Industrial Research Workshop and National Seminar 2012
ISBN 978-979-3541-25-9

Simulasi Numerik Aliran Pengkondisi Udara di Dalam Ruang Server

Tria Mariz Arief[1], Sugianto[1]
[1]Program Studi Teknik Aeronautika, Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788
Email: tria@me.polban.ac.id, sugianto@polban.ac.id,

Abstrak

Sebagimana telah diketahui bahwa pengkondisi udara dapat dijumpai diberbagai aplikasi sistem ruang, seperti ruang proses kimia, ruang tempat menyimpan alat ukur, ruang untuk yang memerlukan kenyamanan udara, ruang proses icing dan ruang komputerisasi atau ruang server computer.Hal yang terpenting dari ruang server adalah menjaga temperature ruang sedemikian rupa sehingga server dapat bekerja optimal yaitu pada rentang temperature 20^oC sampai dengan 25^oC.Untuk dapat mencapai rentang temperature kerja optimal tersebut maka dibutuhkan tata letak alat pengkondisi udara (APU) sedemikian rupa sehingga sikulasi udara dapat menciptakan rentang temperatur kerja optimal.Paper ini membahas proses simulasi numerik aliran udara akibat kerja APU menggunakan perangkat lunak komersial Fluent versi 6.3 dengan model turbulensi kappa-epsilon (model k-e). Proses simulasi diawali dengan pembentukan geometri ruang server berdimensi overall 10.5 x 19.4 x 3.9 m^{3}beserta 7 buah rak server dengan total server computer sebanyak 490 buah yang dimodelkan sebagai sebuah kotak persegi panjang yang mempunyai flux panas tertentu akibat kerja komponen elektronik server komputer dan menghasilkan udara panas yang diasumsikan 60^oC yang dikeluarkan melalui exhaust fan server. Udara panas yang memenuhi ruang server didinginkan secara konveksi paksa oleh perangkat pendingin APU tipe standing AC berjumlah 6 buah dengan cara mengalirkan udara dingin bertemperatur 15^oCke dalam ruang server. Dari hasil simulasi, diperoleh temperatur udara ruang server dalam rentang 20^oC sampai dengan 30^oC. Untuk hasil yang lebih baik disarankan untuk mengalirkan udara dingin dari lantai ruang server yang memungkinkan pengambilan panas lebih efektif dan dbuang ke udara bebas melalui exhaust fan.

Kata kunci: Pengkondisi udara, standing AC, Server, Simulasi Numerik, CFD, Fluent.

1. PENDAHULUAN

Pengkondisi udara dapat dijumpai diberbagai aplikasi sistem ruang, seperti ruang proses kimia, ruang tempat menyimpan alat ukur, ruang untuk yang memerlukan kenyamanan udara, ruang proses icing dan ruang komputerisasi atau ruang server computer. Hal yang terpenting dari ruang server adalah menjaga temperature ruang sedemikian rupa sehingga server dapat bekerja optimal yaitu pada rentang temperature 20^oC sampai dengan 25^oC.

Untuk dapat mencapai rentang temperature kerja optimal tersebut maka dibutuhkan tata letak alat pengkondisi udara (APU) sedemikian rupa sehingga sikulasi udara dapat menciptakan rentang temperature kerja optimal. Kajian yang dibutuhkan untuk mendapatkan tata letak APU yang tepat adalah proses simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server. Kondisi ruang server yang menjadi fokus simulasi adalah sebagai berikut:

- Dimensi overal ruang server adalah 10.5 x 19.4 x 3.9 m^3.
- Penggunakan APU tipe standing AC
- Ruang server terdiri dari 7 buah rak dengan masing-masing kolom rak terdiri dari 10 buah server. Berdasarkan geometri ruang server yang terlihat pada Gambar 1, maka total server adalah 490 buah computer.
- Arah udara dingin 15^oC yang keluar dari APU adalah 30^o terhadap dinding vertical APU.
- Udara panas yang keluar dari exhaust fan server computer adalah 60^oC.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mendapatkan kondisi udara di dalam ruang server mayoritas dalam rentang 20^oC sampai dengan 25^oC.

2. PROSES SIMULASI

2.1 Teori dasar

Simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server menggunakan perangkat lunak computational fluid dynamics (CFD) komersial Fluent Inc. versi 6.3. Model persamaan gerak aliran udara mempunyai tiga prinsif dasar yaitu konservasi massa, konservasi momentum dan konservasi energi, seperti tertulis secara berurutan dalam persamaan 1, 2 dan 3.

Hukum kekekalan massa atau kontinuitas dapat dituliskan dalam bentuk integral sebagai berikut

$$\frac{\partial}{\partial t}\oiiint_V \rho dV + \oiint_A \rho \vec{U}\cdot\vec{dA} = 0 \quad (1)$$

Hukum kekekalan momentum dapat dituliskan dalam bentuk integral sebagai berikut

$$\frac{\partial}{\partial t}\oiiint_V \rho\vec{U}\,dV + \oiint_A \left(\rho\vec{U}\cdot\vec{dA}\right)\vec{U} = -\oiint_A P\,\vec{dA} + \oiiint_V \rho\vec{f}\,dV + \vec{F}_{viscous} \quad .(2)$$

Hukum kekekalan energi dapat dituliskan dalam bentuk integral sebagai berikut

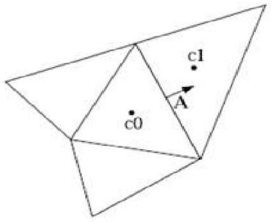
$$\oiiint_V \dot{q}\,\rho dV + \dot{Q}_{viscous} - \oiint_A P\vec{U}\cdot\vec{dA} + \oiiint_V \rho\left(\vec{f}\cdot\vec{U}\right)dV + \dot{W}_{viscous} = \frac{\partial}{\partial t}\oiiint_V \rho\left(e+\frac{U^2}{2}\right)dV + \oiint_A \rho\left(e+\frac{U^2}{2}\right)\vec{U}\cdot\vec{dA} \quad .(3)$$

Jika variabel tak bebas ϕ adalah fungsi ruang yang tidak diketahui adalah solusi dari persamaan model gerak fluida (persamaan 1, 2 dan 3) dan ϕ merupakan kuantitas skalar *properties* fluida (tekanan, densitas dan sejenisnya) atau kuantitas kecepatan, maka persamaan (persamaan 1, 2 dan3) dapat dituliskan dalam bentuk persamaan yang mengadung ϕ sebagai berikut

$$\oiint_A \rho\phi\vec{U}\cdot\vec{dA} = \oiint_A \Gamma_\phi \nabla\phi\cdot\vec{dA} + \oiiint_V S_\phi dV \quad (4)$$

dimana Γ_ϕ adalah koefisien difusi dari variabel ϕ, $\nabla\phi$ adalah gradient ϕ dan S_ϕ adalah sumber dari c persatuan volume. FLUENT menggunakan teknik kendali volume (control volume) untuk mengubah persamaan (persamaan 1, 2 dan3) kedalam bentuk persamaan aljabar yang dapat dicari solusinya.

Pada diskretisasi untuk mendapatkan solusi, maka domain kontinyu diubah menjadi domain diskret dalam bentuk *cell* 2D yaitu segiempat atau segitiga (quadrilateral *cell* atau triangular *cell*), sebagai contoh digunakan *cell* segitiga seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi control volume menggunakan *cell* segitiga untuk diskretisasi [Sumber Fluent]

Sehingga persamaan (4) dalam domain kontinyu diubah dalam bentuk domain diskret (diskontinyu) yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$\sum_f^{N_{face}} \vec{U_f}\,\phi_f A_f = \sum_f^{N_{face}} \Gamma_\phi (\nabla\phi)_n A_f + S_\phi V \quad (5)$$

dimana N_{face} adalah jumlah muka pada *cell* tertutup, ϕ_f nilai ϕ yang dikenveksikan melalui muka f, $\vec{U_f}$ adalah fluks massa melalui muka, $(\nabla\phi)_n$ adalah besar gradien ϕ normal terhadap muka f dan V adalah volume *cell.*

Nilai ϕ yang diperoleh dari komputasi disimpan pada pusat *cell* grid yaitu titik $c_0, c_1 \ldots c_n$ di dalam Gambar 2 dan nilai ϕ_f dibutuhkan untuk mengkonveksi bentuk persamaaan 4 dengan cara interpolasi nilai-nilai pusat *cell.*

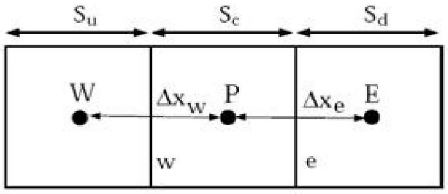
Untuk mendapatkan nilai ϕ_f, maka dapat dilakukan dengan menggunakan skema upwind. Skema upwind yang digunakan adalah derajat dua untuk mendapatkan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Berdasarkan pendekatan deret Taylor, maka nilai ϕ_f dapat dituliskan sebagai berikut

$$\phi_f = \phi + \nabla\phi\cdot\vec{dr} \quad (6)$$

$$\nabla\phi = \frac{1}{V}\sum_f^{N_{face}} \tilde{\phi}_f A \quad (7)$$

dimana ϕ dan $\nabla\phi$ adalah nilai pada pusat *cell* dan nilai gradien pada *cell* depan (*upstreamcell*), $\vec{dr}$ adalah vektor perpindahan dari pusat *cell* ke pusat

muka dan $\overline{\phi_f}$ adalah nilai rata-rata ϕ yang dihitung dari dua *cell* yang dipisahkan oleh muka *cell* yang sama. Ilustrasi persamaan (7) untuk tipe *cell* segiempat dengan pusat *cell* adalah W, P dan E dan muka *cell* w dan e seperti tampak pada Gambar 2.



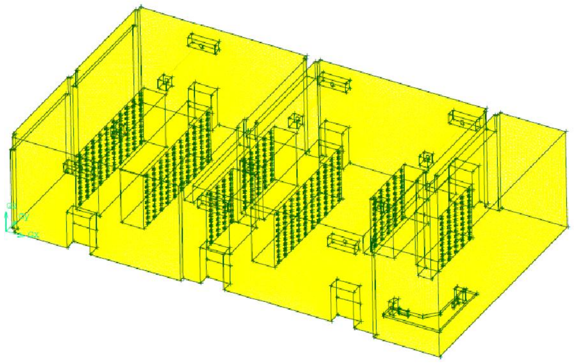
Gambar 2. Kontrol volume menggunakan quadrilateral grid [Sumber Fluent]

Berdasarkan Gambar 2, maka dapat ditentukan nilai ϕ pada muka e yaitu yang dapat dituliskan sebagai berikut

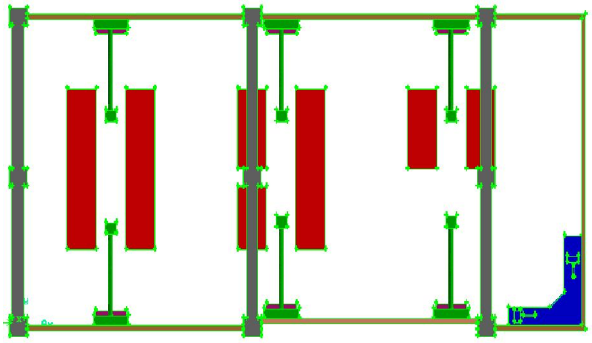
$$\phi_e = \frac{S_u + 2S_c}{S_u + S_c}\phi_P - \frac{S_c}{S_u + S_c}\phi_W \qquad (8)$$

2.2 Proses Simulasi Numerik

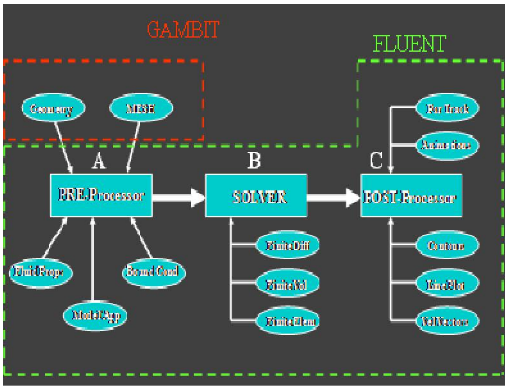
Struktur simulasi numerik menggunakan Fluent dapat di gambarkan seperti tampak pada Gambar 3



Gambar 3 geometri ruang server komputer

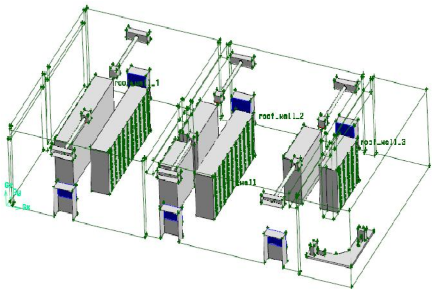


Gambar 4: tampak atas geometri ruang server computer

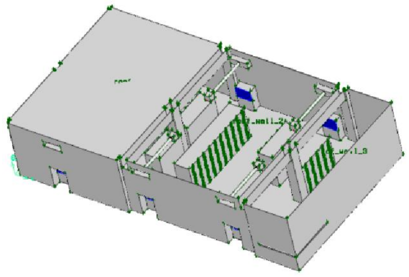


Gambar 5: Struktur simulasi numerik menggunakan Fluent

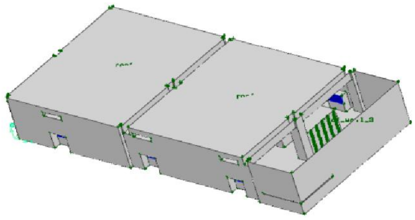
Ruang server komputer mempunyai geometri seperti tampak pada Gambar 3, Dengan lay-out tampak atas seperti tampak pada Gambar 4 dan domain komputasi ruang server seperti tampak pada Gambar 5.



a. **Rak server dan APU**



b. **Dinding-dinding ruang server tampak satu atap**



c. **Dinding-dinding ruang server tampak dua atap**

Gambar 5: Domain komputasi ruang server computer, a). rak server dan APU, b). dinding ruang server tampak satu atap, c). dinding ruang server tampak dua atap.

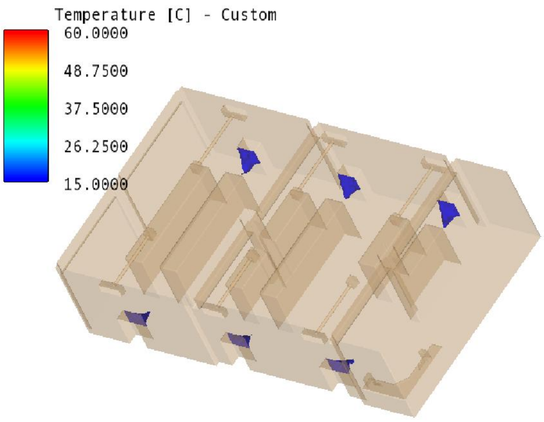
Meshing grid domain komputasi ruang servermenggunakan jenis meshing tetragonal dan dkonversi menjadi polyhedral.

3. HASIL SIMULASI

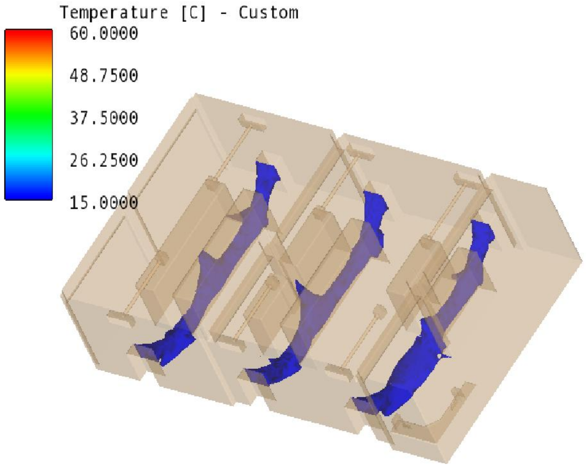
Hasil simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server ditampiulkan dalam bentuk permukaaan dengan parameter konstan (iso surface), dalam paper ini ditampilkan iso-surface temperatur (IST) untuk dapat memvisualisasi temperature ruang server, serta ditampilkan pula kecepatan dan tekanan udara pada iso-surface tempratur.

3.1. Iso surface temperatur tertentu

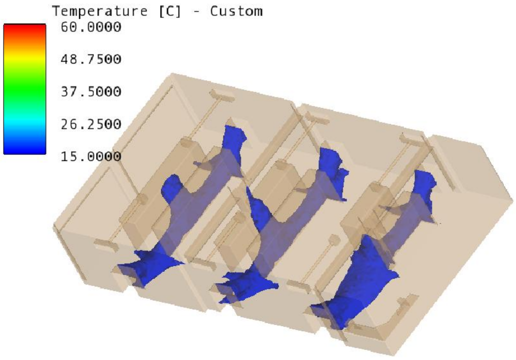
Iso-surface tempratur (IST) hasil simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server adalah IST pada 15, 16, 17, 20, 25, 30, 40, 50 dan 60 derajat Celcius seperti tampak pada Gambar 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 dan 14.



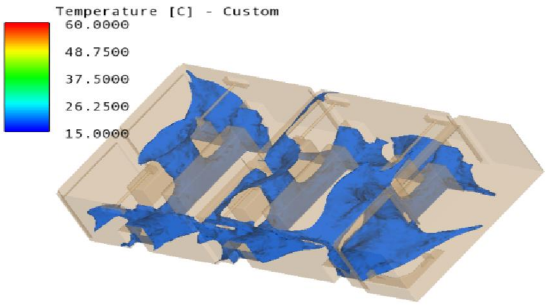
Gambar 6: Kontur iso-surface temperature (IST) 15^{o}C



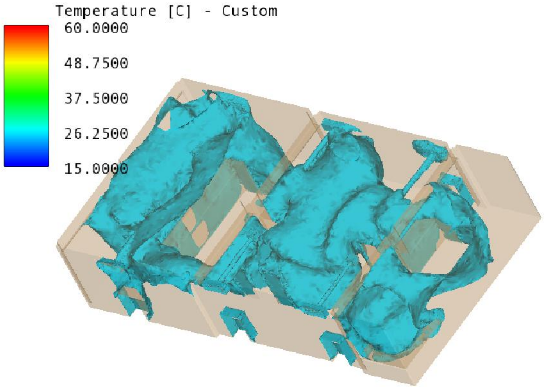
Gambar 7: Kontur iso-surface temperature (IST) 16^{o}C



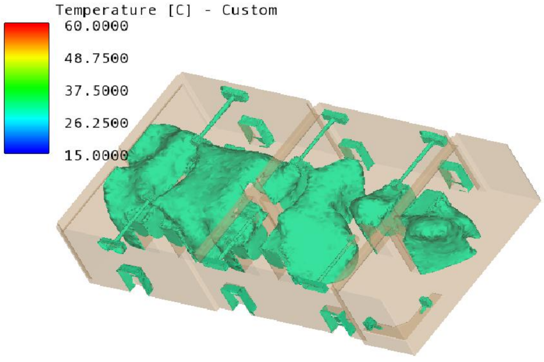
Gambar 8: Kontur iso-surface temperature (IST) 17^{o}C



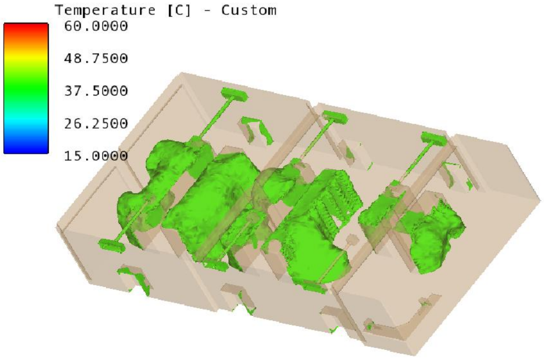
Gambar 9: Kontur iso-surface temperature (IST) 20^{o}C



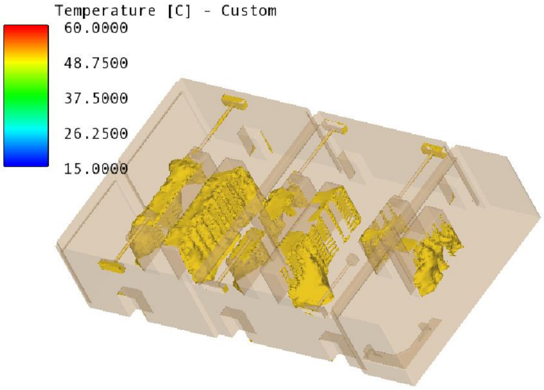
Gambar 10: Kontur iso-surface temperature (IST) 25^{o}C



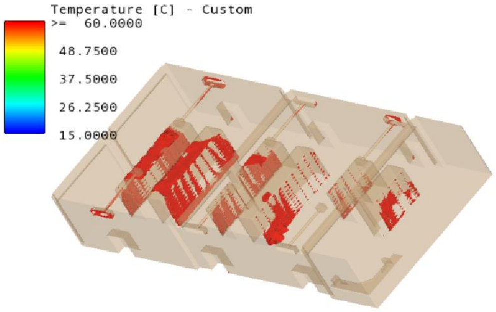
Gambar 11: Kontur iso-surface temperature (IST) 30^{o}C



Gambar 12: Kontur iso-surface temperature (IST) 40°C



Gambar 13: Kontur iso-surface temperature (IST) 50°C

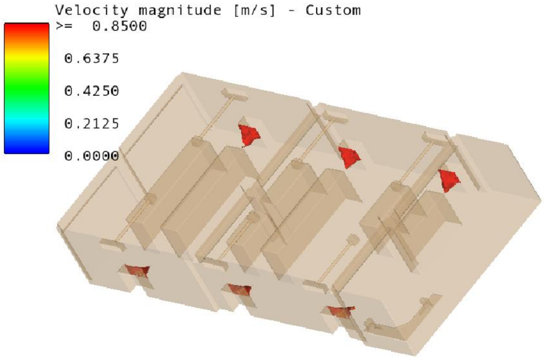


Gambar 14: Kontur iso-surface temperature (IST) 60°C

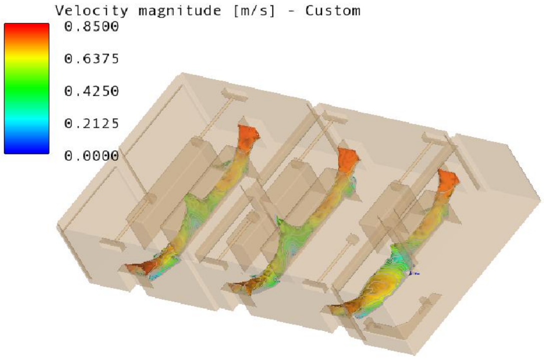
Berdasarkan Gambar 6 sampai dengan Gambar 14, tampak terlihat kontur iso-surface IST pada 20°C sampai dengan dengan 30°C mendominasi ruang server seperti terlihat pada Gambar 9 untuk IST 20°C dan Gambar 10 untuk IST 25°C dan Gambar 11 untuk IST 30°C.

3.2. Kontur Kecepatan Aliran pada IST konstan

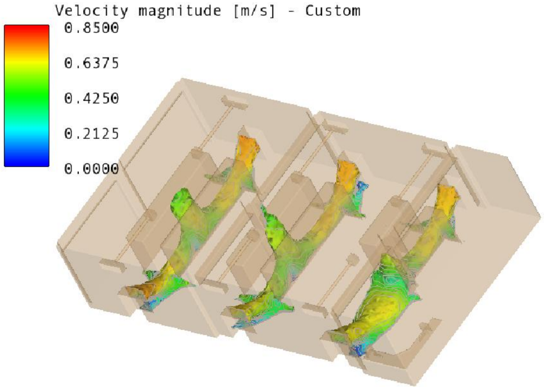
Kontur kecepatan hasil simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server pada IST 15, 16, 17, 20, 25, 30, 40, 50 dan 60 derajat Celcius seperti tampak pada Gambar 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 dan 23.



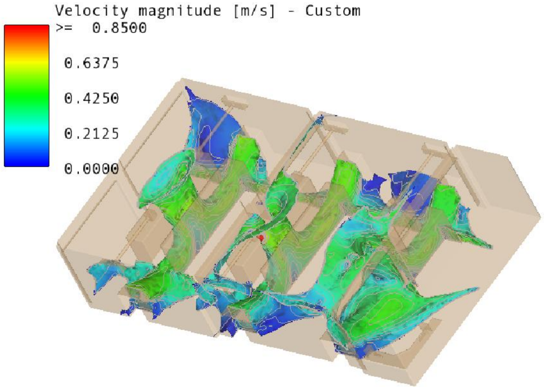
Gambar 15: Kontur kecepatan pada IST 15°C



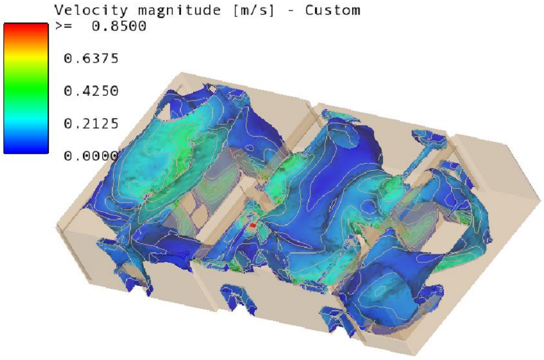
Gambar 16: Kontur kecepatan pada IST 16°C



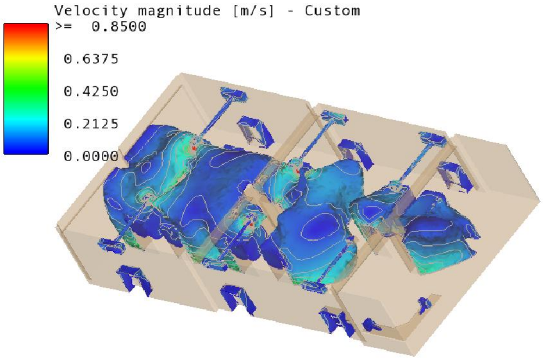
Gambar 17: Kontur kecepatan pada IST 17°C



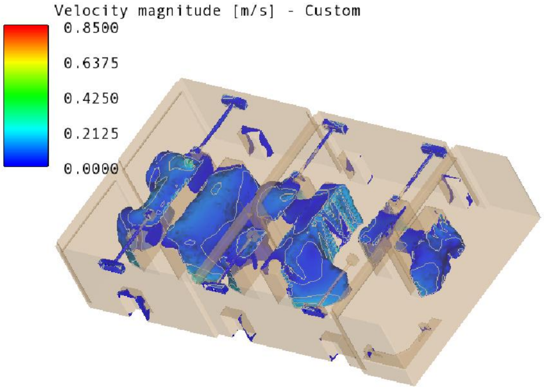
Gambar 18: Kontur kecepatan pada IST 20°C



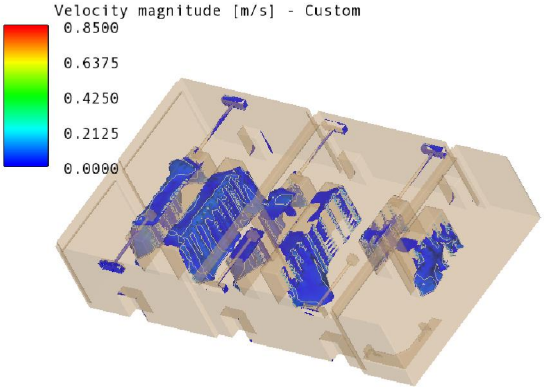
Gambar 19: Kontur kecepatan pada IST 25^{o}C



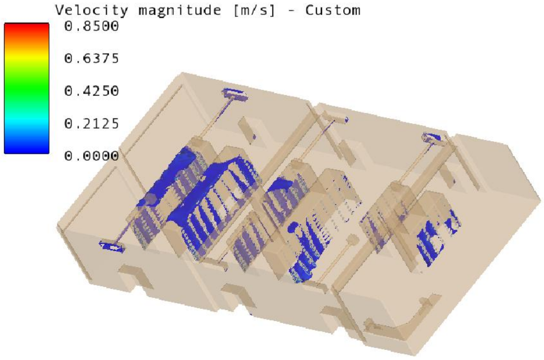
Gambar 20: Kontur kecepatan pada IST 30^{o}C



Gambar 21: Kontur kecepatan pada IST 40^{o}C



Gambar 22: Kontur kecepatan pada IST 50^{o}C

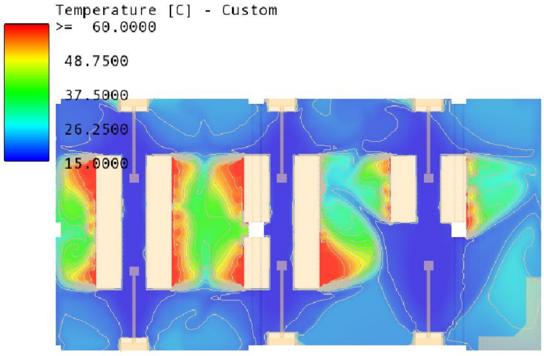


Gambar 23: Kontur kecepatan pada IST 60^{o}C

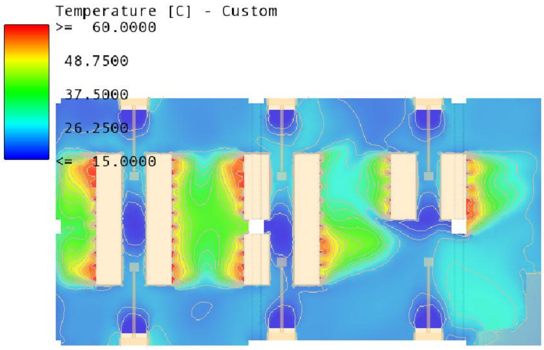
Berdasarkan Gambar 15 sampai dengan Gambar 23, tampak terlihat bahwa kecepatan aliran di dalam ruang server bervariasi dari kecepatan 0 m/s (terjadi pada dinding karena kondisi no slip) sampai dengan 0.85 m/s yang di dapat pada aliran udara dingin yang keluar dari APU.

3.3. Kontur temperatur pada bidang XY

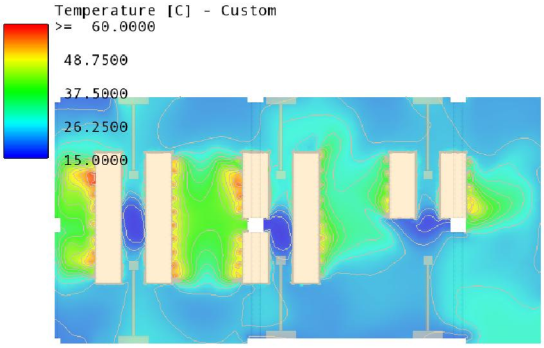
Untuk dapat melihat hasil simulasi numerik pada bidang dari ruang server, maka ditampilkan hasil kontur temperatur pada bidang XY pada Z = 0, 1, 2, 3 dan 3.9 m seperti tampak pada Gambar 24, 25, 26, 27 dan 28



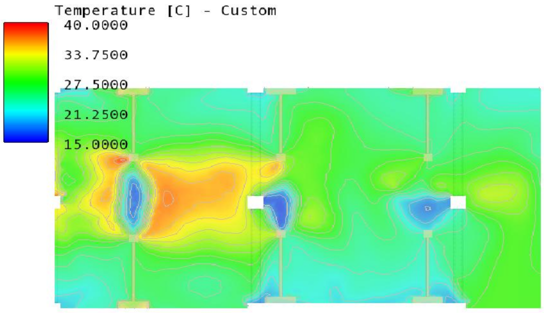
Gambar 24: Kontur temperatur pada bidang XY untuk Z = 0 m



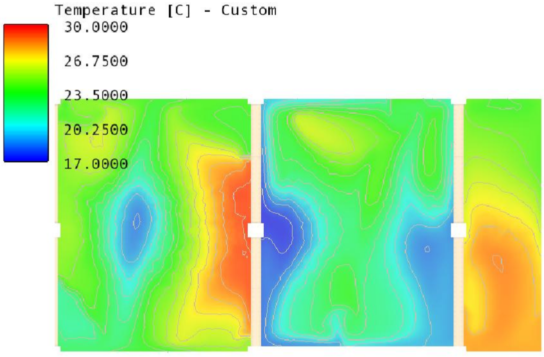
Gambar 25: Kontur temperatur pada bidang XY untuk Z = 1 m



Gambar 26: Kontur temperatur pada bidang XY untuk Z = 2 m



Gambar 27: Kontur temperatur pada bidang XY untuk Z = 3 m

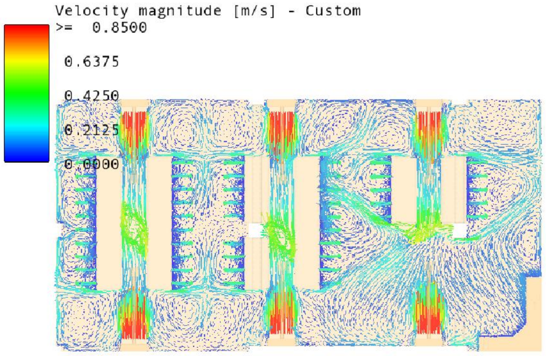


Gambar 28: Kontur temperatur pada bidang XY untuk Z = 3.9 m

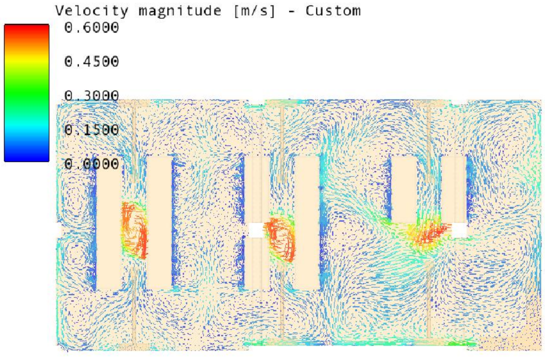
Berdasarkan Gambar 24 sampai dengan Gambar 28, tampak terlihat bahwa udara di dalam ruang server yang mempunyai temperatur tertinggi 60^{o}C terjadi di lantai ruang server yaitu pada z = 0 m terutama pada daerah diantara rak server 2 dan rak server 3. Temperatur udara semakin menurun dengan meningkatnya ketinggian udara di dalam ruang server.

3.4. Vektor kecepatan aliran pada bidang

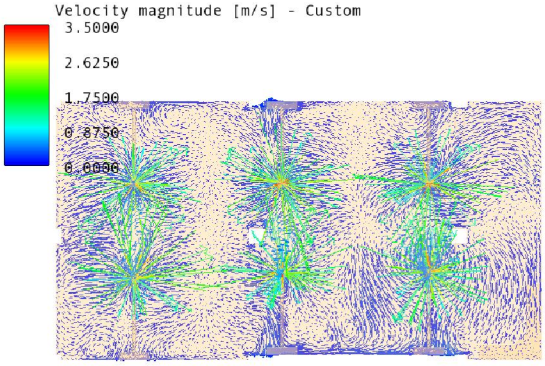
Untuk dapat melihat hasil simulasi numerik pada bidang dari ruang server, maka ditampilkan vector kecepatan aliran pada bidang XY pada Z = 1, 2, 3 dan 3.9 m seperti tampak pada Gambar 29, 30, 31 dan 32.



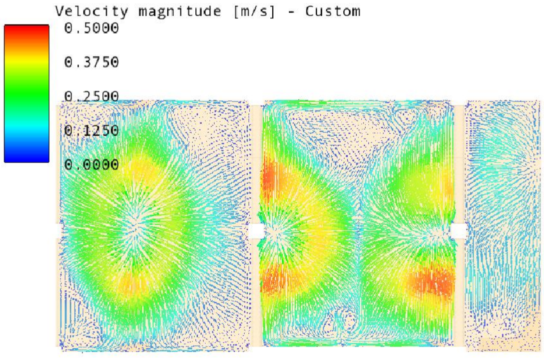
Gambar 29: Vektor kecepatan aliran pada bidang XY untuk Z = 1 m



Gambar 30: Vektor kecepatan aliran pada bidang XY untuk Z = 2 m



Gambar 31: Vektor kecepatan aliran pada bidang XY untuk Z = 3 m



Gambar 32: Vektor kecepatan aliran pada bidang XY untuk Z = 3.9 m

Berdasarkan gambar 29 sampai dengan Gambar 32,

tampak terlihat bahwa kecepatan pada bidang XY untuk z = 1 m mempunyai kecepatan terbesar 0.85 m/s yang keluar dari APU. Kecepatan aliran udara meningkat dengan mencapai kecepatan 3.5 m/s pada bidang XY untuk z = 3 m yang disebabkan oleh penghisapan aliran udara oleh exhaust fan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi numerik aliran udara di dalam ruang server dengan tata letak APU antara exhaust fan dan standing AC pada posisi sejajar atas-bawah didapat kondisi temperature udara di dalam ruang server antara 20^{o}C sampai dengan 30^{o}C.
Hasil yang lebih bagus dapat dilakukan dengan mengalirkan udara dingin dari lantai ruang server untuk dapat mengambil panas yang dihasilkan oleh exhaust fan server.

5. DAFTAR PUSTAKA

Fluent Document, 2007, Advanced Fluent Training Course, Fluent User Service Center.