

MODEL NUMERIK DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA RUANGAN BER-AC DENGAN MEMPERTIMBANGKAN INTERIOR DRAG

¹Hirman Rachman, ²Basuki Widodo

¹Mahasiswa Pasca Sarjana Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Guru MTsN Tinambung, Polman, Sul-Bar

²Dosen Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Kualitas dan kenyamanan udara dalam suatu ruangan tergantung beberapa faktor, diantaranya pola aliran distribusi udara, pola aliran distribusi temperatur ruangan, dan kelembaban udara. Untuk mendapatkan udara yang sehat diperlukan pengkodisian ventilasi ruangan tersebut dengan bantuan difuser, Sehingga sirkulasi aliran udara dan temperatur ruangan yang telah dikondisikan menjadi lebih efektif dan terjaga. Dalam penelitian ini akan dibandingkan efektifitas dan efisiensi penggunaan difuser *Air Conditioner* (AC) berdasarkan letak. Difuser akan diletakkan di setiap bidang ruangan secara bergantian dan akan diamati dinamikanya terhadap waktu. Dalam penelitian ini, model numerik distribusi temperatur dalam ruang ber-AC dengan mempertimbangkan interior drag akan dianalisa dengan pendekatan diskritisasi *Finite Volume Method* (FVM) dan teknik diskritisasi yang digunakan adalah *Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematic* (QUICK). Kemudian akan divisualisasikan dengan menggunakan software CFD fluent.

Kata kunci: *CFD Fluent, Distribusi temperatur, Finite Volume Method (FVM), Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematic (QUICK).*

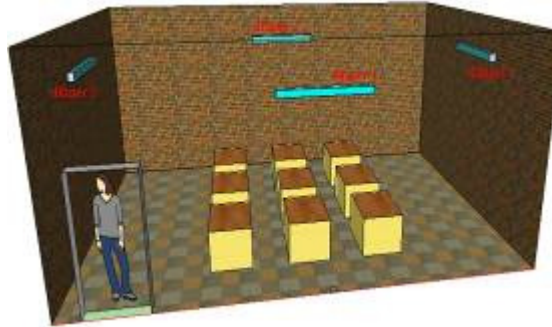
PENDAHULUAN

Perkembangan rekayasa terjadi karena kebutuhan manusia untuk mempermudah dan melayani diri dalam beraktivitas, rekayasa ini sangat dipengaruhi efisiensi dan estetika. Manusia akan mengerahkan pengetahuannya untuk menghasilkan manajemen dan inovasi dalam rangka *Self Service* tersebut, mereka akan selalu mencoba untuk membentuk suasana lingkungannya menjadi suasana yang paling maksimal dalam mendukung aktifitasnya, bukan hanya efektifitas yang ingin dicapai juga yang paling berpengaruh adalah keindahan estika lingkungannya dan manusia akan selalu mencari kombinasi terbaik untuk membentuk lingkungan yang nyaman dalam beraktifitas.

Kebanyakan orang menghabiskan sebagian besar waktu mereka di dalam ruangan, sehingga kontrol kuantitatif dan kualitatif aliran udara dalam ruangan secara luas dianggap sebagai suatu hal yang penting yang menjadi perhatian publik. Pengetahuan dan prediksi kondisi iklim dalam ruangan yang penting untuk mengoptimalkan iklim indoor dan kualitas udara dalam ruangan, dan juga penting untuk konservasi energi. Alat baru memberikan kemungkinan baru untuk studi bidang ini penting. *Computation Fluid Dynamic* (CFD) teknik yang berkembang pesat dan digunakan secara luas dan kemajuan juga sedang dibuat dalam teknik pengukuran, seperti keseluruhan medan-teknik pengukuran (Cehlin M dan Moshfegh B, 2010).

Sistem distribusi udara juga harus memberikan kondisi yang baik pada ruangan. Ini berarti kecepatan dan temperatur pada ruangan sesuai dengan daerah yang dikondisikan. Semua parameter tersebut merupakan hubungan timbal balik yang kompleks dari; jenis diffuser, kecepatan, geometri ruangan, lokasi, ukuran sumber panas dan lain-lain. Pola distribusi temperatur dalam ruangan adalah hasil interaksi antara gaya-gaya inersia, gesek, tekan dan apung. Gaya-gaya ini bekerja pada elemen-elemen aliran udara didalam ruangan. Kecepatan dan temperatur yang dihasilkan sangat bergantung pada mesin pendingin yang digunakan untuk menghasilkan udara yang dialirkan keruangan yang dikondisikan. Disamping itu posisi difuser juga akan menghasilkan distribusi temperatur yang berbeda. (Soedjono, dkk, 2006).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh para ahli mengenai model distribusi temperatur yang menjadi referensi yaitu Soedjono, dkk., (2006), dan Cehlin M dan Moshfegh B., (2010) dalam penelitiannya membahas tentang model numerik perbandingan letak difuser dalam suatu ruangan, Matloeb, N., (2009) yang membahas secara numerik pola distribusi temperatur dalam ruang ber-AC. Pada penelitian ini akan diberikan penambahan perlakuan dengan internal drag. Dengan penambahan ini menimbulkan aliran turbulen yang menjadikan objek masalah tambahan dalam penelitian.



Gambar 1: Representasi model ruangan ber-AC dengan empat posisi difuser

Gambar diatas merupakan sketsa geometri yang akan dilakukan dalam penelitian ini, dengan posisi difuser yang berbeda akan dibandingkan pola distribusi temperatur serta model numerik yang dibangun. Dalam merepresentasikan penelitian ini prinsip fisika yang akan dimodelkan dalam bentuk numerik. Pencarian persamaan-persamaan sebagai formula pembangun dari kondisi tersebut merupakan langkah awal untuk memprediksi pola distribusi temperatur dalam simulasi model diatas. Prinsip fisika yang utama diterapkan adalah hukum konservasi (kekekalan) dan transportasi.

PEMBAHASAN

1. Persamaan Pembangun

Adalah tiga prinsip konservasi yang diterapkan pada kondisi penelitian ini, yaitu konservasi pada massa, konservasi pada momentum dan konservasi entalphi. Persamaan konservasi tersebut dituliskan sebagai berikut:

Massa

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\phi)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\phi)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\phi)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Momentum-x

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vu)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wu)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \frac{\partial u}{\partial z} \right] + \sum F_x \quad (2)$$

Momentum-y

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wv)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \frac{\partial v}{\partial z} \right] + \sum F_y \quad (3)$$

Momentum-z

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \frac{\partial w}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \frac{\partial w}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right] + \sum F_z \quad (4)$$

Entalphi

$$\frac{\partial(\rho\eta)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\eta)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\eta)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\eta)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[k \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k \frac{\partial T}{\partial z} \right] + \dot{Q} \quad (5)$$

Selain daripada prinsip-prinsip diatas, adanya suatu *internal drag* dalam ruangan akan menyebabkan gangguan pada model aliran dan difusi dari sumber, sehingga persamaan persamaan diatas mengalami distorsi akibat gangguan internal drag tersebut. Terjadinya gangguan ini

menyebabkan gerakan fluktuatif yang tak harmoni pada model alirannya. Gejala ini disebut gerak turbulen atau aliran turbulen. Aliran turbulen secara umum dapat dipandang sebagai gerakan fluida secara intrinsik menjadi tidak stabil dan goyah sehingga bentuk akhir cairan berperilaku secara acak dan kacau. Aliran ini selalu memiliki karakter spasial tiga dimensi, dan fluktuasi cepat secara bersamaan dipolakan di arus tersebut. Akibat dari gangguan internal drag yang diberikan maka persamaan (2)-(5) mengalami perubahan sebagai berikut:

Momentum-x

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vu)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wu)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \frac{\partial u}{\partial x} \rho k \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] + S_{M_x} \quad (6)$$

Momentum-y

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wv)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[2\mu \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial v}{\partial y} \rho k \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + S_{M_y} \quad (7)$$

Momentum-z

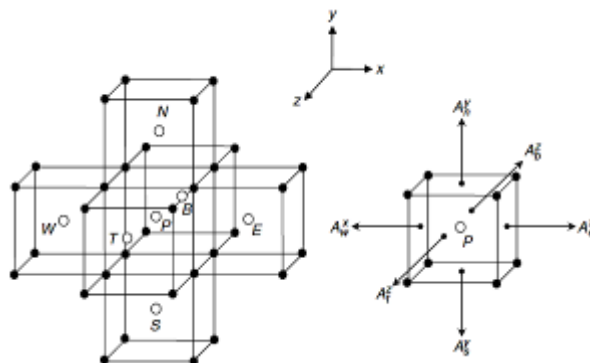
$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[2\mu \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \frac{\partial w}{\partial z} \rho k \right] + S_{M_z} \quad (8)$$

Entalphi

$$\frac{\partial(\rho \eta)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u \eta)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v \eta)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w \eta)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{k}{C_p} \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{k}{C_p} \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{k}{C_p} \frac{\partial T}{\partial z} \right] + S_\eta \quad (9)$$

2. Model Numerik

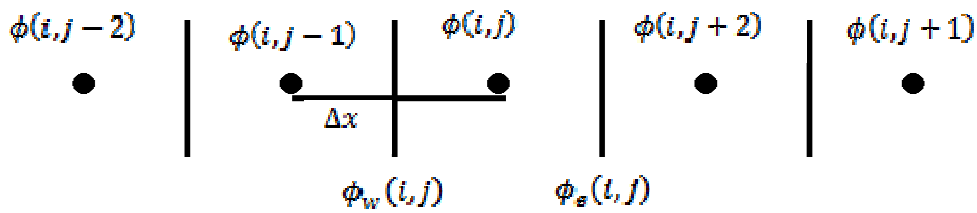
Untuk menyelesaikan persamaan diatas secara numerik, maka ada beberapa metode yang diperkenalkan untuk digunakan. memilih model matematika, kita harus memilih metode diskritisasi cocok, yaitu sebuah metode mendekati diferensial dengan sistem persamaan aljabar untuk variabel-variabel di beberapa set lokasi diskrit dalam ruang dan waktu, terdapat banyak pendekatan tapi yang umum digunakan antara lain; *Finite Difference Method (FDM)*, *Finite Volume Method (FVM)* dan *Finite Element Method (FEM)*. Metode lainnya seperti *Spectral Scheme*, *Boundary Element Method (BEM)*, dan *Cellular Automata* juga biasa digunakan dalam komputasi fluida dinamik. Dan dalam penelitian ini dalam digunakan Finite volume method (FVM).



Gambar 2: Volume kendali dari struktur metode volume hingga

Pada metode volume hingga harus diketahui domainnya dengan jelas, dari domain tersebut dibagi menjadi grid-grid baik yang terstruktur maupun yang tidak. Pada masing-masing grid memenuhi persamaan matematika yang terbentuk. Persamaan matematika yang terbentuk dalam face sehingga perlu dirubah menjadi node agar tidak saling tumpang tindih. Terdapat beberapa teknik pendiskritan dalam volume hingga, pemilihan teknik pendiskritan disesuaikan dengan permasalahan yang akan diselesaikan.

Dalam penelitian ini akan digunakan skema *Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematic* (QUICK) sebagai teknik diskritisasi untuk metode volume hingga tersebut. Adapun alasannya dari penggunaan skema ini karena hasil yang dicapai lebih stabil. Matrik yang diperoleh sebagai hasil dari skema ini adalah simetris berbentuk matrik tridiagonal dan mempunyai invers. Menurut Apsley (2005) pendiskritan dengan menggunakan metode QUICK untuk merubah nilai pada face menjadi nilai pada node, diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 3: Diskritisasi QUICK

Gambar diatas menunjukkan pembagangan satu dimensi, karena sistem ventilasi ini dimensi tiga, dimungkinkan persamaan-persamaan yang muncul lebih dari satu persamaan dan dimungkinkan akan melibatkan algoritma Gauss. Untuk diskrit tiga dimensi flux yang terjadi pada volume kendalanya diperoleh formulasebagai berikut:

$$\phi_e(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i-1, j, k) + \frac{3}{4}\phi(i, j, k) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j, k) \quad (10)$$

$$\phi_w(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i-2, j, k) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j, k) + \frac{3}{8}\phi(i, j, k) \quad (11)$$

$$\phi_n(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-1, k) + \frac{3}{4}\phi(i, j, k) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1, k) \quad (12)$$

$$\phi_s(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-2, k) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1, k) + \frac{3}{8}\phi(i, j, k) \quad (13)$$

$$\phi_t(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i, j, k-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j, k) + \frac{3}{8}\phi(i, j, k+1) \quad (14)$$

$$\phi_b(i, j, k) = -\frac{1}{8}\phi(i, j, k-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j, k-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j, k) \quad (15)$$

Untuk setiap properti variabel ϕ . Ini menggambarkan berbagai proses transportasi fisik yang terjadi dalam aliran fluida. Untuk memecahkan persamaan konservasi akan diubah dan bentuk persamaan transportasi atas volumekendali terbatas. Integrasi persamaan tiga dimensi volume kendali menghasilkan:

$$\int_V \frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} dV + \int_V \left\{ \frac{\partial(\rho u\phi)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v\phi)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w\phi)}{\partial z} \right\} dV$$

$$= \int_V \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial z} \right] \right\} dV + \int_V S \phi dV \quad (16)$$

Integrasi diatas dapat ditulis dalam bentuk diskrit:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N (\rho u \phi)_i A_i^x + \sum_{j=1}^N (\rho u \phi)_j A_j^y + \sum_{k=1}^N (\rho u \phi)_k A_k^z &= \sum_{i=1}^N \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial x} \right]_i A_i^x + \sum_{j=1}^N \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial y} \right]_j A_j^y \\ &+ \sum_{k=1}^N \left[\Gamma \phi \frac{\partial \phi}{\partial z} \right]_k A_k^z + S \phi \Delta V \end{aligned} \quad (17)$$

Dengan mengubah persamaan konservasi kedalam bentuk persamaan transportasi diperoleh formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \phi_e \left[(\rho u) - 2\mu - \frac{2}{3} \rho k \right] \partial y \partial z + \phi_w \left[\frac{2}{3} \rho k - (\rho u) - 2\mu \right] \partial y \partial z + \phi_n \left[(\rho v) - \mu \right] \partial x \partial z \\ + \phi_s \left[-(\rho v) - \mu \right] \partial x \partial z + \phi_t \left[(\rho w) - \mu \right] \partial x \partial y + \phi_b \left[-(\rho w) - \mu \right] \partial x \partial y \\ = -P \partial y \partial z - P \partial x \partial z - P \partial x \partial y - \rho g \partial x \partial y \partial z \\ + \left[(\rho u_e) \partial y \partial z - (\rho u_w) \partial y \partial z + (\rho v_s) \partial x \partial z - (\rho v_n) \partial x \partial z + (\rho w_b) \partial x \partial y - (\rho w_t) \partial x \partial y \right] \end{aligned} \quad (18)$$

Selanjutnya skema QUICK yaitu persamaan (10)-(15) disubstitusikan secara serempak kedalam persamaan (18), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \left[-\frac{1}{8} \phi_e(i-1, j, k) + \frac{3}{4} \phi_e(i, j, k) + \frac{3}{8} \phi_e(i+1, j, k) \right] \left[(\rho u) - 2\mu - \frac{2}{3} \rho k \right] \partial y \partial z \\ + \left[-\frac{1}{8} \phi_w(i-2, j, k) + \frac{3}{4} \phi_w(i-1, j, k) + \frac{3}{8} \phi_w(i, j, k) \right] \left[\frac{2}{3} \rho k - (\rho u) - 2\mu \right] \partial y \partial z \\ + \left[-\frac{1}{8} \phi_n(i, j-1, k) + \frac{3}{4} \phi_n(i, j, k) + \frac{3}{8} \phi_n(i, j+1, k) \right] \left[(\rho v) - \mu \right] \partial x \partial z \\ + \left[-\frac{1}{8} \phi_s(i, j-2, k) + \frac{3}{4} \phi_s(i, j-1, k) + \frac{3}{8} \phi_s(i, j, k) \right] \left[-(\rho v) - \mu \right] \partial x \partial z \\ + \left[-\frac{1}{8} \phi_t(i, j, k-1) + \frac{3}{4} \phi_t(i, j, k) + \frac{3}{8} \phi_t(i, j, k+1) \right] \left[(\rho w) - \mu \right] \partial x \partial y \\ + \left[-\frac{1}{8} \phi_b(i, j, k-2) + \frac{3}{4} \phi_b(i, j, k-1) + \frac{3}{8} \phi_b(i, j, k) \right] \left[-(\rho w) - \mu \right] \partial x \partial y \\ = -P \partial y \partial z - P \partial x \partial z - P \partial x \partial y - \rho g \partial x \partial y \partial z + \left[(\rho u_e) \partial y \partial z - (\rho u_w) \partial y \partial z + (\rho v_s) \partial x \partial z - (\rho v_n) \partial x \partial z \right. \\ \left. + (\rho w_b) \partial x \partial y - (\rho w_t) \partial x \partial y \right] \end{aligned} \quad (19)$$

Karena ϕ adalah peubah yang dicari, maka variabel tersebut diubah sesuai dengan keinginan yaitu distribusi temperatur sehingga ϕ dibah menjadi variabel T . Selanjutnya variabel T dipisahkan dari masing-masing suku dan disesuaikan menurut index kedudukan node satu dengan node berikutnya, Untuk memudahkan diskritisasi diperlukan penyederhanaan dengan mendefenisikan beberapa kelompok variabel yang bersesuaian indexnya pada menjadi variabel baru, sehingga diperoleh beberapa persamaan baru:

$$A[T(i-1, j, k)] + B[T(i, j, k)] + C[T(i+1, j, k)] + D[T(i+2, j, k)] + E[T(i, j-2, k)]$$

$$+F[T(i, j-1, k)] + G[T(i, j+1, k)] + H[T(i, j, k-2)] + I[T(i, j, k-1)] + J[T(i, j, k+1)] = S \tag{20}$$

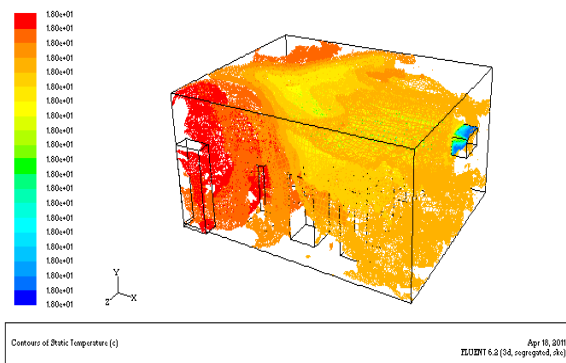
Selanjutnya untuk memperoleh persamaan perkalian matrik berbentuk $AT=S$ perlu menjabarkan secara bertahap menurut konstruksi pembangan dari ruangan yaitu membagi ruangan kedalam bebarapa volume kendali. Dalam penelitian ini ruangan berbentuk persegi panjang dengan jumlah volume kendali sebanyak 252 node dari jumlah node sepanjang-x 9(i), sepanjang-y 7(j), dan sepanjang-z 4(k).

Untuk menyelesaikan model matrik diatas dapat digunakan dengan menggunakan kode program dari MATLAB, dan untuk visualisali yang lebih kompleks digunakan software khusus CFD.

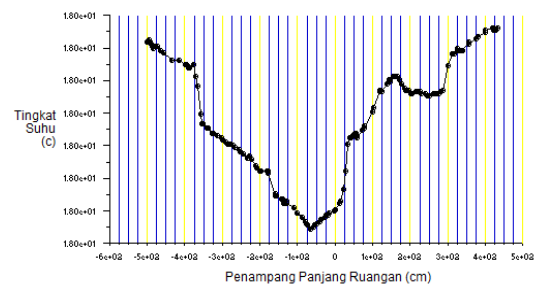
3. Visualisasi Simulasi

Sebagai visualisasi digunakan software CFD yaitu Gambit dan Fluent, aplikasi ini merupakan merupakan program komputer yang banyak digunakan untuk memodelkan aliran fluida dan perpindahan panas. Tools ini akan digunakan untuk melakukan simulasi pola distribusi temperatur pada ruang ber-AC yang dipengaruhi *internal drag*. Suatu pola yang merupakan representase dari suatu ruangan yang direduksi kedalam geometri yang berbentuk balok dengan ukuran 9 x 7 x 4 meter. Didalam ruangan tersebut dibuat *internal drag* sebanyak sembilan buah yang berukuran 1 x 1 x 2 meter. Ada empat posisi difuser yang akan dibandingkan tingkat efektifitas distribusi suhu. Difuser tersebut merupakan ventilasi masuknya udara dan kemudian ventilasi keluarnya udara melewati pintu ruangan.

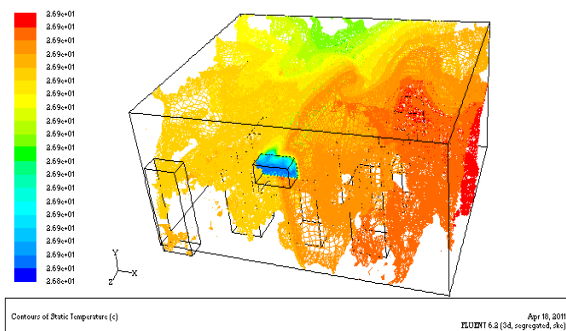
Dalam simulasi ini difuser akan menyebarkan hembusan udara dingin yang kedalam ruangan dengan kecepatan dan pengaruh gravitasi. Atribut parameter yang mempengaruhi kondisi ruangan pada umumnya menggunakan default dari parameter dari software CFD yang digunakan seperti massa jenis dan kekentalan fluida dalam hal ini adalah udara. Untuk mengukur efektifitas dipilih area sebagai subyek penerima penurunan suhu dan dalam simulasi ini subyek tersebut berupa bidang sejajar dan satu meter diatas lantai



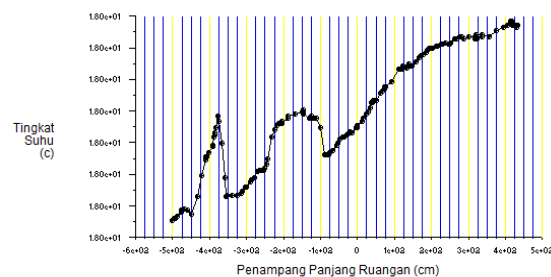
1(a)



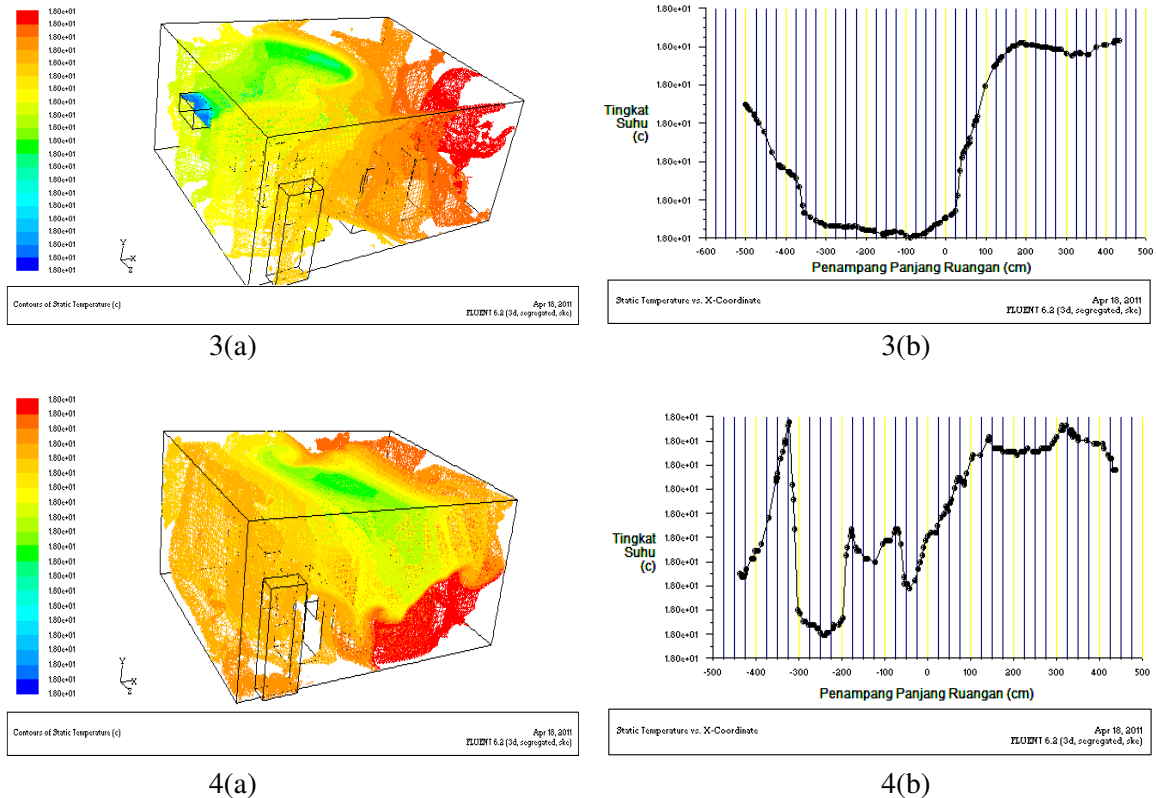
1(b)



2(a)



2(b)



Gambar 4: Kantor 3D dan gradien bidang pengamatan distribusi temperatur ruang

Pada gambar 4, label 1(a) adalah kontur 3D distribusi temperatur untuk difuser posisi-1 dan 1(b) gradien rata-rata slice bidang pengamatan, selanjutnya 2(a) dan 2(b) untuk posisi ke-2, 2(a) dan 2(b) untuk posisi ke-3 dan 2(a) dan 2(b) untuk posisi ke-4.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian yang dilakukan pada tulisan ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam distribusi temperatur pada ruangan ber-AC, temperatur dihantar oleh udara sehingga faktor fisis persamaan konservasi massa, momentum dan enthalpi merupakan komponen utama dalam memformulakan persamaan pembangunnya.
2. Dengan komponen *internal drag*, menyebabkan gejolak distribusi temperatur, sehingga diperlukan penambahan persamaan gangguan pada persamaan pembangunnya.
3. Dari hasil simulasi dengan software Fluent. Letak difuser pada posisi tiga menunjukkan penurunan temperatur pada sebagian besar area subjek, sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa letak difuser pada posisi tersebut merupakan letak yang paling efektif dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Cehlin, M., Moshfegh, B., (2010), "Numerical Modeling of A Complex Diffuser in A Room with Displacement Ventilation" *Building and Environment*, Vol. 45, Hal. 2240-2252.

Matloeb, N., (2009), *Analisis pola Distribusi Temperatur pada Ruang Ber-AC dengan Menggunakan Finite Volume Method (FVM)*, Tesis, Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Denny ME Soedjono, 2006, *Pengaruh Posisi Difuser dan Variasi Kecepatan Udara Masuk Terhadap Distribusi Temperatur Ruang Terkondisi (Sebuah Studi Numerik)*, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Apsley, D., (2005), *Computational Fluid Dynamic*, Springer, New York.

Ferziger, J.H., Peric, M., (2002), *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

Versteeg, HK, 1995, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method*, Burnt Mill Harlow England

Cahyono, M., (2000) *Materi Kuliah Hidraulika Lanjut*, Penerbit ITB Bandung, Bandung
Fluent Inc., 1996, manual of fluent CFD, Fluent Inc,