

SIMULASI NUMERIK PENGKONDISI UDARA DALAM RSK

Radi Suradi Kartanegara¹⁾

Sugianto²⁾

Tria Mariz Arief³⁾

^{1,2,3)} Staf Pengajar Program Studi Teknik Aeronautika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung
E-mail: radisuradik@gmail.com¹⁾, E-mail: sugizaps@gmail.com²⁾, E-mail: tria_mariz@yahoo.com³⁾

Abstrak

Sebagaimana 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 komputer (RSK). Hal yang terpenting dari RSK adalah menjaga temperatur ruang sedemikian rupa sehingga server komputer dapat bekerja optimal yaitu pada rentang temperatur 20°C sampai dengan 25°C. Untuk dapat mencapai rentang temperatur kerja optimal tersebut maka dibutuhkan tata letak alat pengkondisi udara (APU) sedemikian rupa sehingga sirkulasi 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-ε). Proses simulasi diawali dengan pembentukan geometri RSK berdimensi overall 10.5 x 19.4 x 3.9 m³ beserta 7 buah rak server komputer dengan total server komputer 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°C yang dikeluarkan melalui exhaust fan server komputer. Udara panas yang memenuhi RSK didinginkan secara konveksi paksa oleh perangkat pendingin APU tipe standing AC berjumlah 6 buah dengan cara mengalirkan udara dingin bertemperatur 15°C ke dalam RSK. Dari hasil simulasi, diperoleh temperatur udara RSK dalam rentang 20°C sampai dengan 30°C. Untuk hasil yang lebih baik disarankan untuk mengalirkan udara dingin dari lantai RSK yang memungkinkan pengambilan panas lebih efektif dan dbuang ke udara bebas melalui exhaust fan.

Kata kunci: Pengkondisi udara, standing AC, Server komputer, 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 (RSK).

Hal yang terpenting dari RSK adalah menjaga temperatur ruang sedemikian rupa sehingga server komputer dapat bekerja optimal yaitu pada rentang temperatur 20°C sampai dengan 25°C.

Untuk dapat mencapai rentang temperatur kerja optimal tersebut maka dibutuhkan tata letak alat pengkondisi udara (APU) sedemikian rupa

sehingga sirkulasi udara dapat menciptakan rentang temperatur kerja optimal.

Kajian yang dibutuhkan untuk mendapatkan tata letak APU yang tepat adalah proses simulasi numerik aliran udara di dalam RSK. Kondisi RSK yang menjadi fokus simulasi adalah sebagai berikut:

- Dimensi overal RSK adalah 10.5 x 19.4 x 3.9 m³.
- Menggunakan APU tipe standing AC
- RSK terdiri dari 7 buah rak dengan masing-masing kolom rak terdiri dari 10 buah server komputer. Berdasarkan geometri RSK yang terlihat pada Gambar-1, maka total server komputer adalah 490 buah komputer.

- Arah udara dingin 15°C yang keluar dari APU adalah 30° terhadap dinding vertical APU.
- Udara panas yang keluar dari exhaust fan server komputer komputer adalah 60°C.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mendapatkan kondisi udara di dalam RSK mayoritas dalam rentang 20°C sampai dengan 25°C.

2. Proses Simulasi

2.1 Teori dasar

Simulasi numerik aliran udara di dalam RSK menggunakan perangkat lunak computational fluid dynamics (CFD) komersial Fluent Inc. versi 6.3. Model persamaan gerak aliran udara mempunyai tiga prinsip 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 (Radi dkk, 2012)

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_A \rho \vec{U} \cdot \vec{dA} = 0 \tag{1}$$

Hukum kekekalan momentum dapat dituliskan dalam bentuk integral sebagai berikut (Radi dkk, 2012)

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho \vec{U} dV + \iint_A (\rho \vec{U} \cdot \vec{dA}) \vec{U} = \\ - \iint_A P \vec{dA} + \iiint_V \rho \vec{f} dV + \vec{F}_{viscous} \end{aligned} \tag{2}$$

Hukum kekekalan energi dapat dituliskan dalam bentuk integral sebagai berikut (Radi dkk, 2012)

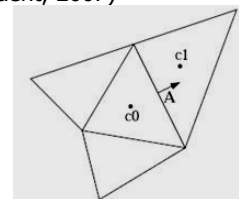
$$\begin{aligned} \iiint_V \dot{q} \rho dV + \dot{Q}_{viscous} - \iint_A P \vec{U} \cdot \vec{dA} + \\ \iiint_V \rho (\vec{f} \cdot \vec{U}) dV + \dot{W}_{viscous} = \\ \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho \left(e + \frac{U^2}{2} \right) dV + \\ \iint_A \rho \left(e + \frac{U^2}{2} \right) \vec{U} \cdot \vec{dA} \end{aligned} \tag{3}$$

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 dan 3) dapat dituliskan dalam bentuk persamaan yang mengandung ϕ sebagai berikut (Radi dkk, 2012)

$$\begin{aligned} \iint_A \rho \phi \vec{U} \cdot \vec{dA} = \\ \iint_A \Gamma_\phi \nabla \phi \cdot \vec{dA} + \iiint_V S_\phi dV \end{aligned} \tag{4}$$

dimana Γ_ϕ adalah koefisien difusi dari variabel ϕ , $\nabla \phi$ adalah gradient ϕ dan S_ϕ adalah sumber dari ϕ per satuan volume. FLUENT menggunakan teknik kendali volume (control volume) untuk mengubah persamaan (persamaan 1, 2 dan 3) 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. (Fluent, 2007)



Gambar-1. Ilustrasi control volume menggunakan *cell* segitiga untuk diskretisasi [Fluent, 2007]

Sehingga persamaan (4) dalam domain kontinyu diubah dalam bentuk domain diskret (diskontinyu) yang dapat dituliskan sebagai berikut (Fluent, 2007)

$$\sum_f^{N_{face}} \vec{U}_f \phi_f A_f = \sum_f^{N_{face}} \Gamma_\phi (\nabla \phi)_n A_f + S_\phi V \tag{5}$$

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, \dots, c_n di dalam Gambar-2 dan nilai ϕ_f dibutuhkan untuk

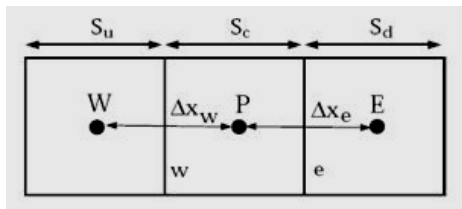
mengkonveksi bentuk persamaan 4 dengan cara interpolasi nilai-nilai pusat *cell*.

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 (Fluent, 2007)

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

$$\nabla \phi = \frac{1}{V} \sum_f \phi_f A \quad (7)$$

dimana ϕ dan $\nabla \phi$ adalah nilai pada pusat *cell* dan nilai gradien pada *cell* depan (*upstream cell*), \vec{dr} adalah vektor perpindahan dari pusat *cell* ke pusat muka dan ϕ_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. (Fluent, 2007)



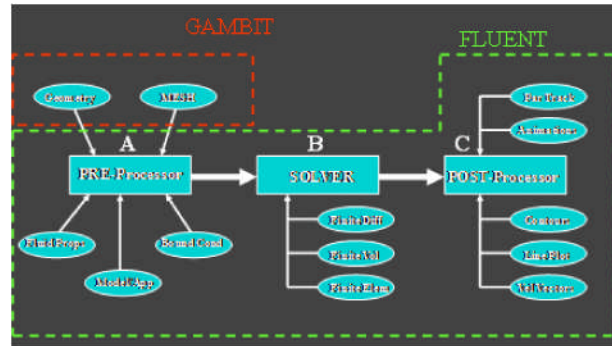
Gambar-2. Volume atur menggunakan quadrilateral grid [Fluent, 2007]

Berdasarkan Gambar-2, maka dapat ditentukan nilai ϕ pada muka e yaitu yang dapat dituliskan sebagai berikut (Fluent, 2007)

$$\phi_e = \frac{S_u + 2S_c}{S_u + S_c} \phi_P - \frac{S_c}{S_u + S_c} \phi_W \quad (7)$$

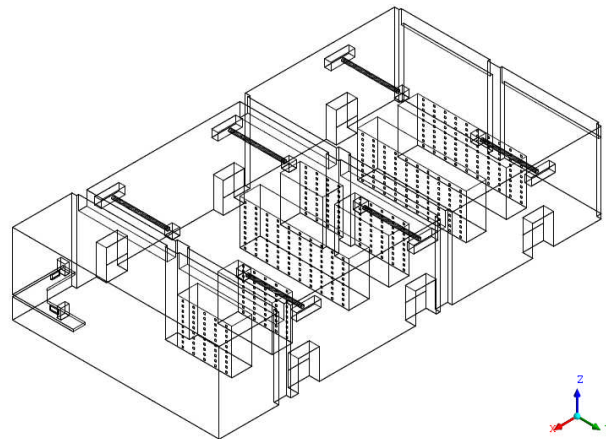
2.2 Proses Simulasi Numerik

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

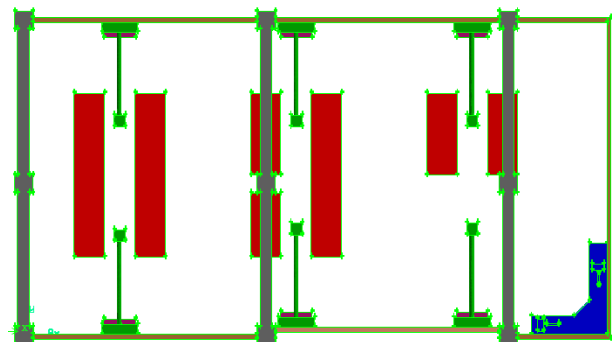


Gambar-3: Struktur simulasi numerik menggunakan Fluent

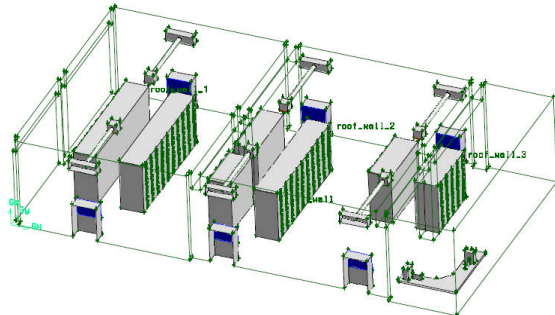
RSK komputer mempunyai geometri seperti tampak pada Gambar-4, Dengan lay-out tampak atas seperti tampak pada Gambar-5 dan domain komputasi RSK seperti tampak pada Gambar-6, 7 dan 8.



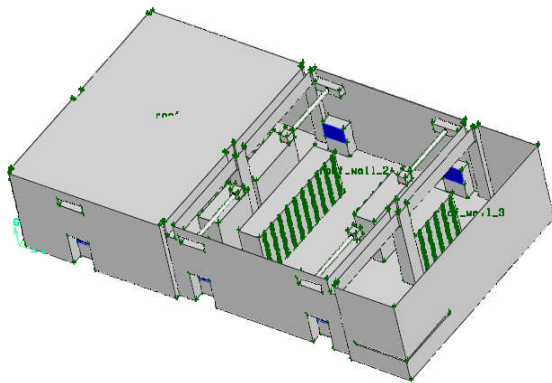
Gambar-4: Geometri RSK



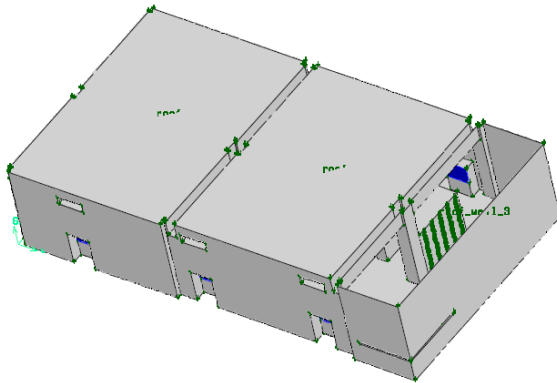
Gambar-5: Tampak atas geometri RSK komputer [Tria, dkk, 2012]



Gambar-6: Domain komputasi RSK rak server komputer dan APU [Tria dkk, 2012]



Gambar-7: Domain komputasi RSK dinding RSK tampak satu atap [Tria dkk, 2012]



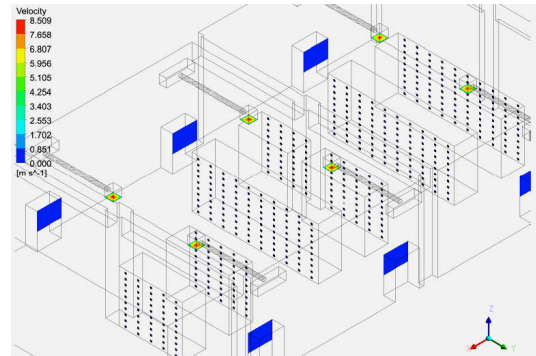
Gambar-8: Domain komputasi RSK dinding RSK tampak dua atap [Tria dkk, 2012]

3. Hasil Simulasi

Hasil simulasi numerik aliran udara di dalam RSK ditampilkan dalam bentuk garis alir, permukaan dengan parameter konstan (iso-surface), dalam paper ini ditampilkan iso-surface temperatur (IST) untuk dapat memvisualisasi temperatur RSK, serta ditampilkan pula kecepatan dan tekanan udara pada iso-surface tempratur.

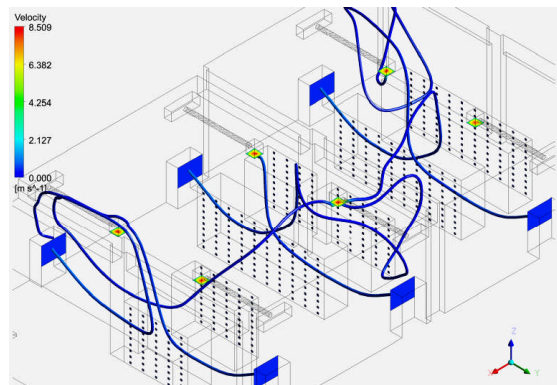
3.1 Kondisi Batas dan Garis Alir

Kondisi batas aliran masuk dan aliran keluar udara di dalam RSK dalam bentuk kecepatan fluida keluar dari ac- fan dan server komputer-fan serta kecepatan fluida masuk exhaust-fan seperti tampak pada Gambar-9

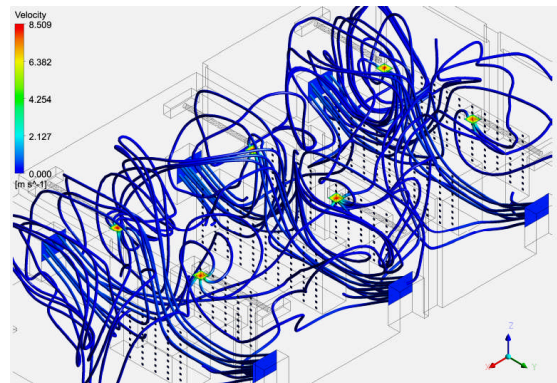


Gambar-9: Kondisi batas kecepatan masuk dan keluar di dalam RSK

Gerak aliran udara di dalam RSK dapat dapat di visualisasikan dalam bentuk garis alir (streamlines) seperti tampak pada Gambar-10 dan 11.



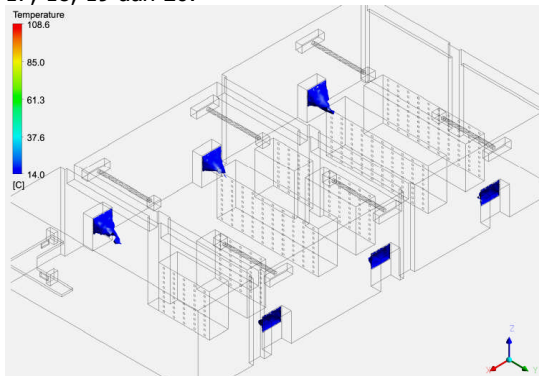
Gambar-10: Satu garis alir dari ac-fan menuju exhaust-fan



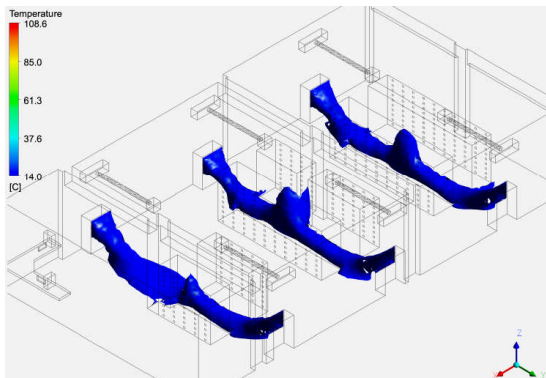
Gambar-11: Sepuluh garis alir dari ac-fan menuju exhaust-fan

3.2 Iso surface temperatur tertentu

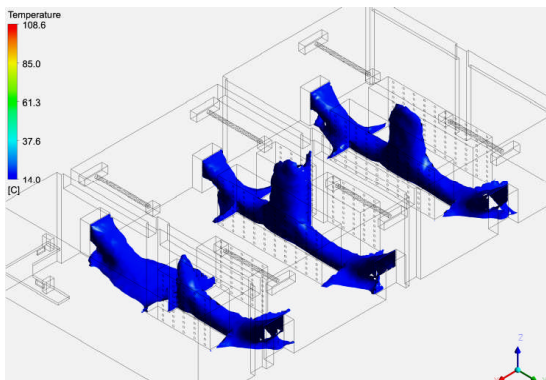
Iso-surface temperatur (IST) hasil simulasi numerik aliran udara di dalam RSK adalah IST pada 15, 16, 17, 20, 25, 30, 40, 50 dan 60 derajat Celcius seperti tampak pada Gambar 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 dan 20.



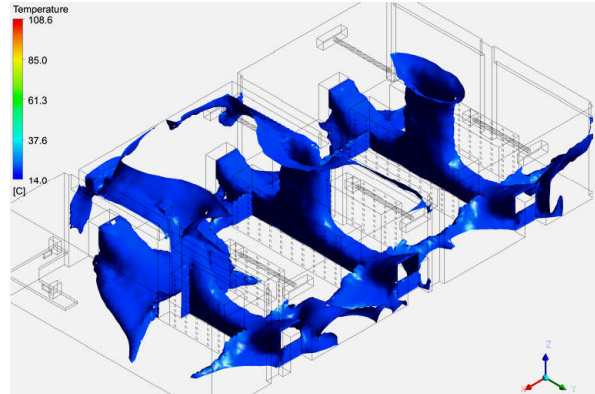
Gambar-12:Kontur iso-surface temperatur (IST) 15°C



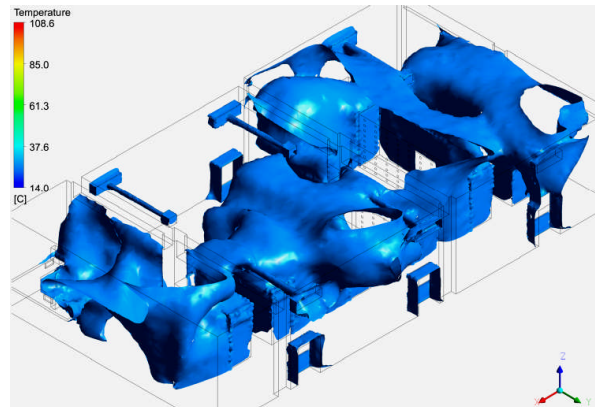
Gambar-13:Kontur iso-surface temperatur (IST) 16°C



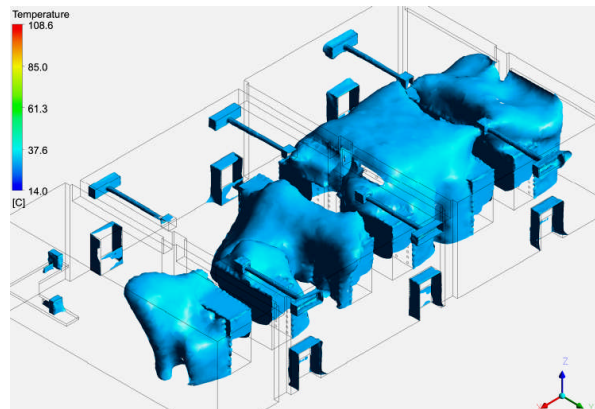
Gambar-14:Kontur iso-surface temperatur (IST) 17°C



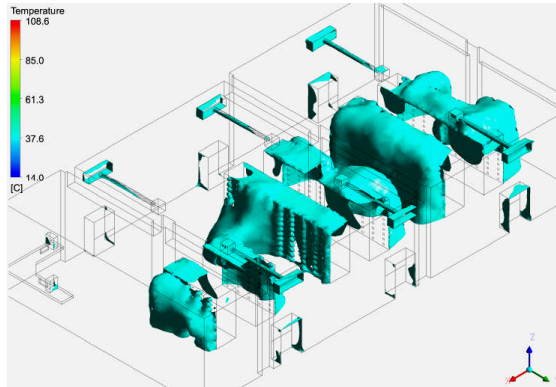
Gambar-15: Kontur iso-surface temperatur (IST) 20°C



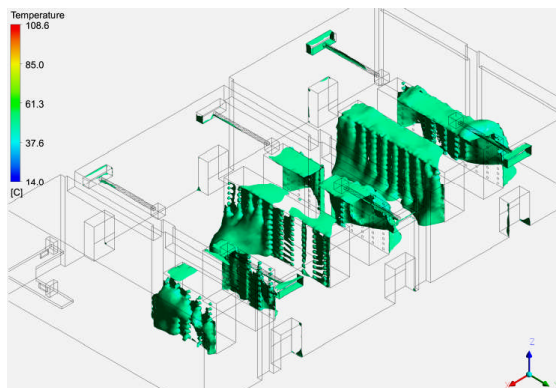
Gambar-16:Kontur iso-surface temperatur (IST) 25°C



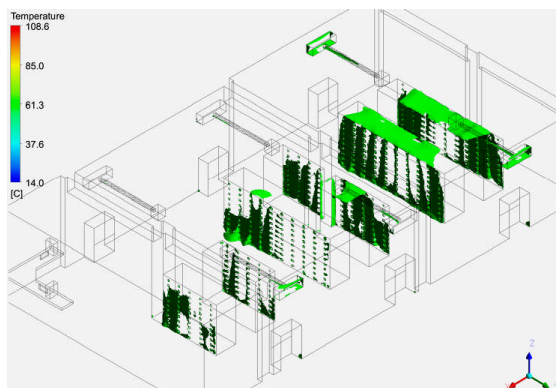
Gambar 17: Kontur iso-surface temperatur (IST) 30°C



Gambar-18: Kontur iso-surface temperatur (IST) 40°C



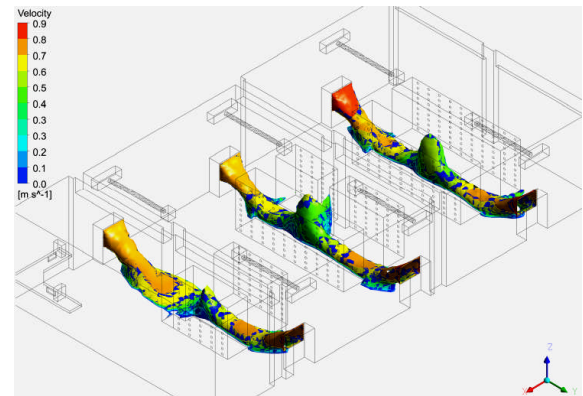
Gambar-19: Kontur iso-surface temperatur (IST) 50°C



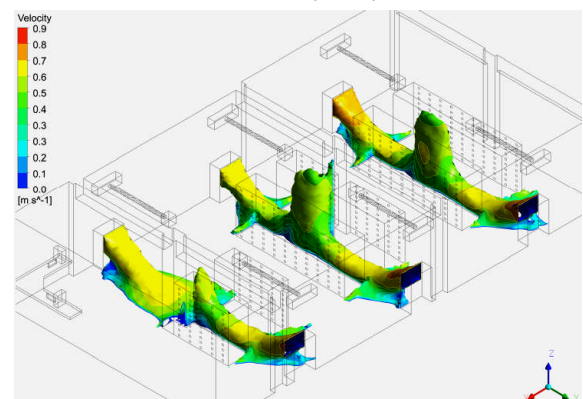
Gambar-20: Kontur iso-surface temperatur (IST) 60°C

Berdasarkan Gambar-12 sampai dengan Gambar-20, tampak terlihat kontur iso-surface IST pada 20°C sampai dengan dengan 30°C mendominasi RSK seperti terlihat pada Gambar 15 untuk IST 20°C dan Gambar-16 untuk IST 25°C dan Gambar-17 untuk IST 30°C.

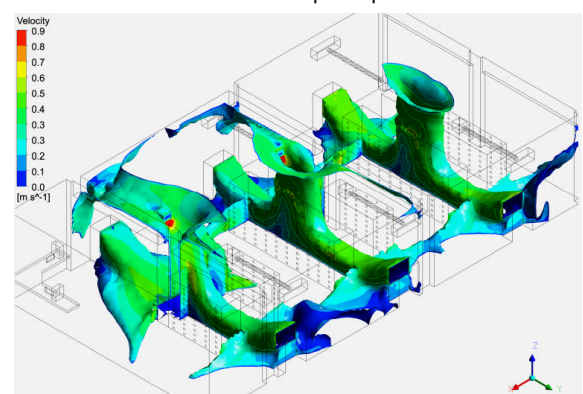
3.3 Kontur Kecepatan Aliran pada IST konstan
 Kontur kecepatan hasil simulasi numerik aliran udara di dalam RSK pada IST 16, 17, 20, 25, 30, 40 dan 50 derajat Celcius seperti tampak pada Gambar 21, 22, 23, 24, 25,26 dan 27



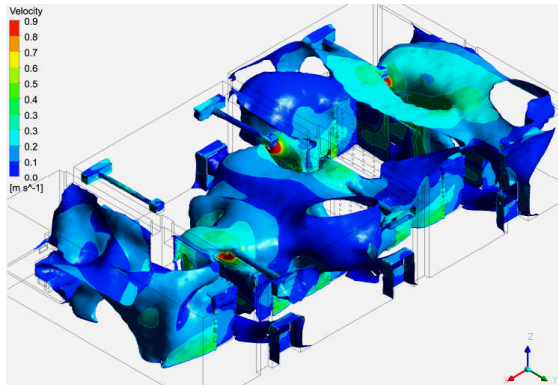
Gambar-21: Kontur kecepatan pada IST 16°C



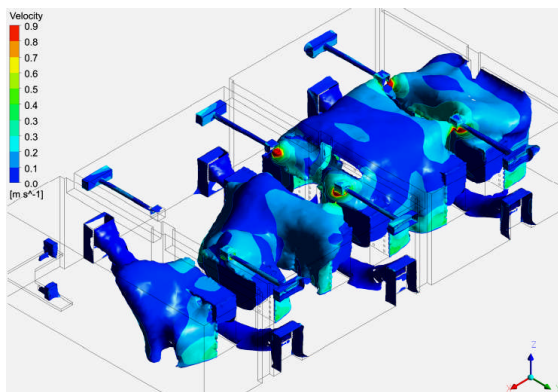
Gambar-22: Kontur kecepatan pada IST 17°C



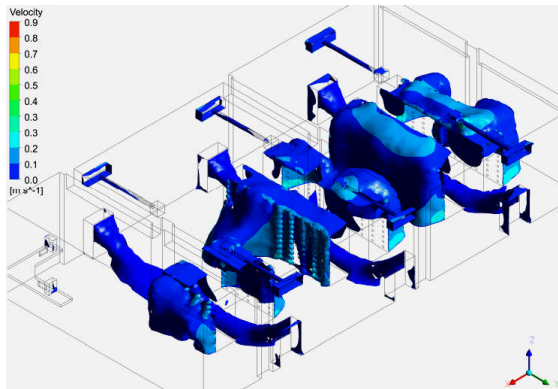
Gambar-23: Kontur kecepatan pada IST 20°C



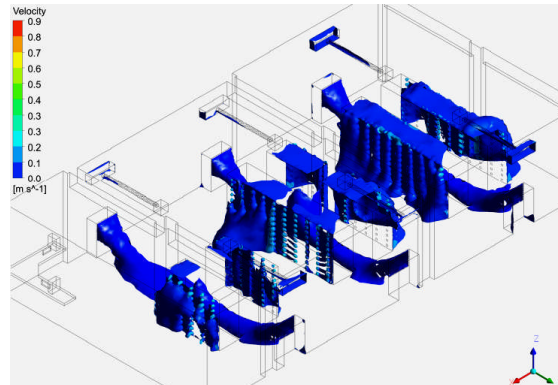
Gambar 24: Kontur kecepatan pada IST 25°C



Gambar 25: Kontur kecepatan pada IST 30°C



Gambar 26: Kontur kecepatan pada IST 40°C



Gambar 27: Kontur kecepatan pada IST 50°C

Berdasarkan Gambar-21 sampai dengan gambar-27, tampak terlihat bahwa kecepatan aliran di dalam RSK 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.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil simulasi numerik aliran udara di dalam RSK dengan tata letak APU antara exhaust fan dan standing AC pada posisi sejajar atas-bawah didapat kondisi temperatur udara di dalam RSK antara 20°C sampai dengan 30°C.

Hasil yang lebih bagus dapat dilakukan dengan mengalirkan udara dingin dari lantai RSK untuk dapat mengalirkan panas yang dihasilkan oleh exhaust fan server komputer.

5. Daftar Pustaka

- [1] Fluent Document, Advanced Fluent Training Course, Fluent User Service Center, 2007
- [2] Radi S.K, Tria M.A, Sugiarto, Simulasi Numerik Pengaruh Protuberance pada Koefisien Aerodinamika Airfoil NACA 63412 pada Kecepatan Subsonik, Jurnal Matrik Jurusan Teknik Mesin POLBAN 2012.
- [3] Tria M.A, Sugiarto, Simulasi Numerik Aliran Pengkondisi Udara di Dalam RSK, Proseding Seminar Nasional IRWNS POLBAN 2012.