_{\text{eff}} \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + S_h \end{aligned} \quad (7)$$

dengan :

k = konduktivitas molekuler

k_t = konduktivitas akibat transpot turbulen

$$k_t = (C_p \cdot \mu_t / Pr_t) \quad (8)$$

$$h = \sum_{j'} m_{j'} h_{j'} \quad (9)$$

$$h_{j'} = \int_{T_{\text{ref}}}^T C_{p_{j'}} dT \quad ; T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K} \quad (10)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan metodologi model simulasi sebagai berikut :

1. Dimensi persoalan: 3D
2. Topologi grid yang akan diambil, adalah: quadrilateral terstruktur. Banyaknya grid akan ditentukan kemudian.
3. Untuk penyederhanaan persoalan, di dalam ruang tidak diperhitungkan adanya radiasi termal
4. Di permukaan dalam dinding ruangan diperhitungkan terhadap perpindahan panas konveksi gabungan (alam dan paksa)
5. Adapun syarat batas yang akan diterapkan, secara garis besar, adalah:
 - a) Pada bagian saluran masuk: velocity inlet, dengan besar kecepatan tertentu dan arah masuk normal terhadap batas 5°C .
 - b) Pada bagian dinding ruangan: convective wall, dengan temperatur konstan pada dinding vertikal dan adiabatic wall pada dinding atas dan bawah 35°C.
6. Pada bagian saluran keluar : outflow, dengan spesifikasi 100% massa keluar dari ruangan. Syarat batas ini mensyaratkan gradien besaran-besaran aliran sama dengan nol, kecuali gradien kecepatan.
7. Faktor-faktor under-relaksasi dan kriteria konvergensi ditetapkan seperti “setting default” nya.

Prosedur penelitian :

1. Penggambaran geometri ruang .
2. Pendefinisian mesh batas .
3. Pemeriksaan kualitas mesh .
4. Pembangkitan grid dan pendefinisian syarat batas

5. Penyelesaian numerik

6. Pengolahan output

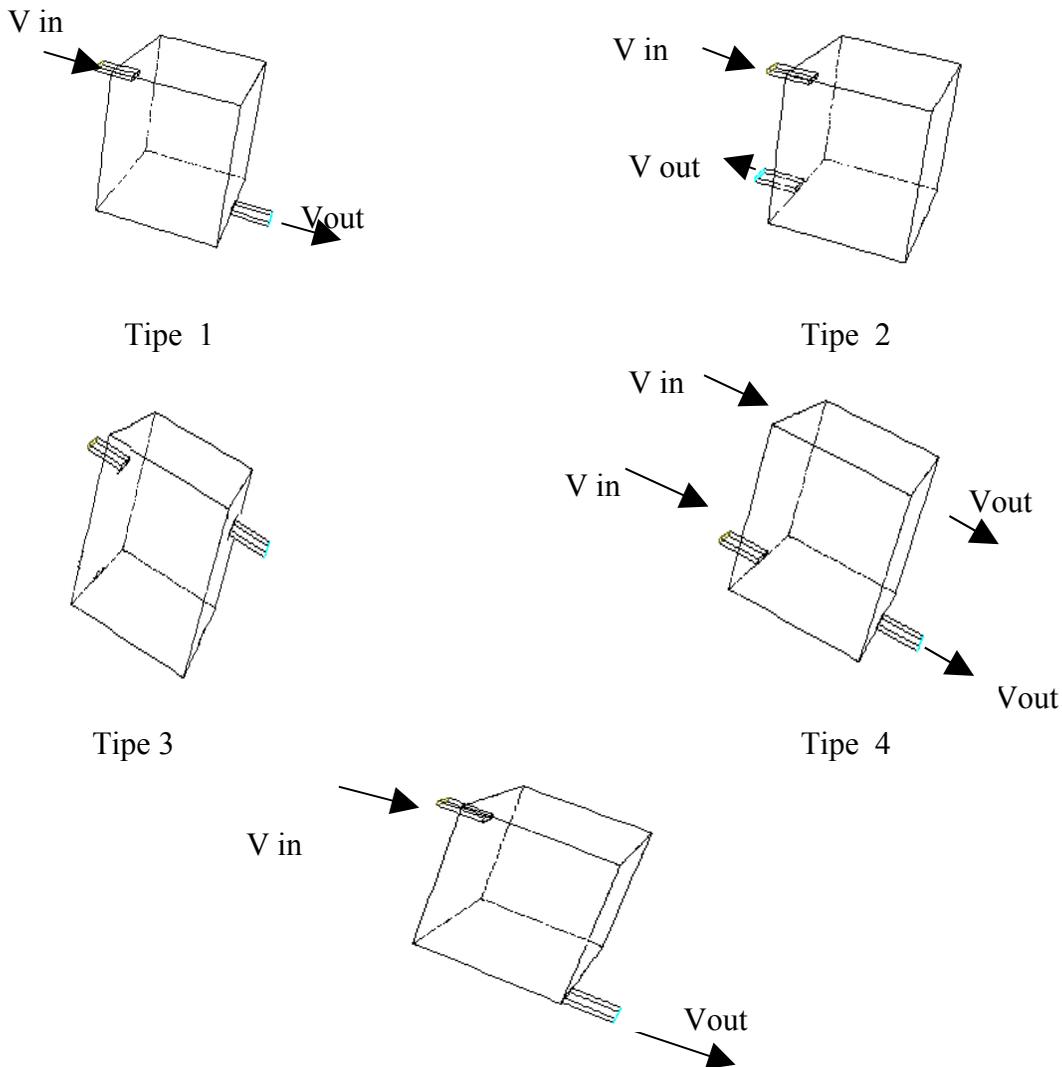
Dimensi dan bentuk ruang :

Ruangan yang akan disimulasikan mempunyai spesifikasi berikut:

- Panjang ruangan 4 meter
- Lebar ruangan 3 meter
- Tinggi ruangan 3 meter
- Lubang saluran masuk 10 cm x 60 cm
- Lubang saluran keluar 10 cm x 60 cm
- Jarak posisi saluran dibuat beberapa pilihan

Identifikasi Geometri

Geometri sebagai domain dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi dengan ukuran panjang 4 meter, tinggi 3 meter dan lebar 3 meter. Posisi saluran masuk dan saluran keluar dalam eksperimen dilakukan dengan 5 macam variasi seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. Tipe penempatan saluran masuk dan saluran keluar

Kebutuhan alat :

- Satu unit komputer PC Pentium, RAM 96 MB, video RAM 1 MB, resolusi monitor 1024x768 dengan 256 warna.

2. Perangkat lunak untuk membentuk grid
3. Perangkat lunak untuk penyelesaian perhitungan secara numerik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi temperatur di dalam ruang

Hasil simulasi dari beberapa posisi penempatan saluran masuk dan saluran keluar dapat dianalisis sebagai berikut: untuk menganalisis pemerataan distribusi temperatur dilakukan dengan mentabelkan sample data temperatur pada posisi titik-titik tertentu di dalam ruangan. Antara satu titik dengan titik yang lain diambil jarak 0.5 meter ke arah x,y dan z. Kemudian data dari masing-masing tipe dihitung nilai akar dari jumlah selisih antara kwadrat rata-rata dengan kwadrat data temperatur pada masing-masing titik. Hasil perhitungan ini makin kecil nilainya menunjukkan kondisi yang lebih merata sehingga dapat digunakan untuk membandingkan tingkat pemerataan distribusi temperatur dari tipe-tipe yang ada. Hasil simulasi mendapatkan data dan hitungan sebagai berikut:

Untuk data sampai dengan $y=3$ meter

KETERANGAN	TIPE 1	TIPE 2	TIPE 3	TIPE 4	TIPE 5
Temperatur rata-rata	297.4893	298.3613	290.6636	294.7022	295.4695
Akar dari jumlah selisih kwadrat data dengan kwadrat rata-rata didapat	19.41739	10.63131	14.32856	11.46511	18.40106

Untuk data sampai dengan $y=2$ meter

KETERANGAN	TIPE 1	TIPE 2	TIPE 3	TIPE 4	TIPE 5
Temperatur rata-rata	297.1488	298.082	290.7885	294.4259	295.1766
Akar dari jumlah selisih kwadrat data dengan kwadrat rata-rata didapat	12.88158	6.126445	6.214381	8.713296	9.772893

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa nilai akar dari jumlah selisih antara kwadrat rata-rata dengan kwadrat data temperatur terkecil adalah pada ruang tipe 2 sehingga tingkat pemerataan Temperatur di dalam ruangan terbaik adalah pada ruangan tipe 2.

KESIMPULAN

1. Dengan bantuan Computerized Fluid Dinamic (CFD) dapat dihitung besarnya temperature pada setiap posisi yang diinginkan.
2. Berdasarkan fungsi pendinginan ruangan untuk kenyamanan orang di dalam ruangan dimana orang menempati ruangan di bagian bawah, dapat disimpulkan bahwa ruangan tipe 2 memberikan pemerataan temperatur yang paling baik.

SARAN

Dengan kemampuan ram komputer yang ditingkatkan, dapat dilakukan penelitian lebih jauh dengan mempertimbangkan :

1. Penambahan sudu-sudu pengarah pada saluran masuk, untuk di ketahui sejauh mana pemerataan distribusi temperatur dapat dicapai
2. Adanya sumber-sumber panas yang ada di dalam ruangan dan perpindahan panas secara radiasi
3. Adanya kelembaman udara di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alan Adams J, Dafid F Rogers, 1973, Computer – Aided Heat Transfer Analysis, Mc Graw Hill Kogakusha .LTD.
- Arpachi, V.S., Larsen, P.S., 1984, Convection Heat Transfer, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Aryadi Suwono, 1998, Algoritma Untuk Pemecahan Numerik Aliran Fluida Turbulent 3-D dengan Model $K-\epsilon$, Seminar sehari Aplikasi Metode Numerik dalam Rekayasa, Bandung.
- Bayley FJ., Owen JM, Turner AB, 1972, Heat Transfer, Thomas Nelsons & Sons.LTD, Canada
- Bejan, A., 1984, Convection Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc.
- Dhaubhade MN I, Review: CFD Applications in the Automotive Industry
- Frank P Incropera, David P De Witt, Introduction to Heat Transfer.
- Fluent, 1997, Fluent 4.4 User's Guide Volume 4, Fluent, Inc.
- Foluso Ladeinde, Michelle D. Nearon, 1977, CFD Applicatons In the HVAC&R Industry, ASHRAE Journal, Januari, 44 – 480
- Fox, Mc Donald, Intoductions, 1978 tto Fluids Mechanics, John Willey & Sons.Inc,Canada.
- Gary ,S. Settles, 1997, Visualizing Full Scale Ventilation Airflows, ASHRAE JOURNAL, Juli 1997, 19 – 24
- Jerald D. Parker, 1982, Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design, John Wiley, New York
- Jong Woo Ahn, Tae Seon Park, Hyung Jin Sung, 1997, Application of a near-wall turbulence model to the flows over a step with inclined wall, Heat and Fluid Flow, 1997, 209 – 217
- Klaus A Hoffman, 1989, Computational Fluids Dynamics, Engineering Educations System, Austin, Texas, USA
- Louis C. Burmeister, 1983, Convective Heat Transfer, John Wiley, New York
- Peter Bradshaw, 1997, Understanding and prediction of turbulent flow, Heat and Fluid Flow, 45-54, New York
- Philips M Gerhart, 1985., Richard J Gross, Fundamentals of Fluids Mechanics, Addison's Wessley Publishing Company, USA
- Pletche RH, 1988, Progress in Turbulent Forcrd Convections, Jounal of Heat Transfer, November
- Pranowo, Yoshinta, 1999, Analisis Numerik Konveksi Alami 2 Dimensi Dalam Inkubator Bayi, Jurnal Teknologi Industri, Vol III no 3, 163-174
- Richard, J. Goldstein, 1983, Fluid Mechanics Measurements, Hemisphere Publishing Corporation, New York
- Shaw, C.T., 1992, Using Computational Fluid Dynamics, Prentice Hall International
- Slichting, H, Boundary Layer Theory, Mc Graw Hill Book Co. 1968.
- Tien-Mo Shih, 1984, Numerical Heat Transfer, Hemisphere Publishing Corporations.
- Yazid Bindar, 1998, Pemodelan Numerik Fenomena Tiga Dimensi Aliran Fluida, Reaksi kimia, Perpindahan Panas, dan Massa Secara Simultan, Seminar sehari Applika-si Metode Numerik dalam Rekayasa, Bandung
- Yu E., Joshi Y., 1997, A numerical study of three-dimensional laminar natural convection in a vented enclosure, Heat and Fluid Flow, 600-612, New York.

