

Simulasi Numerik Distribusi Temperatur Dan Kecepatan Udara Ruang Consession 1 Pada Lantai 2 Terminal 2 Bandar Udara Juanda, Sidoarjo

Filipus Ardian Wijaya dan Nur Ikhwan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ikhwan@me.its.ac.id

Abstrak— *Pertambahan penduduk yang begitu pesat membuat kebutuhan jasa transportasi semakin besar, terutama transportasi udara. Untuk memenuhi kapasitas terminal, maka dilakukan pemanfaatan kembali terminal lama Bandara Juanda. Pemanfaatan yang dilakukan oleh PT Angkasa Pura I, yaitu dengan mendirikan Terminal baru, yang diberi nama “Terminal 2 Bandara Juanda”. Bandara juanda ini merupakan wujud upaya PT Angkasa Pura I untuk mewujudkan terminal baru berkelas Internasional. Dalam pengkondisian udara ruangan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah temperatur serta distribusinya di dalam ruangan tersebut. Ruang yang akan dianalisis adalah ruang consession 1, dimana ruangan ini bertempat di lantai 2 hall keberangkatan. Untuk menganalisa temperatur dan kecepatan fluida didalam ruangan, maka perlu dilakukannya permodelan simulasi. Proses permodelan simulasi ini dilakukan dengan menggunakan metode numerik dengan software fluent 6.3.26. permodelan ini merupakan permodelan tiga dimensi dengan aliran steady dan penyelesaian turbulence model dengan standard k-ε. Dimana kondisi batas yang diberikan adalah velocity inlet dan outflow. Selanjutnya pemodelan yang dilakukan adalah tiga dimensi aliran unsteady dimana berdasar dari desain PT. WASKITA yaitu pada Ruang Consession 1 lantai 2. Hasil yang diperoleh dari analisa data tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa Pada kedua variabel pada bagian kiri dan kanan, udara dingin yang keluar dari inlet diffuser tidak dapat mengkondisikan ruangan sebesar 25 ± 2^0C . Pada bagian kiri, RAG yang terletak di lantai menghisap udara dingin yang turun dan bagian kanan, dikarenakan udara langsung keluar menuju pada ruang hampa. Pada Vektor Kecepatan, luasan daerah vektor kecepatan 0,25-0,74 m/s pada variabel malam hari lebih kecil dari pada siang hari. Pada grafik variabel ketinggian 1,5 m dan 2 m, pada posisi -6,695 hingga 0,5 memiliki tingkat kontur kenaikan grafik yang sama pada posisi 3,7 - 5,5 pada variabel malam hari cenderung meningkat lebih cepat. Pada ketinggian diffuser pada variabel cenderung sama, menunjukkan bahwa pendistributian temperatur diffuser simetris baik pendistribusian dari tiang kiri maupun tiang kanan.*

Kata kunci— *Distribusi Temperatur dan Vektor Kecepatan, CFD, Cooling Load, Inlet Diffuser, standard k-ε.*

I. PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk yang begitu pesat membuat kebutuhan jasa transportasi semakin besar, terutama transportasi udara. Terminal Bandar Udara Juanda yang terletak di kota surabaya memiliki kapasitas sebesar 6 JPT (juta penumpang pertahun), Bandara Internasional Juanda Surabaya telah mengalami over capacity pada tahun 2013 dengan total 17,662,593 dengan peningkatan 15 % selama tahun 2009-2013. Untuk memenuhi kapasitas terminal, maka dilakukan pemanfaatan kembali terminal lama Bandara Juanda. Pemanfaatan yang dilakukan oleh PT Angkasa Pura I, yaitu dengan mendirikan Terminal baru, yang diberi nama “Terminal 2 Bandara Juanda”.

Bandara juanda ini merupakan wujud upaya PT Angkasa Pura I untuk mewujudkan terminal baru berkelas Internasional. Terminal baru tersebut berbentuk koridor yang memanjang dari barat ke timur. Bangunan Terminal 2 Juanda dirancang lebih modern dan ramah lingkungan serta diharapkan memberikan kenyamanan yang baik.

Kenyamanan pada terminal 2 harus didukung sistem pengkondisian udara yang baik, agar penumpang yang berada di ruang tunggu merasa nyaman. Dalam pengkondisian udara ruangan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah temperatur serta distribusinya di dalam ruangan tersebut. Pada terminal 2 juanda international airport surabaya terdapat beberapa ruangan yang suhu temperaturnya tidak terdistribusi dengan baik. Salah satu ruangan yaitu pada ruangan consention 1 lantai 2. Ruang Consention ini terletak di lantai 2 diatas hall keberangkatann dimana ruangan ini akan digunakan sebagai tempat penjualan. Temperatur di consention ini sangat berbeda dengan temperatur di ruangan yang lain. Maka dari itulah diperlukan analisa ruangan distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruang tunggu. Untuk mengetahui seberapa besar distribusi temperatur ruangan dapat menggunakan metode numerik.

Metode numerik adalah suatu metode penyelesaian masalah distribusi temperatur yang berkaitan dengan pembagian daerah yang akan dianalisis menjadi sub daerah kecil. Jumlah elemen kecil yang dipilih menentukan tingkat keakuratan solusi, semakin banyak elemen yang dibuat maka hasil yang diperoleh makin akurat. Pada penulisan Tugas Akhir ini, akan dilakukan simulasi distribusi temperatur dan kecepatan dengan bantuan paket perangkat lunak FLUENT 6.3.26.

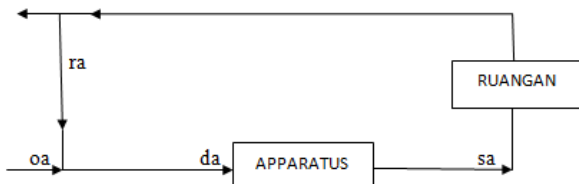
II. URAIAN PENELITIAN

A. Pengkondisian Udara

pengkondisian udara adalah suatu proses perubahan kondisi udara lingkungan ke kondisi yang direncanakan sehingga diperoleh temperatur, kelembaban dan kebersihan udara yang diinginkan. Untuk negara tertentu persyaratan sifat-sifat udara diatas ditentukan oleh undang-undang sesuai dengan aplikasi dari ruangan misalnya untuk ruangan pertemuan, untuk rumah sakit dan sebagainya.

Untuk melaksanakan fungsi diatas peralatan harus diinstalasikan dan dikontrol sepanjang tahun. Kapasitas dari peralatan pengkondisian udara dihitung pada beban pendinginan maksimum aktual sesaat, dengan dikontrol pada kondisi tertentu saat terjadinya beban puncak atau pada saat beban parsial.

Proses pengondisian udara secara sederhana dapat digambarkan berikut :



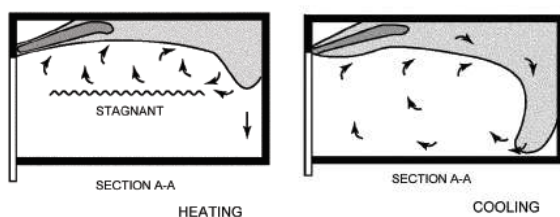
Gambar 1. model sistem pengkondisian udara sederhana dikutip dari [1]

Udara luar sebanyak (cfm) dicampurkan dengan udara return dari ruangan sebanyak (cfm) r_a dicampurkan dengan udara return dari ruangan sebanyak (cfm) r_a dan memasuki apparatus sebanyak (cfm) d_a yang merupakan jumlah dari (cfm) q_a dan (cfm) r_a , udara mengalami pemrosesan di apparatus kemudian disuplai ke ruangan ke ruangan sebanyak (cfm) s_a , dimana dalam sistem ini (cfm) s_a sama dengan (cfm) d_a . Udara dari ruangan sebagian dikeluarkan dan sebagian lagi dikembalikan untuk dicampurkan dengan udara segar, begitulah seterusnya siklus berlangsung.

B. Sistem Desain Distribusi Udara di Ruangan

Udara terkondisi biasanya dialirkan pada keluaran (outlets) dengan kecepatan lebih tinggi dibanding kecepatan sirkulasi udara ruangan yang dikondisikan. Temperatur udara terkondisi mungkin lebih tinggi atau lebih rendah atau sama dengan temperatur ruang yang dikondisikan, tergantung pada beban ruangan semburan udara dari diffuser bercampur dengan udara sekeliling sehingga menurunkan kecepatan dan menyeimbangkan temperatur udara.

Distribusi campuran menghasilkan kecepatan udara, temperatur, kelembaban dan kualitas udara cukup seragam pada ruang yang dikondisikan. Jenis keluaran outlet pada ruangan ini teletak pada plafon atau dekat plafon yang mengalirkan udara secara mendatar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik udara pada outlet yang terletak pada plafon dikutip dari [2].

C. Numerical Modeling

Computational fluid dynamics (CFD) merupakan perangkat analisa system dengan melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, momentum, perpindahan energi, dan fenomena aliran lain didasarkan simulasi berbantuan computer. Simulasi menggunakan CFD menghasilkan parameter-parameter penting seperti tekanan, suhu, kecepatan, dan laju alir massa (mass flow rate). Analisa menggunakan CFD diperlukan pemahaman dan pengetahuan dasar bidang mekanika fluida untuk interpretasi hasil-hasil simulasi. Penyederhanaan CFD terdiri dari tiga tahapan proses pengerjaan, yaitu preprocessing (spesifikasi geometri, pemilihan turbulence model, spesifikasi parameter dan grid generation) kemudian postprocessing (visualization dan treatment data).

Pada kasus ini Deskripsi Turbulence Model yang digunakan adalah Standard K-ε yang dimana Berdasar dari persamaan two transport dengan menggunakan k dan ε. Hanya valid untuk aliran yang fully turbulent. Karena hal yang dianalisa pada temperatur ruangan dan vektor kecepatan sehingga model ini paling cocok untuk menganalisa ahl tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lim [3]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembukaan ventilasi natural di ruang kerja dengan model sistem pengkondisian udara Task Air Conditioning (TAC). Pada kasus ini terdapat 2 variasi yang akan dimodelkan. Permodelan pertama, ventilasi alami ini terletak pada plafon ruangan. Pada permodelan kedua, ventilasi alami ini terletak dibawah jendela ruangan. Ruangan yang akan disimulasikan merupakan ruang kerja yang terletak di perkantoran kota osaka, jepang. Dimana ruangan ini juga terletak di gedung pada lantai 30.

Dari hasil analisis yang diperoleh, kecepatan udara berkisar 0,4-0,2 m/s dan untuk temperatur pada suhu 18°-22°. Penjangkauan udara luar yang masuk pada ruangan pada permodelan pertama (ceiling model) lebih jauh dari pada permodelan kedua (counter model). Hal ini membuktikan bahwa distribusi udara segar pada kasus pertama lebih baik dari pada kasus kedua.

Lalu penelitian lain yang dilakukan oleh Tengfei dan Qingyan [4]. Pada penelitian ini, 3 sistem pengkondisian udara akan dibandingkan dengan cara simulasi. 3 Sistem pengkondisian udara yang akan dibandingkan adalah sistem campuran atau disebut mixing air distribution system (1), underfloor displacement air distribution system (2) dan personalized air distribution system (3). Perbandingan 3 sistem ini bertujuan agar menunjukkan bahwa personalized air distribution system memberikan kualitas udara terbaik Cabin pesawat yang akan disimulasikan adalah cabin Boeing 767-300 aircraft.

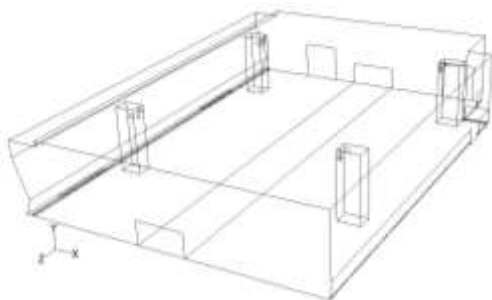
Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa mixed air distribution system memiliki kecepatan udara yang tinggi dan suhu yang seragam.. Untuk displacement air distribution system memiliki sedikit kemungkinan untuk penyakit menular di daerah tempat duduk. Personalized air distribution system memiliki konsentrasi udara yang kecil dan distribusi kecepatan udara yang tidak terlalu besar, sehingga sistem inilah yang paling efektif untuk menghilangkan resiko penyebaran penyakit menular di dalam kabin.

III. METODE PENELITIAN

A. Pre-Processing

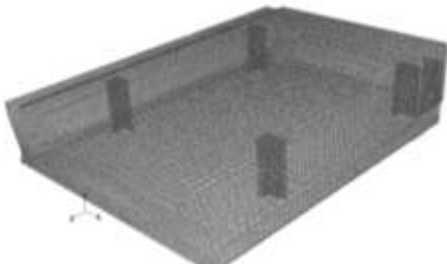
Tahap *pre-processing* merupakan tahap awal untuk menganalisa pemodelan *computational fluid dynamics*. Dalam tahap ini terdiri dari pembuatan geometri, *meshing*, dan penentuan domain. Dalam proses pemodelan ini digunakan analisa 3D dari ruangan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari yang digambar dengan menggunakan perangkat lunak *GAMBIT*.

Untuk mempermudah dalam *meshing* maka dari permodelan ini dilakukan simplifikasi. Simplifikasi ini dilakukan agar hasil *meshing* diharapkan jauh lebih baik sehingga dapat membuat simulasi yang mendekati keadaan sebenarnya. Proses ini hanya merubah sedikit geometri. Hasil dari simplifikasi adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Geometri ruangan telah di simplifikasi

Pembuatan *mesh* elemen hingga (*meshing*) adalah pembagian model solid menjadi elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Meshing grid

B. Processing

Processing merupakan langkah kedua dalam melakukan simulasi numerik dengan *computational fluid dynamics*. Dalam proses ini pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *FLUENT*. Terdiri dari beberapa tahap yaitu setting energy equation, viscous model, operating condition, boundary condition, solution, initialize, dan monitor residual. Berikut adalah data-data yang diinputkan pada *Fluent*.

1. Material (*properties fluida*)

Tabel 1 *Properties Fluida* (Udara Sebagai Gas Ideal) dari [5]

<i>Properties Fluida</i>	Nilai
Temperatur inlet (K)	291
ρ atau Density (kg/m^3)	1,203
c_p atau Panas spesifik (kJ/kg.K)	1,0069
μ atau Viskositas absolute (N.s/m^2)	1,801 e-05
k atau <i>Thermal Conductivity</i> (W/m.K)	25,6 e-03

2. *Boundary condition*

<i>Boundary Condition</i>	Keterangan
Atap	<i>Wall</i>
dinding depan	<i>Wall</i>
Kaca	<i>Wall</i>
Lantai	<i>Wall</i>
Pagar	<i>Wall</i>
tiang kanan	<i>Wall</i>
tiang kiri	<i>Wall</i>
<i>Diffuser</i>	<i>Inlet</i>
Lampu	<i>Wall</i>
Manusia	<i>Fluid</i>
ruang hampa	<i>Outlet</i>
RAG	<i>exhaust-fan</i>

tabel 2 *boundary condition*

untuk data *inlet* dan *exhaust fan* diperoleh dari data pihak PT. WASKITA KARYA, yaitu :

- Inlet *diffuser*

$$Q = 800 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 800 \times \frac{0,3^3}{60} = 0,36 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,36 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times 0,3^2 \text{m}^2} = 5,091 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Outlet pada RAG dapat dihitung sebagai berikut

$$p_{rag} = p_{ruangan} - \frac{\rho v_{rag}^2}{2}$$

$$p_{rag} = 1 \text{ pa} - \frac{1,203 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (2,88)^2 (\frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2}$$

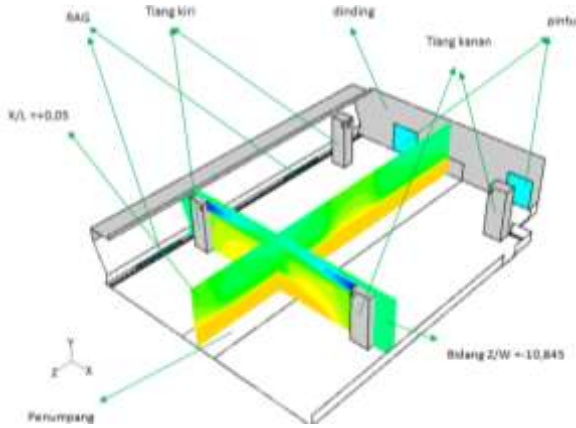
$$p_{rag} = -3,99 \text{ pa}$$

- Untuk data beban pendinginan diambil pada siang hari dan malam hari. Nilai *heat gain* diambil dari [2]

C. *Post-Processing*

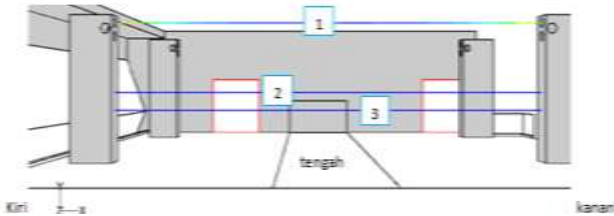
Merupakan tampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh. Penggunaan model numerik dapat menghasilkan kontur temperatur dan vektor kecepatan yang selanjutnya akan dianalisa pada udara yang terjadi di dalam Ruang Consession 1 lantai.

Analisa dan pembahasan dari penelitian tugas akhir ini adalah dengan melakukan *iso-surface* pada masing-masing bidang x dan z untuk setiap variasi beban pendinginan sehingga mendapatkan bidang secara 2 dimensi. Hal ini bisa dilihat pada gambar 6. Untuk bidang z dilakukan *iso-surface* sehingga mendapatkan bidang z/W = -10,845. Untuk bidang x dilakukan *iso-surface* sehingga mendapatkan bidang x/L=0,05



Gambar 6. plot iso surface

Selain itu, peninjauan temperatur juga dilakukan berdasarkan ketinggian, dimana ketinggian yang ditinjau adalah diffuser yang saling berhadapan pada tiang kiri dan tiang kanan (line 1), ketinggian 2 meter (line 2), dan ketinggian 1,5 meter (line 3). Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 4.2. Dari masing-masing tinjauan line dan iso-surface, kemudian dilakukan analisa pembahasan tentang grafik temperatur yang terjadi di daerah tinjauan.

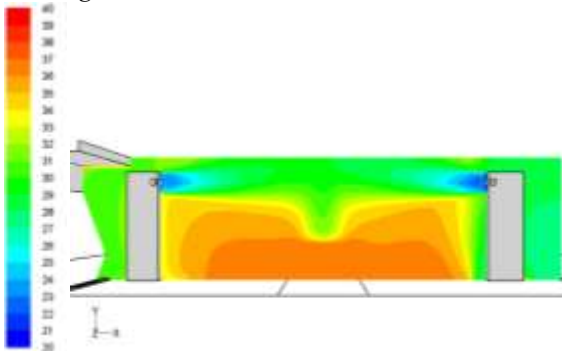


Gambar 7 Garis yang akan ditinjau

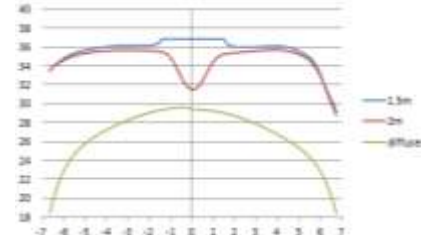
IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Anailsa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Siang

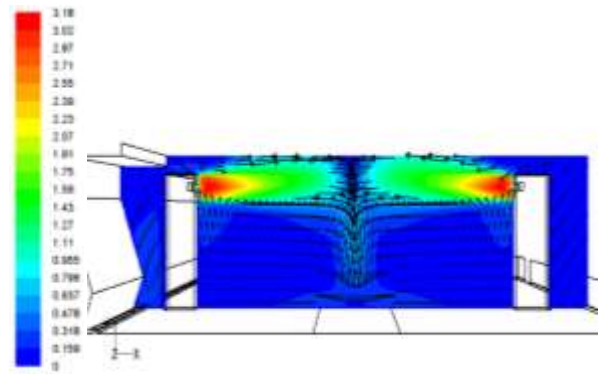
1) Bidang Z/L = -10,845



Gambar 8 Kontur Temperatur Bidang Z/L=-10,845 Untuk Variasi Siang



Gambar 9 grafik distrubusi temperatur vs jarak untuk variasi siang



Gambar 10 Vektor Kecepatan Bidang Z/L= -10,845 Untuk Variasi Siang

Gambar 8 menunjukkan tentang distribusi temperatur yang terjadi pada bidang Z/L=-10,845 untuk variasi beban pendinginan siang udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mencapai kondisi steady. Temperatur udara yang keluar dari inlet diffuser pada tiang kiri dan kanan sebesar 18°C, dimana letak kedua inlet diffuser tersebut saling berhadapan. Besar distribusi temperatur inlet diffuser yang saling berhadapan sebesar 20-22°C. Kontur temperatur untuk bagian kanan ruangan memiliki temperatur sebesar 27-34°C, Kontur temperatur untuk bagian kiri ruangan memiliki temperatur sebesar 29-34°C,

Gambar 9 menunjukkan distribusi temperatur terhadap jarak. Dimana terdapat 3 variabel tinggi yang dipantau, yaitu tinggi inlet diffuser dan tinggi orang (2 meter dan 1,5 meter). Dari grafik menunjukkan bahwa temperatur yang keluar dari inlet diffuser sebesar 18°C Pada ketinggian diffuser, tiang kiri posisi -6,695 m pada temperatur 18°C meningkat terus hingga posisi 0,5 m pada temperatur 29,5°C dan Tiang kanan posisi +6,795 m pada temperatur 18°C grafik meningkat terus hingga posisi 0,5 m pada temperatur 29,5°C. Hal ini menunjukkan bahwa pendistribusian temperatur diffuser simetris baik pendistribusian dari tiang kiri maupun tiang kanan.

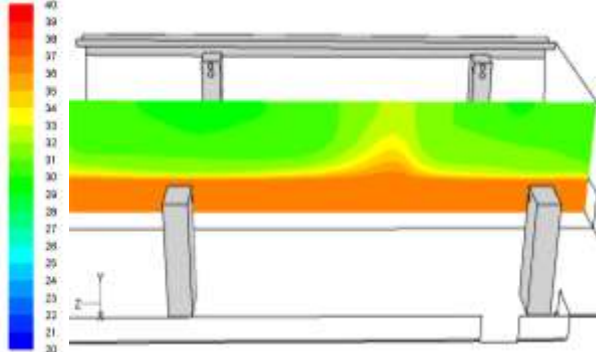
Pada ketinggian 1,5 meter, posisi -6,695 m pada temperatur 33,5°C grafik meningkat terus hingga posisi -1,3875 m pada temperatur 37°C, dan Tiang kanan posisi +6,795 m pada temperatur 28,5°C grafik meningkat terus hingga posisi 1,4875 m pada temperatur 37°C. Pada posisi -1,3875 hingga 1,4875 temperatur konstan sebesar 37°C, hal ini menunjukkan temperatur tubuh manusia

Pada ketinggian 2 meter, posisi -6,695 m pada temperatur 33,5°C grafik meningkat terus hingga posisi -1,3875 m pada temperatur 35°C, lalu pada posisi -1,3875 temperatur udara menurun hingga pada posisi 0,05 pada temperatur 31°C. Pada Tiang kanan posisi +6,795 m pada temperatur 29°C grafik meningkat terus hingga posisi 4,1 pada temperatur 35,5°C, lalu temperatur udara menurun hingga pada pada posisi 1,4875 pada temperatur 35°C dan menurun lagi hingga pada posisi 0,05 pada temperatur 31°C. Penurunan pada posisi -1,3875 hingga posisi 0,05 simetris dengan penurunan pada posisi 1,4875 hingga 0,05, hal ini menunjukkan bahwa penyebaran udara dingin pada ketinggian 2 meter mulai menyebar pada daerah tengah ruangan.

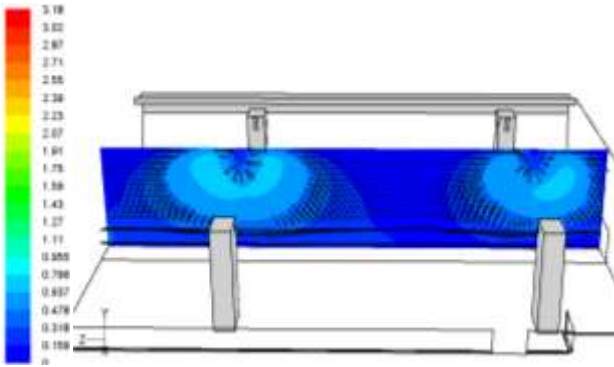
Gambar 10 menunjukkan distribusi vektor kecepatan yang terjadi pada bidang Z/W = -10,845 untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2500. Kecepatan penyebaran udara diffuser baik pada tiang kiri ataupun

tiang kanan tetap. Pada daerah tengah ruangan penyebaran udara dingin telah meluas, hal ini dapat dilihat pada luasan daerah vektor kecepatan sebesar 0,25-0,74 m/s. Pada daerah dekat kaca luasan vektor kecepatan udara sebesar 0,5-0,25m/s telah meluas, hal ini menunjukkan bahwa udara terhisap oleh RAG. Pada detik ini, penyebaran udara telah konstan.

2) Bidang $X/L=0,05$



Gambar 11 Kontur Temperatur Bidang $X/L=0,05$ Untuk Variasi Siang



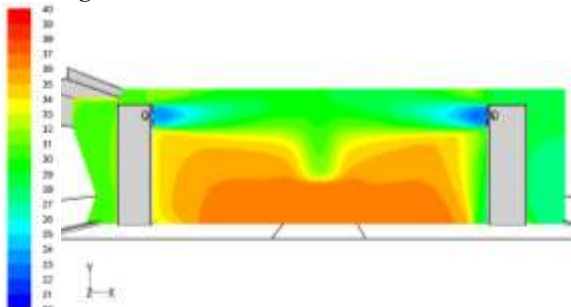
Gambar 12 Kontur Kecepatan Bidang $X/L=0,05$ Untuk Variasi Siang

Gambar 11 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $X/L=0,05$. Udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady*. Pada gambar terlihat temperatur pada tiang yang berhadapan sebesar 28-31°C. Sedangkan udara yang berada di tengah ruangan sebesar 35-33°C..

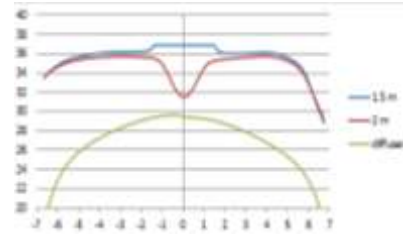
Gambar 12 menunjukkan tentang vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $X/L = 0,05$. Dari gambar tersebut terlihat bahwa luas daerah udara yang memiliki vektor kecepatan 0,984-0,246 m/s tetap, sehingga bisa dikatakan luasan daerah vektor kecepatan tersebut tidak berubah.

B. Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan malam

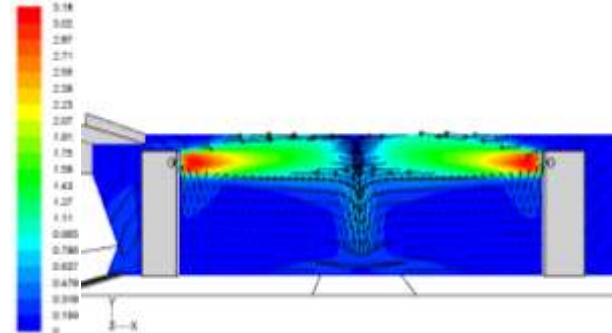
1) Bidang $Z/L = -10,845$



Gambar 13 Kontur Temperatur Bidang $Z/L=-10,845$ Untuk Variasi malam



Gambar 14 grafik distribusi temperatur vs jarak pada detik ke 2500 untuk variasi malam



Gambar 15 Vektor Kecepatan Bidang $Z/L= -10,845$ Untuk Variasi malam

Gambar 13 menunjukkan tentang distribusi temperatur yang terjadi pada bidang $Z/L=-10,845$ untuk variasi beban pendinginan malam hari. Pada kontur temperatur tersebut terlihat udara dingin telah menyebar ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Temperatur udara yang keluar dari *inlet diffuser* pada tiang kiri dan kanan sebesar 18°C, Besar distribusi temperatur inlet diffuser yang saling berhadapan sebesar 20-22°C. Kontur temperatur untuk bagian kanan ruangan memiliki temperatur sebesar 27-33°C, dimana pada daerah dekat ruang hampa temperatur udara sebesar 27-29°C. Kontur temperatur untuk bagian kiri ruangan memiliki temperatur sebesar 29-35°C, dimana pada daerah dekat kaca temperatur udara sebesar 29-31°C dan didekat tiang udara sebesar 32-35°C.

Gambar 14 menunjukkan distribusi temperatur terhadap jarak. Dimana terdapat 3 variabel tinggi yang dipantau, yaitu tinggi *inlet diffuser* dan tinggi orang (2 meter dan 1,5 meter). Pada ketinggian diffuser, tiang kiri posisi -6,695 m pada temperatur 18,3°C meningkat terus hingga posisi 0,5 m pada temperatur 29°C dan Tiang kanan posisi +6,795 m pada temperatur 18,3°C grafik meningkat terus hingga posisi 0,5 m pada temperatur 29°C. Hal ini menunjukkan bahwa pendistributian temperatur diffuser simetris baik pendistribusian dari tiang kiri maupun tiang kanan.

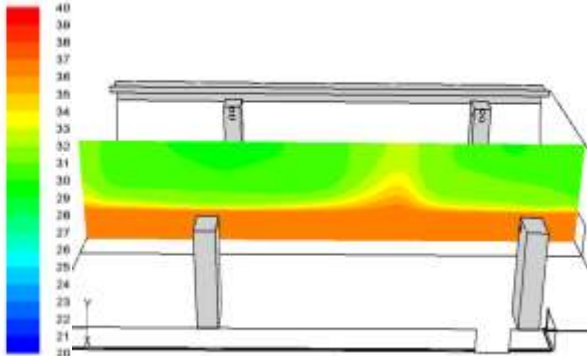
Pada ketinggian 1,5 meter, posisi -6,695 m pada temperatur 33,5°C grafik meningkat terus hingga posisi -1,3875 m pada temperatur 37°C, dan Tiang kanan posisi +6,795 m pada temperatur 28,5°C grafik meningkat terus hingga posisi 1,4875 m pada temperatur 37°C. Pada posisi -1,3875 hingga 1,4875 temperatur konstan sebesar 37°C, hal ini menunjukkan temperatur tubuh manusia.

Pada ketinggian 2 meter, posisi -6,695 m pada temperatur 33,5°C grafik meningkat terus hingga posisi -1,3875 m pada temperatur 35°C, lalu pada posisi -1,3875 temperatur udara menurun hingga pada posisi 0,05 pada temperatur 31°C. Pada posisi +6,795 m pada temperatur 29°C grafik meningkat terus hingga posisi 4,1 pada temperatur 35,5°C, lalu temperatur udara menurun hingga pada pada posisi 1,4875 pada temperatur 35°C dan menurun lagi hingga pada posisi 0,05 pada temperatur

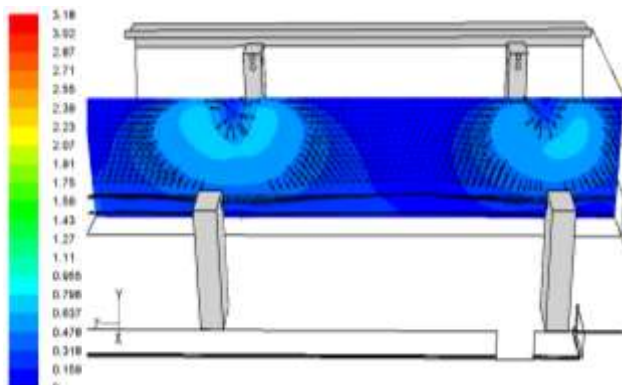
31°C. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran udara dingin pada ketinggian 2 meter mulai menyebar pada daerah tengah ruangan.

Gambar 15 menunjukkan distribusi vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $Z/W = -10,845$ untuk variasi beban pendinginan malam. Pada daerah tengah ruangan penyebaran udara dingin telah meluas, hal ini dapat dilihat pada luasan daerah vektor kecepatan sebesar 0,25-0,74 m/s. Pada daerah dekat kaca luasan vektor kecepatan udara sebesar 0,5-0,25m/s telah meluas, hal ini menunjukkan bahwa udara terhisap oleh RAG. Pada detik ini, penyebaran udara telah konstan.

2) Bidang $X/L=0,05$



Gambar 16 Kontur Temperatur Bidang $X/L=0,05$ Untuk Variasi malam



Gambar 17 Vektor Kecepatan Bidang $X/L=0,05$ Untuk Variasi malam

Gambar 16 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $X/L=0,05$ untuk variasi beban pendinginan malam. Udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady*. Pada gambar terlihat temperatur pada tiang yang berhadapan sebesar 28-31°C. Sedangkan udara yang berada di tengah ruangan sebesar 35-33°C. Luasan kontur temperatur udara dingin sama dengan detik sebelumnya.

Gambar 17 menunjukkan tentang vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $X/L = 0,05$ untuk variasi beban pendinginan malam. Dari gambar tersebut terlihat bahwa luas daerah udara yang memiliki vektor kecepatan 0,984-0,246 m/s tetap, sehingga bisa dikatakan luasan daerah vektor kecepatan tersebut tidak berubah. Pada variabel malam, luasan daerah vektor kecepatan jauh lebih kecil dari pada variabel siang hari, hal ini dikarenakan beban pendinginan pada malam hari lebih besar dari siang hari.

V. KESIMPULAN

1. Pada hasil menunjukkan udara dingin yang keluar dari *inlet diffuser* tidak dapat mengkondisikan ruangan sebesar $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Pada bagian kiri, RAG yang terletak di lantai menghisap udara dingin yang turun dan pada bagian kanan, dikarenakan udara langsung keluar menuju pada ruang hampa, sehingga udara tidak sempat memenuhi ruangan. Untuk vektor kecepatan kedua tiang simetris sehingga pendistribusian kecepatan merata
2. pada bagian tengah ruangan kedua variabel tersebut menunjukkan kontur temperatur ruangan yang sama, yaitu sebesar $31-34^{\circ}\text{C}$. Untuk kedua variabel tersebut memiliki nilai kecepatan vektor yang sama yaitu 0,25-0,74 m/s.
3. Pada grafik variabel ketinggian 1,5 m dan 2 m, Pada posisi 3,7 - 5,5 kontur grafik pada variabel malam hari cenderung meningkat lebih cepat, hal ini dikarenakan beban pendinginan pada malam hari lebih besar dari siang hari. Pada ketinggian diffuser pada semua variabel cenderung sama. Hal ini menunjukkan bahwa pendistributian temperatur diffuser simetris.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Nur Ikhwan, ST. M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan makalah tugas akhir di teknik mesin ITS. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan untuk kedua orang tua yang selalu mendukung penulis dalam segala hal yang dilakukan. Serta terima kasih diucapkan kepada warga Lab Mekflu untuk segala dukungan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stoecker, Wilbert F., "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara", edisi kedua, Erlangga, Jakarta: 1994.
- [2] ASHRAE, "Fundamental Handbook", 2009.
- [3] Eunsu Lim, 2007. "CFD Analysis of Air Flow Characteristics in Office Room with Task Air Conditioning and Natural Ventilation". Department of Architectural Engineering, Osaka university, Japan. .
- [4] Tengfei zhang, Qingyan (Yan) Chen., 2007. "Novel air distribution systems for commercial aircraft cabins", *building and environmental engineering*.
- [5] Incropera, "Fundamental Heat and Mass Transfer sixth edition", 2002.