

**ANALISA PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK
TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA
POROUS MEDIA**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**IKA RISMA ZENITHA
NIM. 0910623052 - 62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA *POROUS MEDIA*

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

IKA RISMA ZENITHA
NIM. 0910623052 - 62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT.
NIP. 19701017 199802 1 001

Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.
NIP. 19720817 200008 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH TEMPERATUR UDARA MASUK
TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA
POROUS MEDIA**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**IKA RISMA ZENITHA
NIM. 0910623052 - 62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 29 Juli 2013

MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

**Khairul Anam, ST., MSc.
NIK. 861127 06 3 1 0032**

**Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT.
NIP. 19720903 199702 1 001**

Skripsi III

**Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc
NIP. 19490911 198403 1 001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT.
NIP. 19720903 199702 1 001**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisa Pengaruh Temperatur Udara Masuk Terhadap Distribusi Temperatur Pada Porous Media**” ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak dalam proses penyelesaian skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Dr. Eng. Anindito P, ST, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Agung Sugeng Widodo, ST, MT., Ph.D selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin.
4. Bapak Dr. Eng. Eko Siswanto, ST, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberi masukan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Handono S., M.Eng.Sc selaku dosen wali.
7. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua orang tuaku tercinta dan tersayang, Ayahanda Irsyam dan Ibunda Eminarti yang tak hentinya mendo'akan dan memberi semangat saya, sungkem selalu buat bapak ibu, tetap sehat, senantiasa dalam pelukan dan lindungan-Nya.
9. Keluarga Besar dari ibu dan ayahku, terima kasih atas kasih sayang, do'a serta dukungan material dan spiritual yang diberikan selama ini.
10. Adik bima Ladesma terima kasih atas semangatnya dan doanya.
11. Keluarga Besar Laboratorium Fenomena dasar Mesin, Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium yang telah banyak memberikan nasehat dan bantuannya selama saya menjadi asisten. Tak lupa ucapan banyak

- terima kasih kepada saudara – saudaraku asisten : Tita, Angga, Bayu, Kippo terima kasih atas semua kebersamaan dan dukungannya selama penyelesaian skripsi ini.
12. Keluarga Besar Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Bapak Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium dan rekan – rekan asisten terima kasih atas fasilitas dan dukungannya.
 13. Saudaraku “BLACK MAMBA” M’09 baik yang sudah maupun yang sedang berjuang menyelesaikan skripsi tetap semangat, semoga selalu diberi kemudahan dan kelancaran. *Solidarity Forever!!!*
 14. “MAMES” M’09 Girls (Fitri, Tita, Maha, Tasha, Nurlia, Ika, dan Feni), terima kasih kakak atas do’a yang selalu menyertai saya dan selalu memberikan semangat, peluk sayang selalu.
 15. Keluarga Besar KW 4, Maya, Ratih, Egi, Mbak Retno, Mbak Leli, Bu Lia, dan Mimit yang sudah membantu dalam transportasi, serta Sabda yang selalu memotivasi saya agar bisa wisuda bersama. Terima kasih atas dukungan, do’a dan motivasinya.
 16. Anditya Tornado yang selalu memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini, baik dalam bentuk nasihat maupun sindiran.
 17. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
 18. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu yang telah membantu penulis demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya dan penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang lebih baik lagi.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi para pembaca umumnya sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut. Amiin

Malang, Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Media Berpori	4
2.3 Porositas	5
2.4 Perpindahan Panas	5
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi	5
2.4.2 Perpindahan panas Konveksi	7
2.5 Konduktivitas Termal Efektif	8
2.6 Lapisan Batas	9
2.6.1 Lapisan Batas Termal	9
2.7 Aliran Laminer dan Turbulen	10
2.7.1 Aliran Laminer	10
2.7.2 Aliran Turbulen	10
2.8 Bilangan Reynold	12
2.9 Vortex	14
2.10 <i>Flow Conditioner</i>	16

2.11	<i>Software ANSYS Workbench</i>	16
2.11.1	WorkBench Environment	17
2.12	Hipotesa	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	18
3.2	Rancangan Penelitian	18
3.3	Variabel Penelitian	19
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.5	Prosedur Penelitian	21
3.6	Langkah – Langkah Simulasi pada <i>Software</i>	22
3.6.1	<i>Pre – processor</i>	22
3.6.2	<i>Solution</i>	22
3.6.3	<i>Postprocessing</i>	23
3.7	Diagram Alir Penelitian	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengolahan Data	24
4.1.1	Data Penelitian	24
4.2	Pembahasan	24
4.2.1	Kontur Tampak Samping	24
4.2.2	Kontur pada Penampang Melintang	33
4.2.3	Distribusi Temperatur Tiap Titik	35
4.3	Distribusi Perpindahan Panas pada <i>Porous Media</i>	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Perpindahan panas konduksi melalui dinding	6
Gambar 2.2	Perpindahan panas konveksi dari suatu plat	7
Gambar 2.3	Perpindahan panas konveksi paksa dan bebas dari dinding Pipa	8
Gambar 2.4	Lapisan batas termal	9
Gambar 2.5	Kecepatan laminar di atas pelat rata	10
Gambar 2.6	Perpindahan momentum dan massa pada aliran turbulen	11
Gambar 2.7	Pengukuran kecepatan pada titik A	12
Gambar 2.8	Sketsa pola aliran melintang sebuah silinder berpenampang lingkaran pada berbagai bilangan Reynold	14
Gambar 2.9	Geometri <i>vortex</i> menurut besar bilangan Reynolds	15
Gambar 2.10	<i>Vortex</i> 2 dimensi	15
Gambar 3.1	Skema Instalasi	18
Gambar 3.2	Skema Simulasi 2 Dimensi	19
Gambar 3.3	Kondisi batas geometri	21
Gambar 3.4	<i>Meshing</i> fluida dan <i>porous media</i>	22
Gambar 3.5	Diagram alir penelitian	24
Gambar 4.1	Penampang melintang <i>porous media chamber</i>	25
Gambar 4.2	Kontur distribusi temperatur pandangan samping dengan temperatur udara masuk 323 K	25
Gambar 4.3	Kontur kecepatan aliran pada <i>porous media chamber</i>	26
Gambar 4.4	Kontur distribusi temperatur pandangan samping dengan temperatur udara masuk 333 K	27
Gambar 4.5	Kontur distribusi temperatur pandangan samping dengan temperatur udara masuk 343 K	28
Gambar 4.6	Kontur distribusi temperatur pandangan samping dengan temperatur udara masuk 353 K	30
Gambar 4.7	Kontur distribusi temperatur pandangan samping dengan temperatur udara masuk 363 K	31
Gambar 4.7	Penampang melintang <i>porous media chamber</i>	33
Gambar 4.9	Kontur penampang melintang distribusi temperatur pada <i>porous</i>	

media dengan (a) temperatur udara masuk 323 K, (b) temperature udara masuk 333 K, (c) temperatur udara masuk 343 K, (d) temperatur udara masuk 353 K, dan (e) temperatur udara masuk 363 K 34

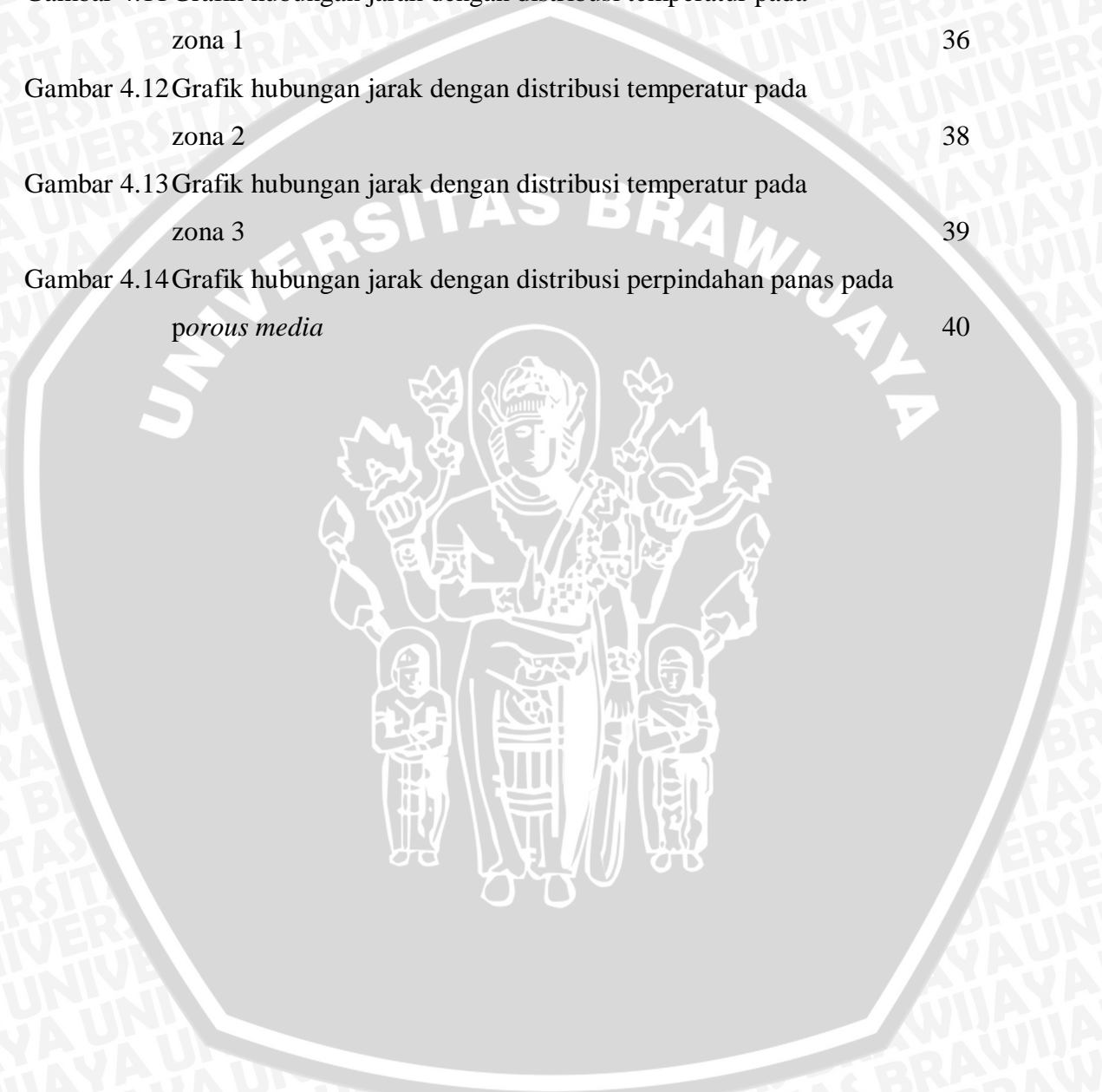
Gambar 4.10 Skema Pembagian Zona dan Pengukuran Jarak 35

Gambar 4.11 Grafik hubungan jarak dengan distribusi temperatur pada zona 1 36

Gambar 4.12 Grafik hubungan jarak dengan distribusi temperatur pada zona 2 38

Gambar 4.13 Grafik hubungan jarak dengan distribusi temperatur pada zona 3 39

Gambar 4.14 Grafik hubungan jarak dengan distribusi perpindahan panas pada *porous media* 40



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Data Hasil Simulasi Zona 1	36
Tabel 4.2	Data Hasil Simulasi Zona 2	37
Tabel 4.3	Data Hasil Simulasi Zona 3	39



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Data <i>pressure swirl nozzle</i> pada inlet
Lampiran 2.	Data <i>pressure swirl nozzle</i> pada outlet
Lampiran 3.	Tutorial ANSYS <i>Workbench</i> 14.5



RINGKASAN

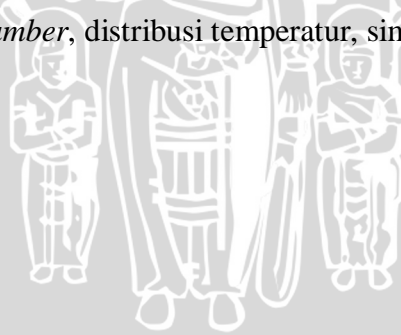
Ika Risma Zenitha, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2013, *Analisa Pengaruh Temperatur Udara Masuk terhadap Distribusi Temperatur pada Porous Media*, Dosen Pembimbing : Eko Siswanto dan Moch. Agus Choiron.

Pada umumnya untuk memperbaiki atau meningkatkan perpindahan panas dengan cara menambah luas permukaan perpindahan panas (*extended surface*). Kemudian dikembangkan model baru dengan fungsi yang sama untuk meningkatkan perpindahan panas, yaitu media berpori (*porous media*). Penelitian mengenai aliran dan perpindahan panas dengan media porous media sudah banyak dilakukan. *Porous media* memiliki lubang yang tersebar sehingga menciptakan rongga-rongga yang dapat dilalui oleh fluida. Sehingga luas permukaan perpindahan panas semakin besar. Distribusi aliran pada *porous media* dapat dianggap merata dan munculnya vortek sangat kecil. Penelitian mengenai *porous media* berkembang sangat pesat yang didukung berbagai penggunaannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media*.

Pada uji eksperimental seringkali terjadi kendala *setting* alat *porous media* di atas temperatur udara 333 K, sehingga perlu untuk dilakukan prediksi distribusi temperatur dan perilaku perpindahan panas dengan memanfaatkan simulasi komputer. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi temperatur udara masuk sebesar 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu distribusi temperatur pada *porous media*. Sedangkan variabel terkontrolnya adalah kecepatan udara masuk, porositas, temperatur plat bawah dan temperatur ambient

Hasil simulasi pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media* menunjukkan bahwa dengan

Kata kunci: *porous media*, *chamber*, distribusi temperatur, simulasi komputer.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya untuk memperbaiki atau meningkatkan perpindahan panas dengan cara menambah luas permukaan perpindahan panas (*extended surface*). Istilah *extended surface* umumnya digunakan untuk menggambarkan perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Sebuah metode *extended surface* yang mampu meningkatkan perpindahan panas dengan menambah luas permukaan, sering dikenal dengan istilah fin. Penggunaan fin a terbatas pada ruang atau tempat yang tersedia sehingga tidak dapat mentransfer perpindahan panas secara maksimal selain itu penggunaan fin juga menimbulkan aliran yang terjebak / vortek (*death zone*) pada bagian sambungan fin dengan plat.

Kemudian dikembangkan model baru dengan fungsi yang sama untuk meningkatkan perpindahan panas, yaitu media berpori (*porous media*). *Porous media* memiliki lubang yang tersebar sehingga menciptakan rongga-rongga yang dapat dilalui oleh fluida. Sehingga luas permukaan perpindahan panas semakin besar. Distribusi aliran pada *porous media* dapat dianggap merata dan munculnya vortek sangat kecil. Penelitian mengenai *porous media* berkembang sangat pesat yang didukung berbagai penggunaannya. Selain untuk meningkatkan perpindahan panas, dalam dunia industri *porous media* dapat digunakan untuk *catalytic converters*, *food processing*, *fuel cell*, dan *heat regenerators*.

Eko Siswanto (2011) mengembangkan penelitian eksperimental pada kondensasi laminar pada *porous media* untuk mengetahui pengaruh perlakuan temperatur ambien terhadap aliran dinamik migrasi lateral kondensat pada *porous media* dengan kelembaban berbeda. Hasil penelitian eksperimental membuktikan bahwa aliran yang diamati tidak hanya *uniform* (dominan periodik), tetapi juga ditemukan aliran *nonuniform*, bahkan terjadi kekacauan propagasi pada beberapa kasus. Wu-Shung Fu (2000) mengembangkan penelitian perpindahan panas secara simulasi pada media berpori dengan model porositas acak di saluran dengan aliran laminar. Media berpori dengan porositas acak digunakan untuk meningkatkan perpindahan panas dan porositas acak diperoleh melalui metode Kinderman-Ramage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media berpori dengan porositas yang lebih besar dapat memberikan disipasi panas yang tinggi. Terekov, et al. memberikan studi analisis yang komprehensif terkait perpindahan panas dan perpindahan massa dalam proses kondensasi campuran uap-air

dari udara. Di sisi lain, pengembangan simulasi komputer untuk memprediksi perilaku *heat transfer* dan *mass transfer* pada *porous media* sudah dilakukan oleh Terekov. Terekov telah menentukan fluks panas total dari campuran uap-air (udara lembab) berdasarkan dua kombinasi perpindahan panas, yaitu perpindahan panas konveksi dan panas dari fase transisi (dari gas menjadi *liquid*). Sebagai hasil, Terekov menemukan bahwa fluks panas pada perpindahan panas *interface* bergantung pada bilangan Lewis (rasio termal terhadap diffusivitas massa), parameter difusi dari permeabilitas dalam campuran, dan bilangan Kutaleladze (rasio panas sensibel terhadap panas laten). Perumusan fluks panas dan parameter - parameternya telah dirumuskan dan berpendapat bahwa rumus itu dapat diterapkan di kedua rejim aliran, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen dari campuran uap-air. Ternyata untuk mengetahui perilaku perpindahan panas pada *porous media* membutuhkan peralatan eksperimen yang cukup rumit dan mahal terutama dalam *setting* alat.

Pada saat *setting* alat *porous media* dibutuhkan proses pengeleman yang sangat dipengaruhi oleh temperatur sehingga akan sangat terbatas dalam pemilihan variasi temperatur udara panas yang dilewatkan pada *porous media chamber*. Pada temperatur udara 333 K perekat pada *porous media chamber* tidak mampu menahan temperatur tersebut, sehingga terjadi kebocoran pada *chamber*. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka penelitian ini memilih untuk mensimulasikan perilaku temperatur udara panas pada *porous media*. Sehingga dapat dipilih *range* variasi temperatur udara masuk yang lebih tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut : Bagaimana pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Fluida yang digunakan dalam simulasi ini adalah udara panas.
2. Jumlah *inlet* (saluran masuk) yang digunakan tetap, yaitu 1.
3. Aliran fluida dalam *porous media* dalam keadaan *steady*.
4. Simulasi ini menggunakan ANSYS 14.5.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain :

1. Mampu menerapkan teori – teori yang didapat selama perkuliahan terutama mengenai perpindahan panas.
2. Mengetahui besar pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media* yang efektif guna memenuhi kebutuhan manusia.
3. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi di dunia *engineering*, terutama pemanfaatan media berpori sebagai media untuk meningkatkan laju perpindahan panas.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Eko Siswanto (2011) mengembangkan penelitian eksperimental pada kondensasi laminer pada *porous media* untuk mengetahui pengaruh perlakuan temperatur ambien terhadap aliran dinamik migrasi lateral kondensat pada *porous media* dengan kelembaban berbeda. Hasil penelitian eksperimental membuktikan bahwa aliran yang diamati tidak hanya *uniform* (dominan periodeik), tetapi juga ditemukan aliran *nonuniform*, bahkan terjadi kekacauan propagasi pada beberapa kasus.

Wu-Shung Fu (2000) mengemnbangkan penelitian perpindahan panas secara simulasi pada media berpori dengan kodel porositas acak di saluran dengan aliran laminer. Media berpori dengan porositas acak digunakan untuk meningkatkan perpindahan panas dan porositas acak diperoleh melalui metode Kinderman-Ramage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media berpori dengan porousitas yang lebih besar dapat memberikan dispasi panas yang tinggi.

Di sisi lain, pengembangan simulasi komputer untuk memprediksi perilaku *heat transfer* dan *mass transfer* pada *porous media* sudah dilakukan oleh Terekov. Terekov telah menentukan fluks panas total dari campuran uap-air (udara lembab) berdasarkan dua kombinasi perpindahan panas, yaitu perpindahan panas konveksi dan panas dari fase transisi (dari gas menjadi *liquid*). Sebagai hasil, Terekov menemukan bahwa fluks panas pada perpindahan panas *interface* bergantung pada bilangan Lewis (rasio termal terhadap diffusifitas massa), parameter difusi dari permeabilitas dalam campuran, dan bilangan Kutaleladze (rasio panas sensibel terhadap panas laten). Perumusan fluks panas dan parameter-parameternya telah dirumuskan dan berpendapat bahwa rumus itu dapat diterapkan di kedua rejim aliran, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen dari campuran uap-air.

2.2 Media Berpori

Media berpori adalah suatu benda yang terdiri dari bagian padat yang keras, disebut matriks solid dan tersisa ruang kosong (ruang pori) yang dapat diisi dengan satu atau lebih fluida (air, minyak, dan gas).



Media berpori memiliki lubang yang tersebar sehingga menciptakan rongga-rongga yang dapat dilalui oleh fluida sehingga luas permukaan perpindahan panas lebih besar dari pada *masive-solid*.

2.3 Porositas

Porositas suatu medium adalah perbandingan volume rongga – rongga pori terhadap volume total seluruh material. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen dan disebut porositas. Besarnya porositas dapat dihitung dengan persamaan :

$$\phi = \frac{\text{volume pori-pori}}{\text{volume keseluruhan material}} \times 100\% \quad (2-1)$$

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material. Dari hukum termodinamika yang telah diketahui bahwa energi yang dipindahkan itu dinamakan energi panas. Ilmu perpindahan panas tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi panas berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga untuk meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi – kondisi tertentu. Istilah – istilah yang digunakan untuk menyatakan tiga modulus perpindahan panas antara lain, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi

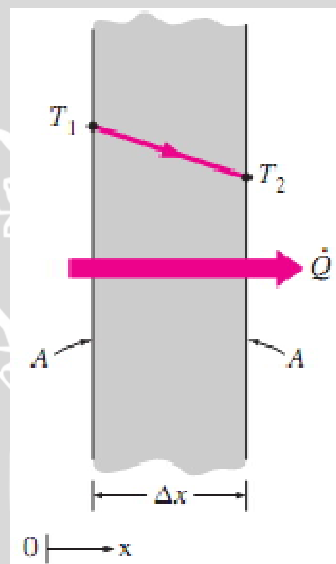
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah proses perpindahan panas dimana panas mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium baik itu padat, cair, maupun gas atau antar medium berlainan yang bersinggungan secara langsung. Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu (*temperature gradient*), maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Hal ini bisa dikatakan bahwa energi berpindah secara konduksi dan laju perpindahan kalor berbanding dengan suhu normal.

Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen tersebut. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan kecepatan, dari posisi relatif molekul-molekulnya disebut energi

dalam. Jadi semakin cepat molekul – molekul bergerak semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen tersebut. Bila molekul – molekul disuatu daerah memperoleh energi kinetik rata – rata yang lebih besar dari pada yang dimiliki oleh molekul – molekul di suatu daerah yang berdekatan, maka molekul – molekul yang memiliki energi lebih besar tersebut akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul – molekul di daerah yang bertemperatur lebih rendah.

Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik (*elastic impact*) atau dengan pembauran (difusi) elektron-elektron yang bergerak lebih cepat dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Laju perpindahan panas dari suatu medium tergantung dari dimensi, material, dan perbedaan temperatur yang terjadi pada material tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1 dimana terdapat beda temperatur antara T_1 dan T_2



Gambar 2.1 : Perpindahan panas konduksi melalui dinding
Sumber : Cengel ; 1998 : 21

Rumus untuk mengetahui laju perpindahan kalor konduksi :

$$Q = -\frac{k \cdot A}{\Delta X} (T_1 - T_2) \quad (\text{Yunus A. Cengel, 1998 : 21}) \quad (2-2)$$

Dengan :

Q = Laju perpindahan panas konduksi (Watt)

k = Konduktivitas termal bahan (Waat/ m^0C)

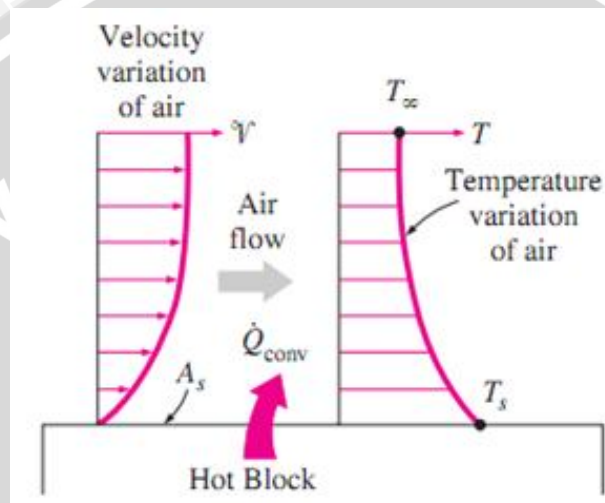
A = Luas penampang pada posisi normal arah perpindahan panas (m^2)

$(T_1 - T_2)$ = Beda temperatur pada penampang (0C)

ΔX = Tebal material (m)

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan kalor secara aliran/konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Dalam hal ini suhu permukaan adalah T_s dan suhu udara sekeliling adalah T_∞ dengan $T_s > T_\infty$. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Perpindahan panas konveksi dari suatu plat
Sumber : Cengel ; 1998 : 29

Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan partikel – partikel fluida yang berbatasan. Energi yang dipindahkan dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel – partikel fluida ini. Kemudian partikel fluida ini akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida, dimana partikel – partikel ini akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel fluida lainnya. Semakin cepate gerakan fluida, semakin besar pula nilai perpindahan panas konveksinya.

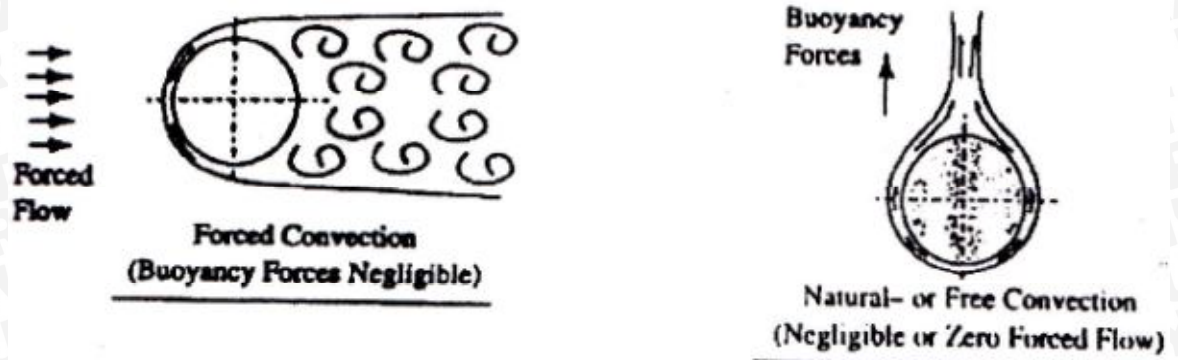
Berdasarkan gerakan fluida perpindahan panas konveksi dikelompokkan menjadi

a. Konveksi bebas

Apabila gerakan pencampuran fluida sebagai akibat dari perbedaan densitas yang disebabkan oleh gradien suhu tanpa dibantu efek dari luar (blower, kipas). Misalnya fluida yang panas akan memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan dengan fluida yang dingin, sehingga fluida yang panas, akan cenderung bergerak ke atas dan fluida yang dingin cenderung bergerak ke bawah.

b. Konveksi paksa

Apabila suatu fluida dipaksakan untuk mengalir dengan memanfaatkan peralatan luar, seperti pompa, kipas, dan yang lainnya. Perbedaan antara perpindahan panas konveksi bebas dengan paksa ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 : Perpindahan panas konveksi paksa dan bebas dari dinding pipa
Sumber : Patrick H. Ooustuizen ; 1999 : 4

Laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (\text{Holman, 1991:13}) \quad (2-3)$$

Dengan :

Q = Laju aliran panas konveksi (Watt)

A = Luas penampang (m^2)

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{Watt}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

$(T_s - T_\infty)$ = Beda temperatur permukaan dengan aliran bebas fluida ($^\circ\text{C}$)

Koefisien perpindahan panas konveksi bukan merupakan properti dari fluida, tetapi secara eksperimental dapat ditentukan dan sangat bergantung pada geometri permukaan aliran fluida, sifat – sifat fluida, dan kecepatan aliran fluida. Sehingga koefien perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh keadaan yang kompleks.

2.5 Konduktivitas Termal Efektif

Udara panas yang memasuki *chamber* akan menyentuh media berpori dan akan mengisi pori – pori yang ada pada media berpori. Oleh karena itu, *porous media* memiliki perubahan konduktivitas termal efektif selama kondensasi berlangsung. Konduktivitas termal efektif tersebut adalah konduktivitas termal efektif lapisan porous media dengan *void*-terisi-udara.

Konduktivitas termal efektif porous media dalam kondisi udara-void k' didefinisikan sebagai,

$$k' = [(1 - \epsilon^{2/3}) + \{\epsilon^{2/3} / [(1 - \epsilon^{1/3}) + \epsilon^{1/3} (kp/ka)]\}] kp \quad (2-4)$$

dimana

ε : porositas *porous media*,

k_p : konduktivitas termal partikel porous media

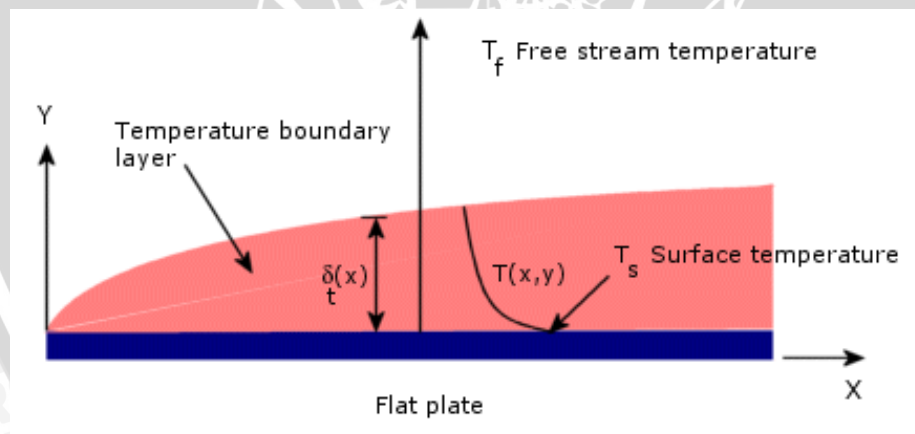
k_a : konduktivitas termal udara

2.6 Lapisan Batas

Lapisan batas merupakan lapisan fluida yang membagi medan aliran ke dalam dua wilayah, lapisan tersebut menutupi daerah dimana pada daerah tersebut terdapat gradien suhu atau gradien kecepatan yang besar.

2.6.1 Lapisan Batas Termal

Bila fluida pada suatu temperatur mengalir di atas suatu permukaan yang berada pada temperatur berbeda, perilaku fluida tidak hanya terdapat *velocity boundary layer* saja, akan tetapi juga terbentuk *thermal boundary layers*. *Thermal boundary layer* didefinisikan sebagai daerah dimana gradient temperatur dalam aliran. Gradient Temperatur terbentuk dari proses penukaran kalor antara fluida dan permukaan dinding bagian dalam. Gambar 2.4 memberikan penjelasan mengenai *thermal boundary layers* yang terjadi pada *entrance region* dari pipa bundar.



Gambar 2.4 Lapisan Batas Termal

Sumber :

http://help.solidworks.com/2013/english/SolidWorks/cworks/c_convection_heat_coefficient.htm?format=P

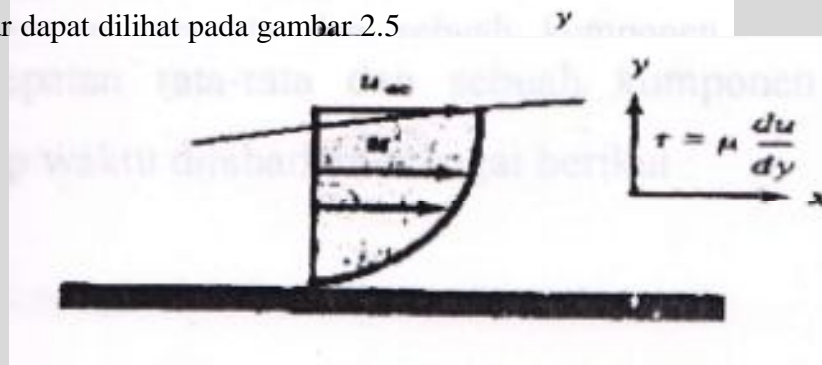
Pada gambar diatas terlihat tahap-tahap perkembangan *thermal boundary layers* dari aliran fluida yang melalui pipa dundar. Pada pintu masuk pipa, temperatur T_s aliran fluida seragam karena lapisan batasnya mulai berkembang. Tebal lapisan batas akan selalu bertambah selama mengalirnya fluida, akan tetapi tebal lapisan batas dibatasi oleh

jari-jari pipa. Ketika fluida mengalir pada tahap selanjutnya terjadi geseran antara fluida dan dinding dan antar partikel-partikel yang berdampingan hingga tebalnya mencapai pusat pipa. Pada daerah masuk, jika temperatur fluida lebih besar dibandingkan temperatur dinding, maka terdapat gradien temperatur fluida di dalam *boundary layer* dan temperturnya selalu lebih kecil dibanding di luar *boundary layer*. Sedangkan untuk daerah di luar daerah *boundary layer* mempunyai distribusi temperatur yang seragam. Jika temperatur fluida lebih besar dibanding temperatur dinding maka temperatur diluar *boundary layer* selalu lebih besar dibanding di dalam *boundary layer*.

2.7 Aliran Laminar dan Turbulen

2.7.1 Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran yang bergerak dalam lapisan-lapisan dimana perpindahan momentum dan massa terjadi secara molekuler dalam skala sub mikroskopis dari lapisan yang mempunyai kecepatan yang relatif tinggi menuju lapisan yang mempunyai kecepatan relatif lebih rendah. Kecenderungan ke arah turbulensi diredam habis oleh gaya – gaya viskos yang memberikan hambatan terhadap gerakan relatif lapisan – lapisan fluida. Pada aliran laminar partikel fluida bergerak secara berurutan mengikuti lintasan yang lancar dengan kecepatan yang tetap. Profil kecepatan aliran laminar dapat dilihat pada gambar 2.5

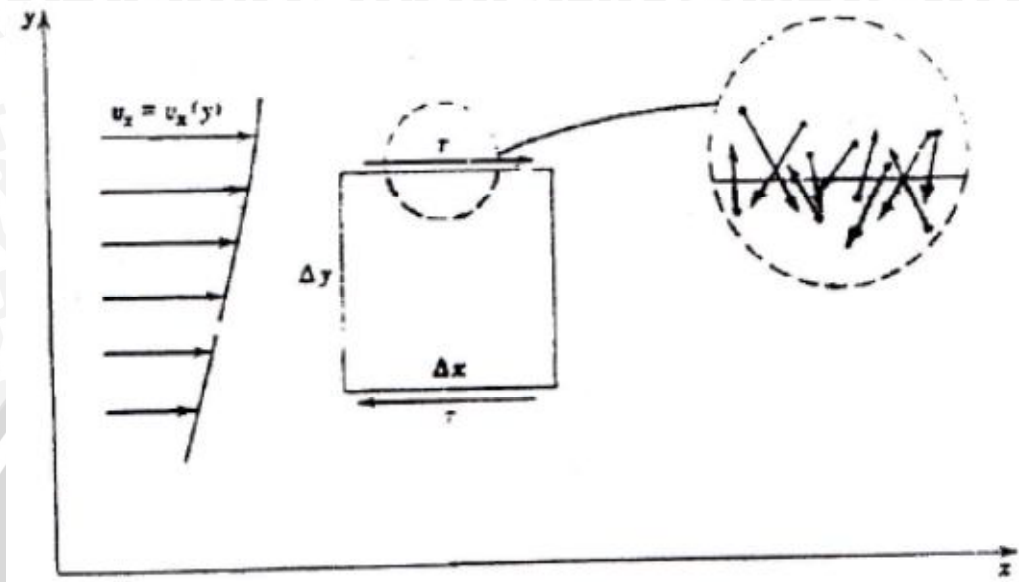


Gambar 2.5 : Kecepatan laminar di atas pelat rata
Sumber : J.P. Holman ; 1998 : 193

2.7.2 Aliran Turbulen

Pada aliran turbulen partikel fluida bergerak secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi dan saling interaksi antar gumpalan fluida. Pada aliran turbulen tidak terlihat lagi adanya lapisan–lapisan fluida sehingga aliran fluida dibayangkan sebagai bongkahan–bongkahan fluida. Bongkahan-bongkahan itu bergerak secara acak sehingga proses perpindahan momentum dan massa terjadi dalam skala mikroskopik. Partikel–partikel bongkahan berperan sebagai pembawa energi dan memindahkan energi dengan

cara bercampur dengan partikel-partikel lain dari fluida tersebut. Aliran turbulen yang acak meningkatkan laju pencampuran partikel dan merupakan proses difusi yang baik sehingga perpindahan panas yang terjadi meningkat. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 : Perpindahan momentum dan massa pada aliran turbulen
Sumber : Welty, 1983 ; 190

Pusaran turbulen menciptakan fluktuasi kecepatan. Sebagai suatu contoh, pengukuran kecepatan longitudinal (u) dan kecepatan vertikal (v) di titik A seperti pada gambar di bawah. Kedua kecepatan divariasikan terhadap waktu untuk menghasilkan fluktuasi turbulen. Untuk aliran turbulen dalam pengukuran kecepatan dimasukkan sebuah komponen kecepatan rata – rata dan sebuah komponen fluktuasi turbulen. Kecepatan aliran terhadap waktu dijabarkan sebagai berikut :

$$u(t) = \bar{u} + u'(t)$$

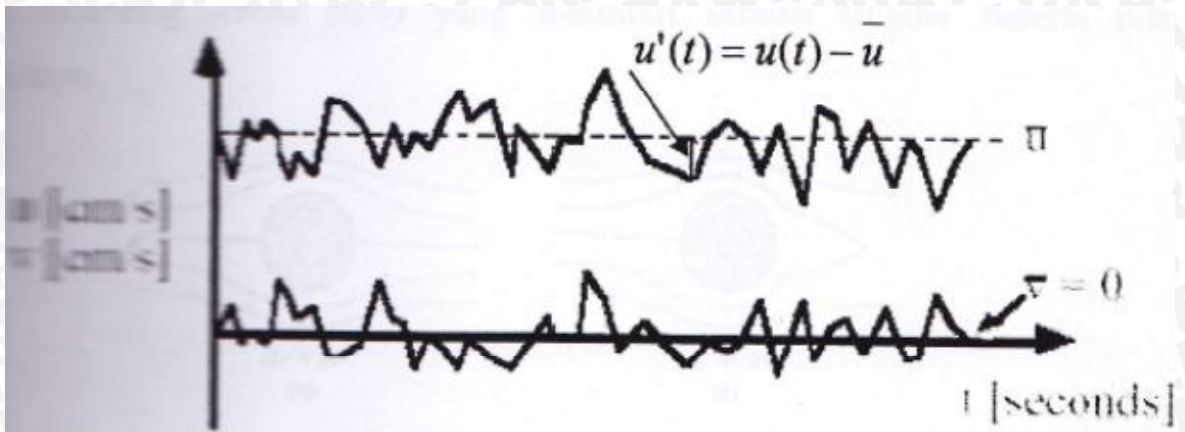
$$v(t) = \bar{v} + v'(t)$$

(2-5)

dimana :

$u'(t)$ dan $v'(t)$ = fluktuasi turbulen

\bar{u} dan \bar{v} = kecepatan rata - rata



Gambar 2.7 : Pengukuran kecepatan pada titik A
 Sumber : <http://www.fluenttut.com>

2.8 Bilangan Reynold

Tahun 1884 Osborne Reynolds melakukan percobaan untuk menunjukkan sifat aliran laminar dan turbulen. Reynolds menunjukkan bahwa untuk kecepatan aliran yang kecil, zat warna akan mengalir dalam satu garis lurus seperti benang/sumbu pipa.

Bilangan *Reynolds* merupakan suatu parameter yang menyatakan suatu perbandingan kecepatan aliran, dan ukuran yang mewakili diameter penampang yang dilewati aliran fluida terhadap viskositas kinematik fluida. Besar bilangan *Reynolds* membedakan jenis aliran laminar, transisi atau turbulen pada lapisan batas, di dalam pipa atau di sekitar benda yang terendam.

Bilangan *Reynolds* merupakan besaran fisis yang tidak berdimensi. Bilangan ini dipergunakan sebagai acuan dalam membedakan aliran laminier dan turbulen di satu pihak, dan di lain pihak dapat dimanfaatkan sebagai acuan untuk mengetahui jenis-jenis aliran yang berlangsung dalam air. Hal ini didasarkan pada suatu keadaan bahwa dalam satu tabung/pipa atau dalam satu tempat mengalirnya air, sering terjadi perubahan bentuk aliran yang satu menjadi aliran yang lain. Perubahan bentuk aliran ini pada umumnya tidaklah terjadi secara tiba-tiba tetapi memerlukan waktu, yakni suatu waktu yang relatif pendek dengan diketahuinya kecepatan kritis dari suatu aliran. Kecepatan kritis ini pada umumnya akan dipengaruhi oleh bentuk pipa, jenis zat cair yang lewat dalam pipa tersebut.

Terdapat empat besaran yang menentukan apakah aliran tersebut digolongkan aliran laminier ataukah aliran turbulen. Keempat besaran tersebut adalah besaran massa jenis air, kecepatan aliran, kekentalan, dan diameter pipa. Kombinasi dari keempatnya akan menentukan besarnya bilangan *Reynolds*.

Pada *incompressible flow* di dalam pipa kondisi aliran laminar atau turbulen ditentukan oleh besarnya bilangan *Reynolds* yang dapat dituliskan dalam Persamaan 2-5:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (\text{Potter, 1997: 260}) \quad (2-6)$$

dengan :

v = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa [m/s]

D = diameter pipa [m]

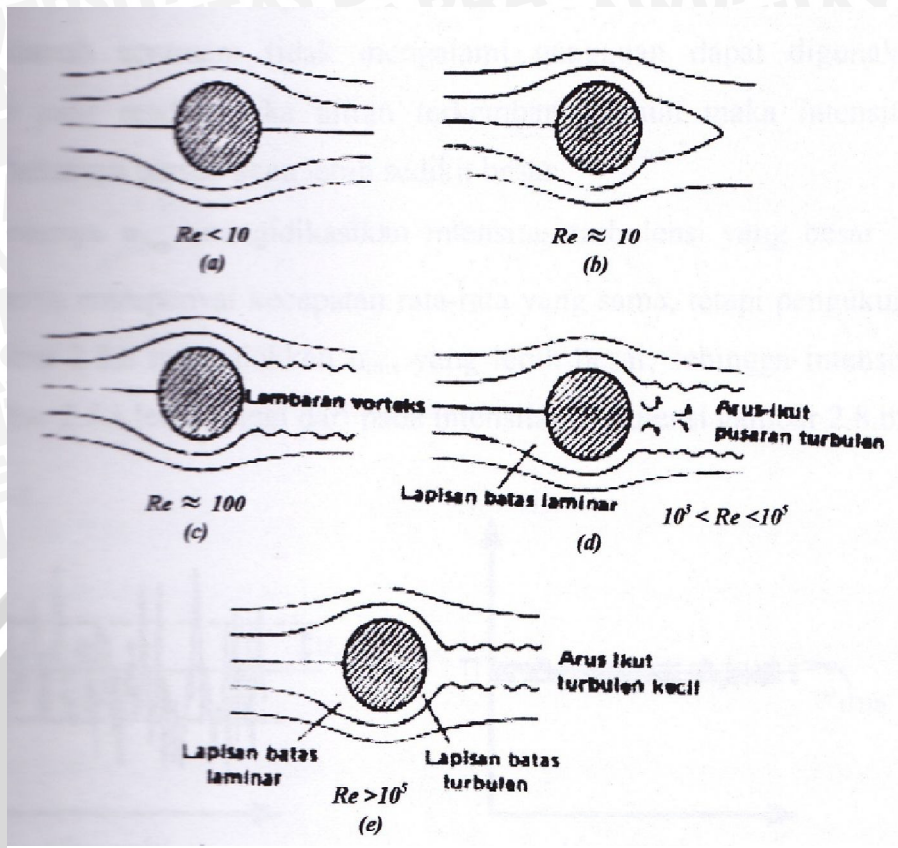
ν = viskositas kinematik [m²/s]

μ = viskositas absolut/dinamik [N.s/ m²]

ρ = densitas [kg/m³]

Secara umum jika suatu fluida mengalir memiliki suatu pola tertentu. Pola pertama adalah aliran yang laminar, yaitu aliran yang mulus mengikuti *streamline* dan memiliki kecenderungan bergerak secara teratur. Pola kedua adalah aliran turbulen, yaitu aliran bergerak acak dan tidak teratur dengan kecepatan yang berfluktuasi. Perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya viskos suatu fluida disebut bilangan Reynold (*Re*), merupakan parameter tidak berdimensi. Hal ini dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut

Untuk bilangan Reynold yang besar, gaya inersia yang berhubungan dengan densitas dan kecepatan fluida nilainya relatif lebih besar terhadap gaya viskositas. Sehingga gaya viskos tidak dapat menahan fluktuasi fluida yang cepat dan acak. Hal ini mengakibatkan timbulnya turbulensi pada aliran tersebut. Untuk bilangan Reynold yang kecil, maka gaya viskos fluida dapat menghambat gaya inersianya sehingga aliran fluida menjadi laminar. Pada gambar 2.8 akan ditunjukkan berbagai gambar pola aliran fluida secara melintang (*cross flow*) yang melewati sebuah silinder beserta bilangan Reynoldnya.



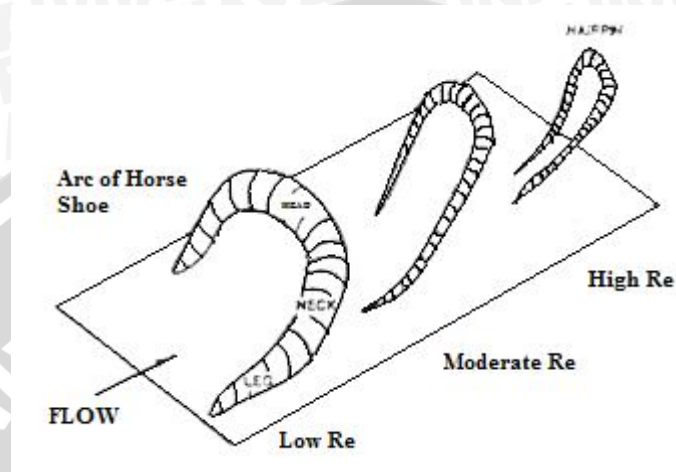
Gambar 2.8 : Sketsa pola aliran melintang sebuah silinder berpenampang lingkaran pada berbagai bilangan Reynold
Sumber : Kreith, 1997 ; 462

Pada bilangan Reynold yang mempunyai orde kebesaran 100, sudah mulai terbentuk pusaran – pusaran yang memisahkan diri dari kedua sisi silinder.

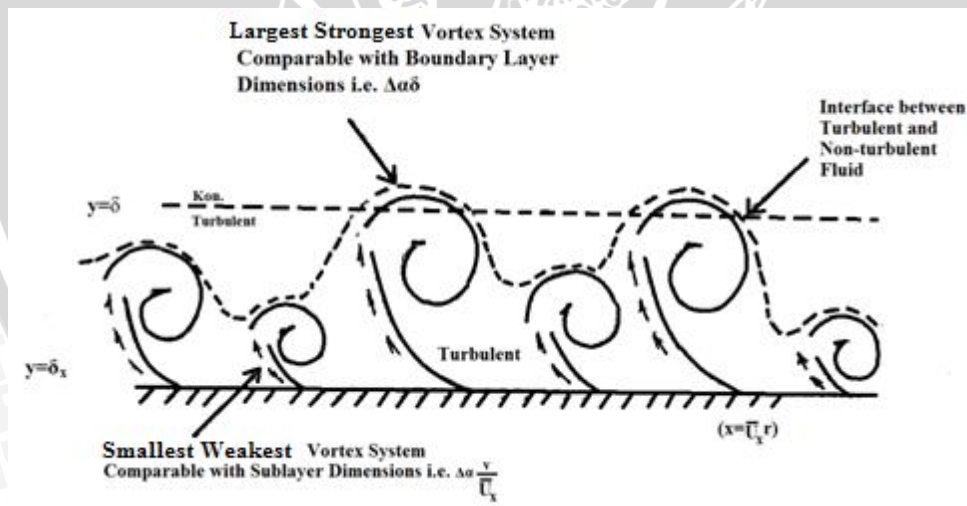
2.9 Vortex

Vortex didefinisikan sebagai massa fluida cairan atau gas yang partikel-partikelnya bergerak berputar. Gerakan partikel fluida bergerak berputar disebabkan adanya perbedaan kecepatan antara lapisan-lapisan fluida yang bersebelahan dengan jarak tertentu menimbulkan gaya-gaya yang akhirnya akan menyebabkan puntiran (Potter, 1997). Torsi ini akan menyebabkan terjadinya *vortex-vortex* pada fluida tersebut. Menurut proses pembentukannya *vortex* dibagi menjadi 2 macam yaitu *vortex* bebas (*free vortex*) dan *vortex* paksa (*forced vortex*). *Vortex* bebas terjadi jika mekanisme pembentukan *vortex* tidak melibatkan energi dari luar sumber. Fluida berputar karena gerakan internalnya contohnya yaitu pusaran air disungai dan pusaran di belokan pipa akibat aliran sekunder. *Vortex* paksa terjadi jika mekanisme pembentukan *vortex* melibatkan energi dari luar misalnya fluida diberi torsi atau puntiran dari luar.

Contohnya yaitu fluida dalam suatu wadah diputar dengan pipa silinder. Sesungguhnya *vortex* berwujud tiga dimensi dan dapat berubah menurut harga bilangan Reynolds. Pada bilangan Reynolds yang rendah, *vortex* berbentuk seperti tapal kuda dan semakin tinggi harga bilangan Reynolds maka *vortex* akan semakin meruncing, hal tersebut terlihat pada Gambar 2.9 dan 2.1.



Gambar 2.9 Geometri *Vortex* menurut besar bilangan Reynolds.
Sumber: Gerhart (1985: 607).



Gambar 2.10 *Vortex* 2 dimensi.
Sumber: Gerhart (1985: 619).

2.10 *Flow Conditioner*

Gangguan – gangguan pada aliran dapat dihilangkan sebagian ataupun seluruhnya dengan memasang alat pengkondisi aliran atau *flow conditioner*.

Flow conditioner adalah suatu alat yang dapat mengurangi gangguan-gangguan yang terjadi pada aliran pada suatu instalasi perpipaan sehingga dapat mengurangi turbulensi. Alat ini mempunyai kemampuan untuk mengisolasi gangguan-gangguan aliran yang disebabkan oleh belokan, katup, perubahan luas penampang, dan *orifice*, dengan cara menghilangkan separasi dan *vortex*.

Flow conditioner juga bisa mengkondisikan aliran menjadi lebih stabil sehingga dapat mencapai kondisi aliran *fully developed* (berkembang penuh) lebih cepat dengan menempuh panjang pipa lurus yang lebih pendek (Lundberg, 1996).

Karena *flow conditioner* bisa menghilangkan separasi dan *vortex*, yang merupakan penyebab hilangnya energi pada aliran, yang menghasilkan *pressure drop* pada belokan pipa, terjadinya getaran pada pipa, dan kavitasi, maka pemasangan *flow conditioner* dapat meminimalisasi kerugian tersebut ketika aliran melewati belokan, katup, dan sebagainya.

Pemasangan *flow conditioner* pada instalasi perpipaan sendiri juga dapat menyebabkan *pressure drop*. Pemasangan *flow conditioner* akan efektif jika *pressure drop* akibat gangguan-gangguan aliran yang diminimalisasikan oleh *flow conditioner* lebih besar daripada *pressure drop* yang dihasilkan oleh *flow conditioner* itu sendiri.

Ada beberapa *flow conditioner* yang sering digunakan yaitu, plat perforasi, *honey comb*, *vane*, *tube bundle*.

2.11 *Software ANSYS Workbench*

ANSYS *Workbench* merupakan salah satu *software* yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah – masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*) seperti aliran fluida, analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas dan elektromagnetis.

ANSYS *Workbench* dengan *project* lain dirancang guna mengembangkan dan mengatur berbagai jenis program komputer dengan dasar *Computer Aided Engineering* (CAE) dan membuatnya lebih mudah untuk digunakan. ANSYS *Workbench* berisi beberapa fasilitas, diantaranya adalah *Mechanical*, *Fluid Flow*, *Engineering Data*, *Design Modeler*, *Meshing Application* dan *Blade Gen*. Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan ANSYS *Workbench* antara lain :

1. Model yang digambar dari beberapa *software* CAD dapat langsung diimport ke ANSYS Workbench
2. Simulasi FEA dapat dilakukan dengan baik.
3. Pengimplementasian *design* yang dipilih dapat dilakukan untuk kondisi sebenarnya.
4. Model yang telah dibuat dapat dikondisikan sesuai dengan jenis simulasi yang menggunakan *Design Modeler*.

2.11.1 Workbench environment

Ansys Workbench menyediakan metode yang memungkinkan untuk berinteraksi dengan Ansys family solver. Workbench environment memberikan integrasi yang unik dengan sistem CAD. Ansys Workbench terdiri dari berbagai aplikasi:

1. Mechanical; untuk melakukan analisa struktur dan termal menggunakan solver Ansys. Meshing juga termasuk dalam aplikasi mechanical
2. Fluid Flow (CFX); untuk melakukan analisa CFD menggunakan CFX
3. Fluid Flow (FLUENT); untuk melakukan analisa CFD menggunakan FLUENT
4. Geometry (DesignModeler); untuk membuat geometri dan menyiapkan model solid yang digunakan dalam aplikasi Mechanical.
5. Engineering Data; untuk mendefinisikan sifat-sifat material
6. Meshing Application; untuk menghasilkan mesh CFD dan Explicit Dynamics
7. Design Exploration; untuk analisa optimasi
8. Finite Element MModeler (FE Modeler); untuk menterjemahkan mesh NASTRAN dan ABAQUS agar dapat digunakan di Ansys Workbench.
9. BladeGen (Blade Geometry); untuk membuat geometri sudu
10. Explicit Dynamics; untuk simulasi explicit dynamics dan menampilkan pemodelan nonlinear.

2.12 Hipotesa

Semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperatur pada jarak yang sama semakin besar begitu juga sebaliknya.

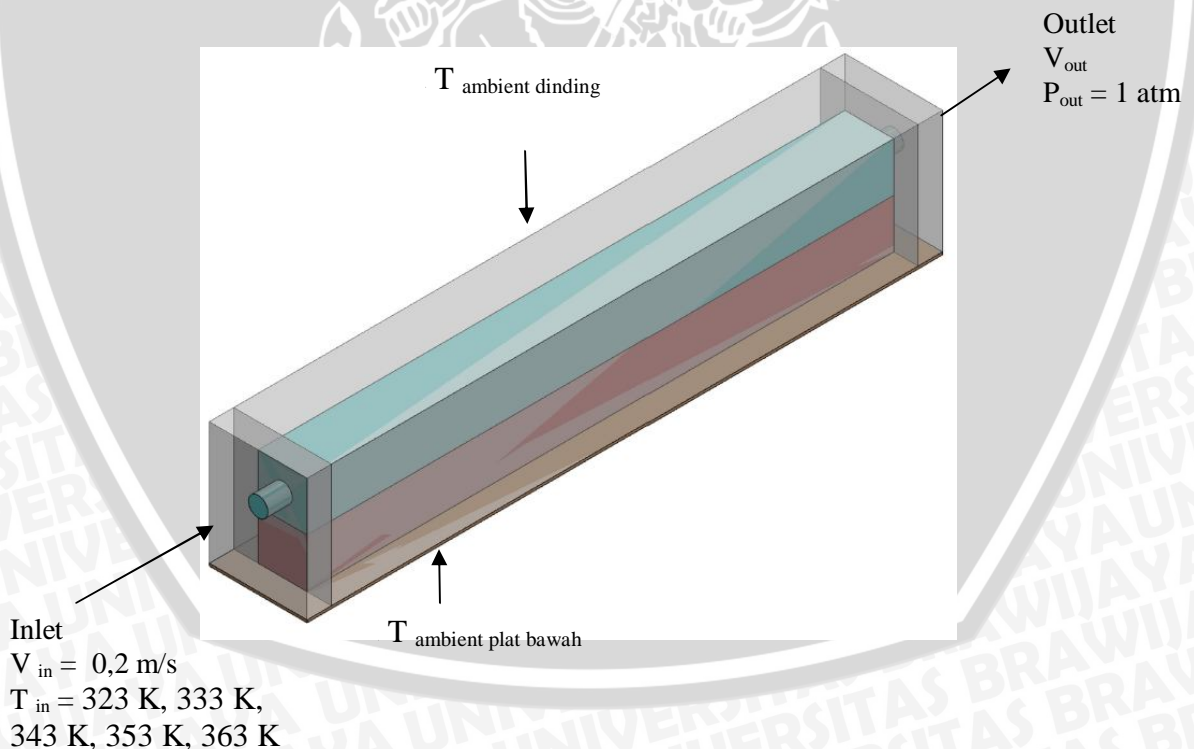
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

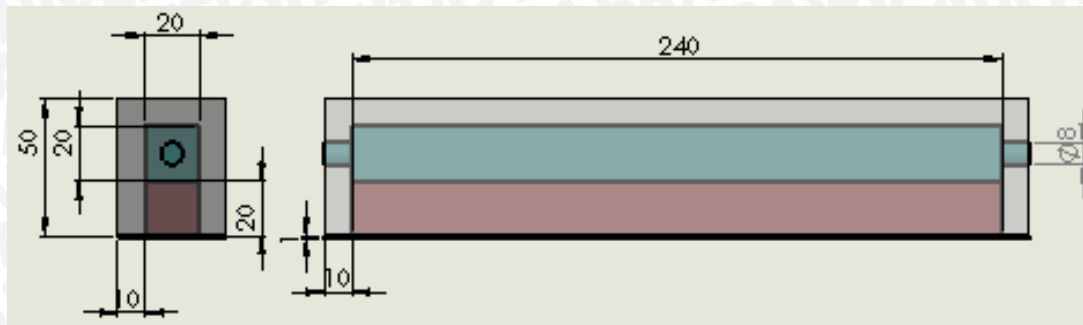
Penelitian ini dilakukan secara numerik dengan menggunakan *software CFX* yang terdapat dalam *ANSYS 14.5 Workbench* yang berbasis *finite volume method*, sehingga dapat diketahui pengaruh temperatur udara pada *porous media chamber* terhadap perpindahan panas pada *porous media*. Di samping itu juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi tambahan mengenai masalah perpindahan panas secara konduksi dan konveksi.

3.2 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi tentang aliran fluida udara panas pada *porous media chamber*. Adapun instalasi percobaan *porous media chamber* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Skema Simulasi 3 Dimensi



Gambar 3.2 Skema Simulasi 2 Dimensi

Keterangan skema :

	= <i>Poliester wall</i>
	= Udara panas
	= <i>Porous Media</i>
	= Plat tembaga tebal 1 mm
P_{out}	= Tekanan keluar [atm]
$T_{ambient\ dinding}$	= Temperatur dinding fluida [K]
$T_{ambient\ plat\ bawah}$	= Temperatur plat bawah [K]
T_{in}	= Temperatur udara masuk [K]
V_{in}	= Kecepatan tangensial udara masuk [m/s]
V_{out}	= Kecepatan udara keluar [m/s]

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan besarnya tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah temperatur udara saat masuk dalam *porous media chamber*. Besarnya temperatur yang akan divariasikan adalah 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, 363 K. Alasan mengapa dipilih *range* variasi temperatur tersebut dikarenakan pada penelitian sebelumnya dengan temperatur udara masuk 363 K lem pada *porous media chamber* sudah tidak mampu menahan, sehingga terjadi kebocoran dan tidak dapat dilalui fluida dengan temperatur

di atas 363 K. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih *range* temperatur tersebut.

b) Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan di atas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi temperatur pada *porous media*.

c) Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang besarnya dapat diubah dengan interval tertentu untuk mengetahui hubungan antara temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media*. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Kecepatan udara masuk 0,2 m/s
- Temperatur ambient dari dinding 303 K
- Temperatur plat bawah 283 K
- Porositas 0,38
- Material yang digunakan untuk *porous media* adalah *porous aluminium*

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan spesifikasi komputer yang digunakan sebagai berikut :

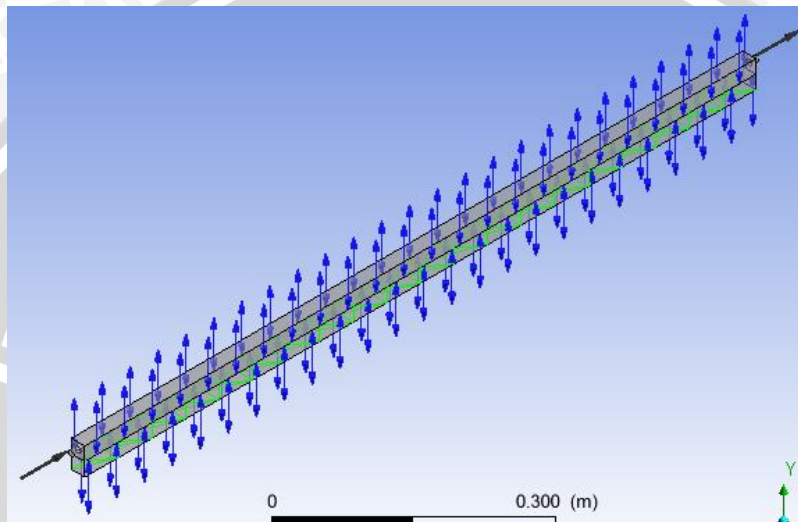
- RAM : 4096 MB
- *Operating system* : Windows 7 Enterprise 64-bit (6.1, Buld 7600)
- *Processor* : Intel(R)Core(TM) i3-2120 @ 3,30GHz(4 CPUs), ~3,3GHz
- Total Memori : 12,9 GB

Waktu penelitian adalah 5 Mei 2013 sampai 9 Juni 2013.

3.5 Prosedur Penelitian

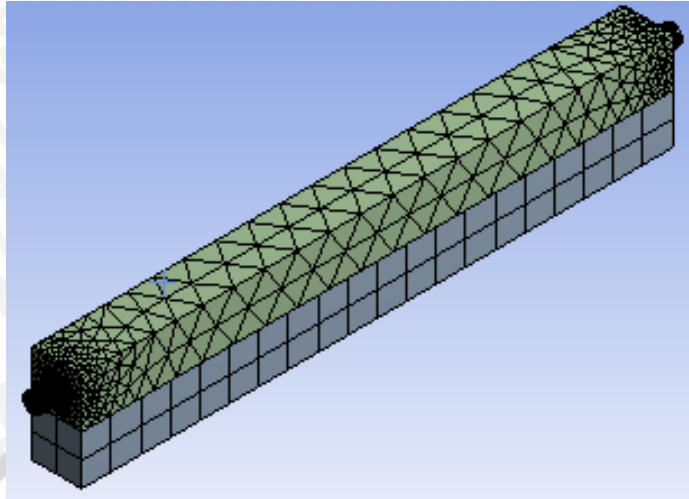
Dalam penelitian ini dilakukan analisa mengenai pengaruh variasi temperatur udara masuk terhadap porous media. Adapun langkah – langkah dalam penelitian ini adalah :

1. Memodelkan *porous media chamber* dengan ukuran bentuk, menentukan material bahan yang akan digunakan pada penelitian, dan menentukan batas – batas kondisi yang diinginkan. Kondisi batas yang seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kondisi batas geometri

2. Mengalirkan udara panas pada *porous media chamber*.
3. *Meshing*, yaitu proses membagi geometri menjadi elemen – elemen nantinya dihasilkan node – node yang dapat digunakan dalam perhitungan komputasi secara elemen hingga. Semakin kecil elemen yang dibentuk semakin besar pula persamaan yang harus diselesaikan oleh *software* sehingga beban komputer akan semakin besar tetapi hasil yang akan diperoleh juga semakin akurat yang diakibatkan karena node yang dihasilkan sangat banyak. *Meshing* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu manual dan otomatis. Melakukan *meshing* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Meshing Fluida dan *Porous Media*

3.6 Langkah – Langkah Simulasi pada *Software*

Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan *Software* ANSYS CFX 14.5.

langkah – langkah proses simulasi dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

1. *Preprocessing*
2. *Solution*
3. *Postprocessing*

3.6.1 *Pre – processor*

Pada tahap ini dilakukan pemodelan :

1. *Import* file geometri *porous media chamber* yang sudah dimodelkan dari *software* Solidwork dalam bentuk *file type* (.SLDASM) ke dalam *software* analisis Ansys 14.5 CFX.
2. Menentukan jenis sistem analisis
3. Memasukkan *material properties* untuk *porous media*, dinding, pelat, dan udara.
4. Melakukan *meshing* pada semua bagian *body porous media*.
5. Menentukan besarnya temperatur udara yang akan dilewatkan pada *porous media* sesuai dengan prosedur pengujian.

3.6.2 *Solution*

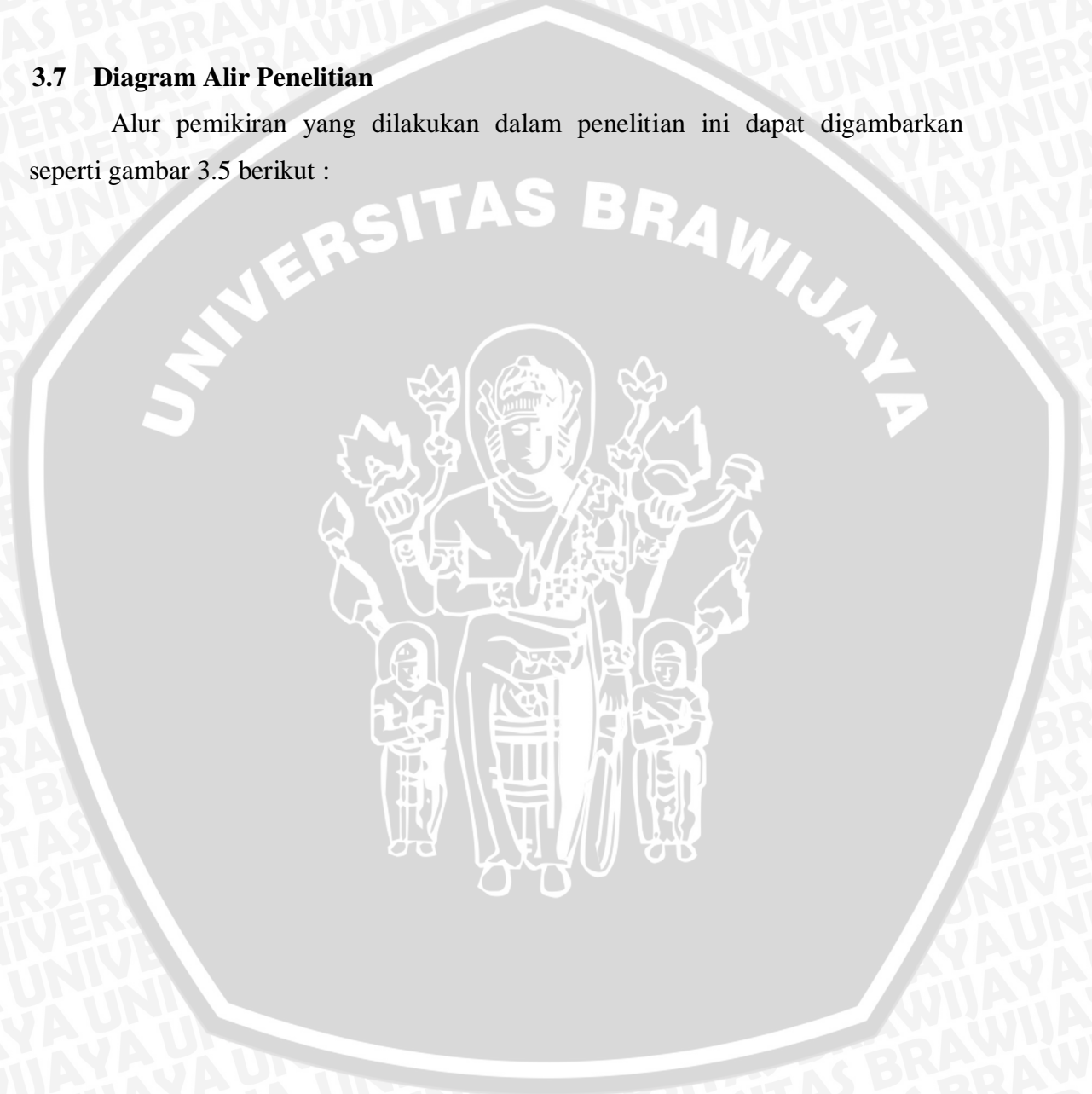
Pada tahap ini mendefinisikan jenis hasil yang akan ditampilkan yang mengacu kondisi batas sebelumnya.

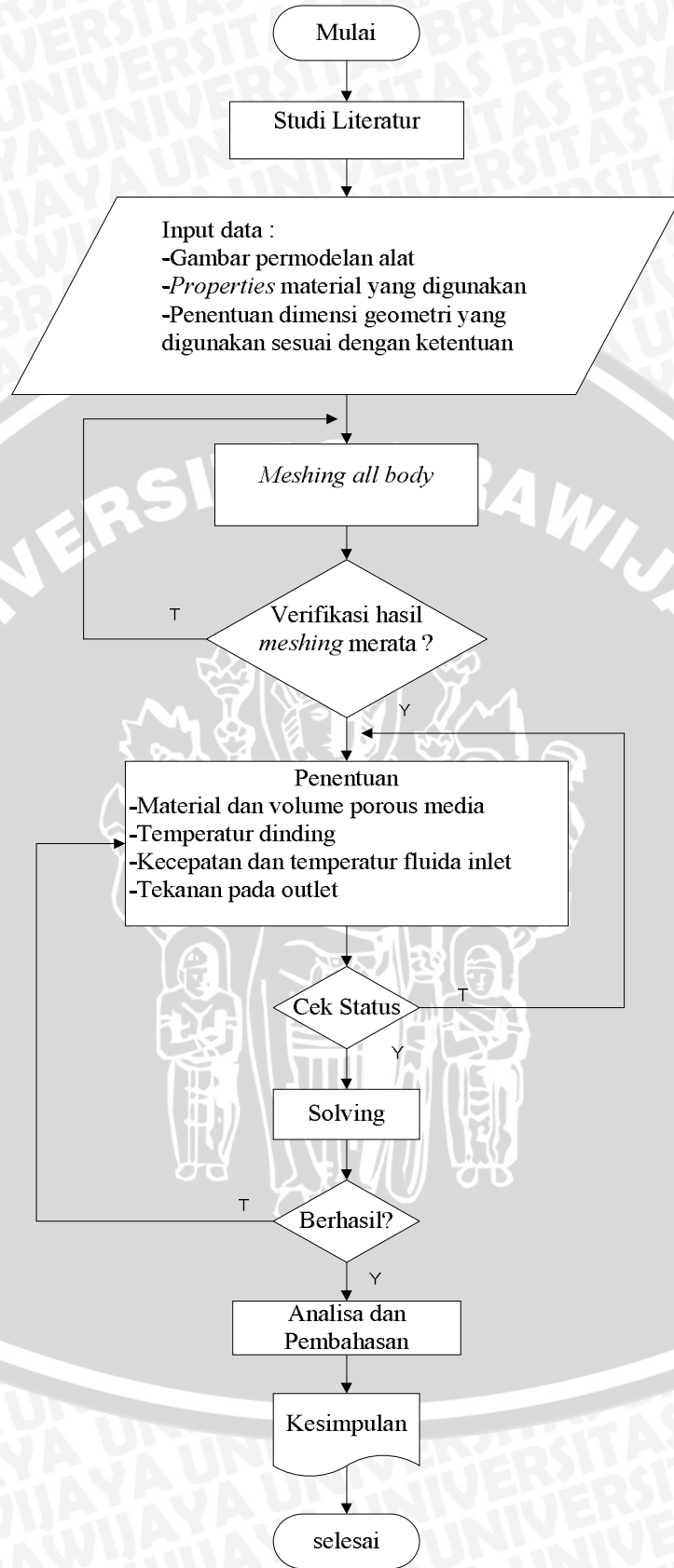
3.6.3 *Postprocessing*

Menganalisis hasil dari proses simulasi yang telah dilakukan ke dalam tabel maupun grafik. Dalam penelitian ini dilakukan analisis distribusi perpindahan panas yang terjadi. Dari hasil yang muncul nantinya digunakan pada simulasi berikutnya untuk mengetahui optimasi perpindahan panas yang terjadi.

3.7 **Diagram Alir Penelitian**

Alur pemikiran yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan seperti gambar 3.5 berikut :





Gambar 3.5 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Data Penelitian

Data – data yang berkaitan dengan penelitian ini adalah :

1. Aliran udara secara tangensial terhadap *porous media*
2. Spesifikasi dari rancangan yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - a. *Porous media chamber*
 - Panjang : 260 mm
 - Lebar : 40 mm
 - Tinggi : 51 mm
 - Material dinding : kaca
 - Diameter inlet : 8 mm
 - Diameter Outlet : 8 mm
 - b. Kecepatan udara masuk : 0,2 m/s
 - c. Temperatur udara masuk : 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K
 - d. Dimensi porous media adalah panjang 240 mm, lebar dan tinggi 20 mm.
 - e. *Porous media* terbuat dari aluminium dengan porositas 0,38

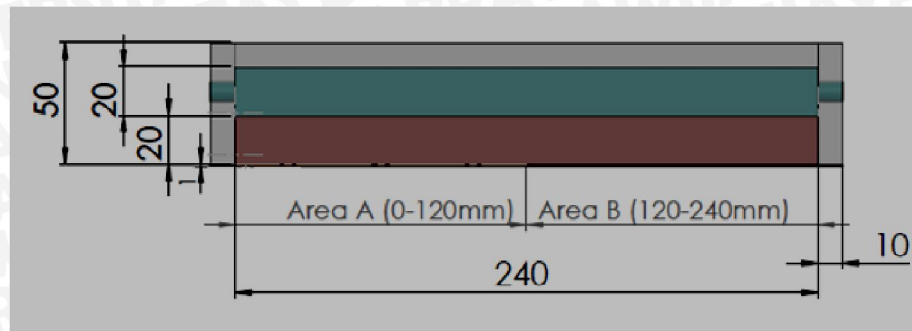
4.2 Pembahasan

Dalam penelitian ini, pembahasannya difokuskan pada distribusi temperatur dari samping, distribusi temperatur secara melintang, dan distribusi temperatur pada titik tertentu yang kemudian digrafikkan.

4.2.1 Kontur Tampak Samping

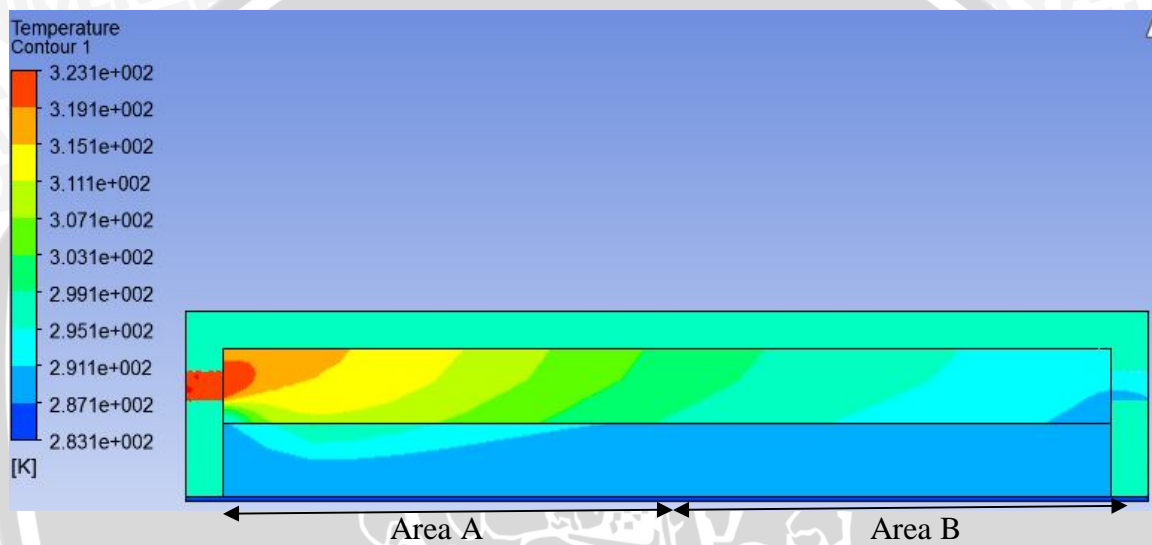
Pembagian area pada porous media chamber ini di bagi menjadi dua yaitu area A dengan jarak 0 - 120 mm dari inlet fluida sedangkan area B pada jarak 120 mm – 240 mm dari inlet seperti pada gambar 4.1





Gambar 4.1 penampang melintang *porous media chamber*

a. Temperatur udara masuk 323 K



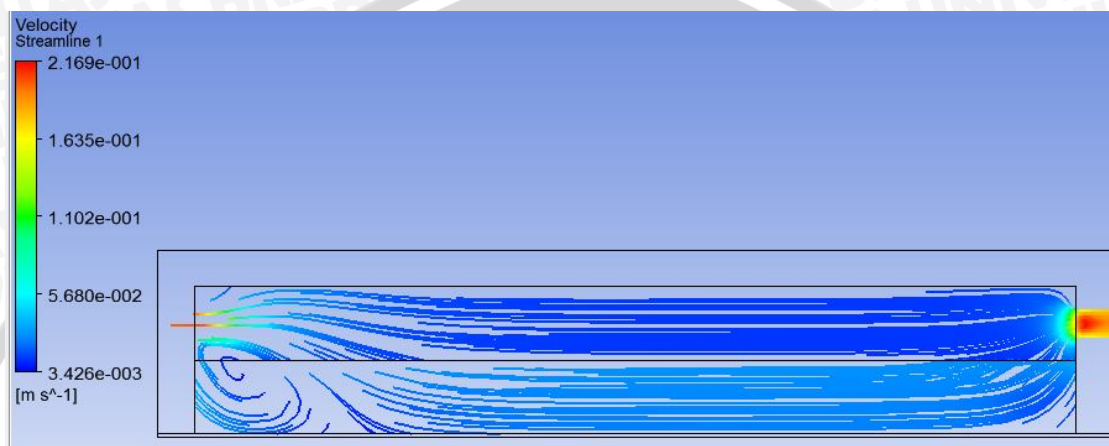
Gambar 4.2 Kontur Distribusi Temperatur Pandangan Samping dengan Temperatur Udara Masuk 323 K

Gambar 4.2 menunjukkan kontur distribusi temperatur pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 323 K. Pada area A, terdapat 8 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran udara masuk dan 2 warna pada *porous media*. Kontur warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelahnya. Pada area A, ketika udara masuk dimasukkan melewati inlet dengan penampang *sudden enlargement*, temperaturnya sebesar 323 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat kontur warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari inlet, temperatur udara masuk tersebut semakin turun.

Sedangkan pada *porous media*, setelah melewati *sudden enlargement* terdapat kontur warna biru muda yang berbentuk lembah. hal ini menunjukkan bahwa pada

kontur yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat udara panas yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur udara yang dialirkan menurun. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terjadi perpindahan panas.

Lembah tersebut tidak terbentuk dari awal masuknya udara panas, hal ini dikarenakan setelah melewati *sudden enlargement* aliran tidak langsung berkembang penuh dan pada sisi awal terdapat *vortex*.



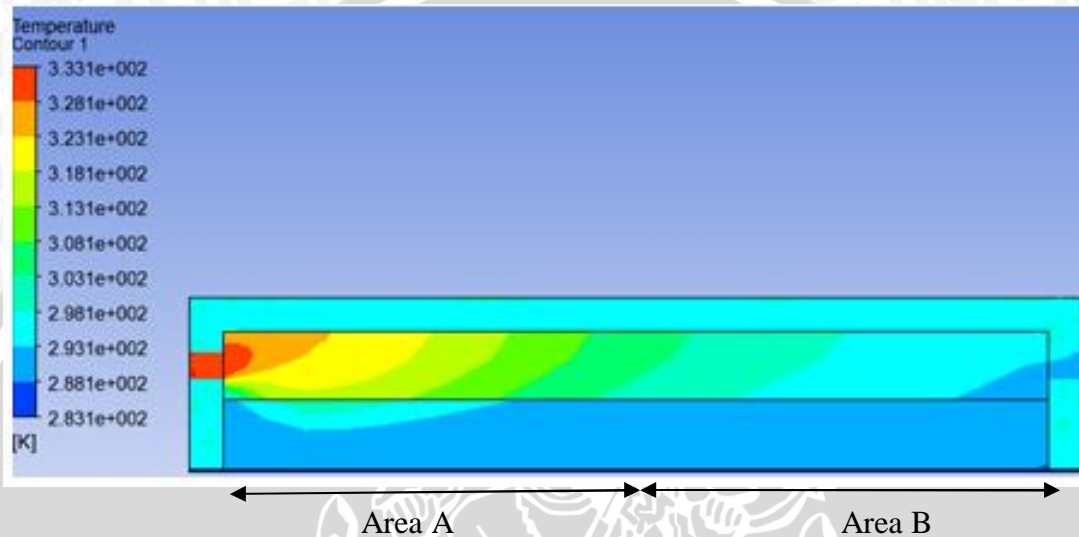
Gambar 4.3 Kontur kecepatan aliran pada *porous media chamber*

Gambar 4.3 di atas menunjukkan kontur kecepatan aliran pada *porous media chamber*. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran tidak berkembang penuh dari awal masuknya udara panas. Hal ini dikarenakan terdapat *vortex* pada bagian awal inlet yang diakibatkan oleh adanya *sudden enlargement*. Pada gambar di atas, besarnya fenomena *vortex* ditunjukkan dengan adanya pusaran yang terdapat pada bagian awal *porous media chamber*. Oleh karena adanya fenomena *vortex* tersebut, sehingga distribusi temperatur pada *porous media* tidak terjadi dari titik awal setelah memasuki inlet. Gambar 4.3 juga menjelaskan bahwa kecepatan udara pada bagian *porous media* lebih besar daripada pada bagian aliran udara. Hal ini dikarenakan luas permukaan pada *porous media* lebih kecil, sehingga kecepatannya lebih tinggi. Pada daerah *porous media* alirannya *streamline*. Fenomena ini dikarenakan *porous media* tertata secara teratur dengan kata lain tidak acak.

Pada area B, terdapat 5 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 4 warna pada aliran udara masuk dan 1 warna pada *porous media*. Pada area B, terdapat kontur warna yang berbeda – beda pada aliran udara masuk tersebut yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur udara semakin turun. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum

tiap warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Namun, pada *porous media* terlihat perbedaan kontur warna antara area A dan B. Temperatur pada *porous media* di area B cenderung berada pada kontur yang konstan dengan artian perpindahan panas *porous media* pada area B cenderung konstan atau hampir tidak terjadi perpindahan panas.

b. Temperatur udara masuk 333 K



Gambar 4.4 Kontur Distribusi Temperatur Pandangan Samping dengan Temperatur Udara Masuk 333 K

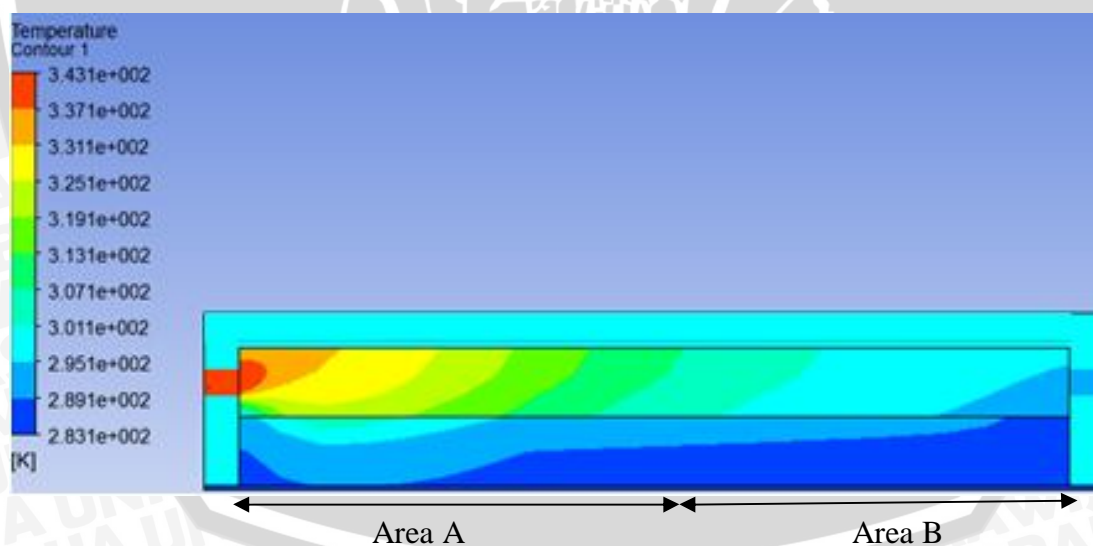
Gambar 4.4 di atas menunjukkan kontur distribusi temperatur pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 333 K. Pada area A, terdapat 8 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran udara masuk dan 2 warna pada *porous media*. Kontur warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelahnya. Pada area A, ketika udara masuk dimasukkan melewati inlet dengan penampang *sudden enlargement*, temperaturnya sebesar 333 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat kontur warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari inlet, temperatur udara masuk tersebut semakin turun. Sedangkan pada *porous media*, terdapat kontur warna biru muda yang berbentuk lembah, hal ini menunjukkan bahwa pada kontur yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat udara panas yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan

temperatur udara yang dialirkan menurun. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terjadi perpindahan panas.

Lembah tersebut tidak terbentuk dari awal masuknya udara panas, hal ini dikarenakan setelah melewati *sudden enlargement* aliran tidak langsung berkembang penuh dan pada sisi awal terdapat *vortex*. Besarnya *vortex* yang terbentuk dapat dilihat pada lampiran

Pada area B, terdapat 5 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 4 warna pada aliran udara masuk dan 1 warna pada *porous media*. Pada area B, terdapat kontur warna yang berbeda – beda pada aliran udara masuk tersebut yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur udara semakin turun. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Namun, pada *porous media* terlihat perbedaan kontur warna antara area A dan B. Temperatur pada *porous media* di area B cenderung berada pada kontur yang konstan dengan artian perpindahan panas *porous media* pada area B cenderung konstan atau hampir tidak terjadi perpindahan panas.

c. Temperatur udara masuk 343 K



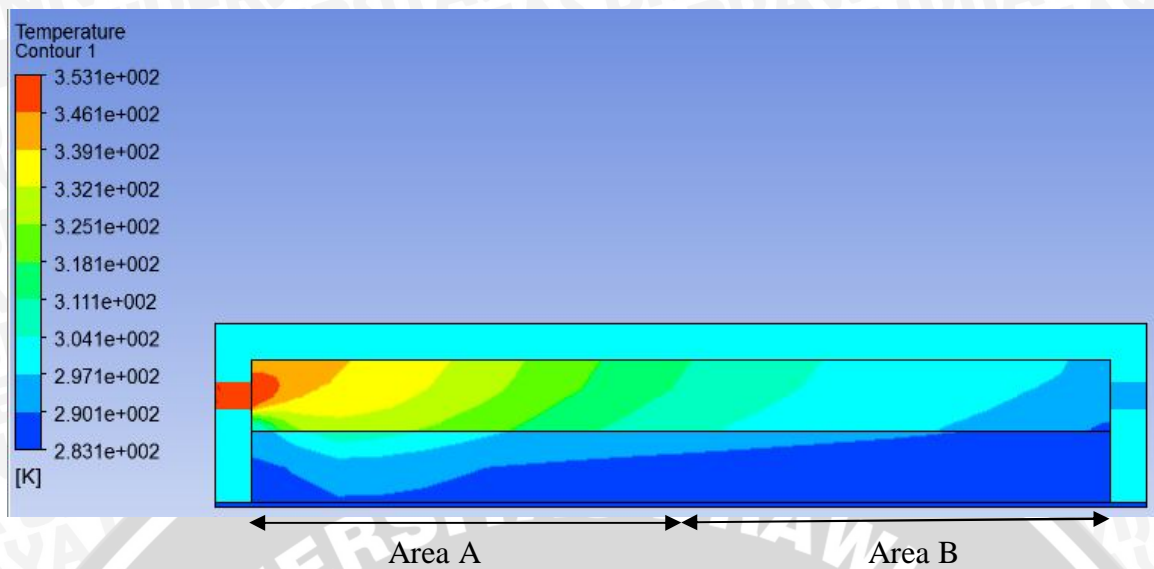
Gambar 4.5 Kontur Distribusi Temperatur Pandangan Samping dengan Temperatur Udara Masuk 343 K

Gambar 4.5 di atas menunjukkan kontur distribusi temperatur pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 343 K. Pada area A, terdapat 9 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran udara masuk dan 3 warna

pada *porous media*. Kontur warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelahnya. Pada area A, ketika udara masuk dimasukkan melewati inlet dengan penampang *sudden enlargement*, temperaturnya sebesar 343 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat kontur warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari inlet, terlihat bahwa temperatur udara masuk tersebut semakin turun. Sedangkan pada *porous media*, terdapat kontur warna biru dengan berbagai gradasi warna dan masing-masing membentuk lembah dengan jarak berbeda - beda, hal ini menunjukkan bahwa pada kontur yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat udara panas yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur udara yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari udara panas (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada area ini, lebih luas dari pada lembah pada temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Dari kontur tersebut dapat diartikan bahwa distribusi temperatur pada *porous media* lebih merata. Ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terdapat perpindahan panas. Selain itu, dari kontur tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur udara masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar agar temperatur udara masuk menjadi lebih rendah.

Pada area B, terdapat 5 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 3 warna pada aliran udara masuk dan 2 warna pada *porous media*. Pada area B, terdapat kontur warna yang berbeda – beda pada aliran udara masuk tersebut yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur udara semakin turun. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Terdapat perbedaan kontur warna dibandingkan dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Pada *porous media* terdapat kontur yang lebih kompleks yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K.

d. Temperatur udara masuk 353 K



Gambar 4.6 Kontur Distribusi Temperatur Pandangan Samping dengan Temperatur Udara Masuk 353 K

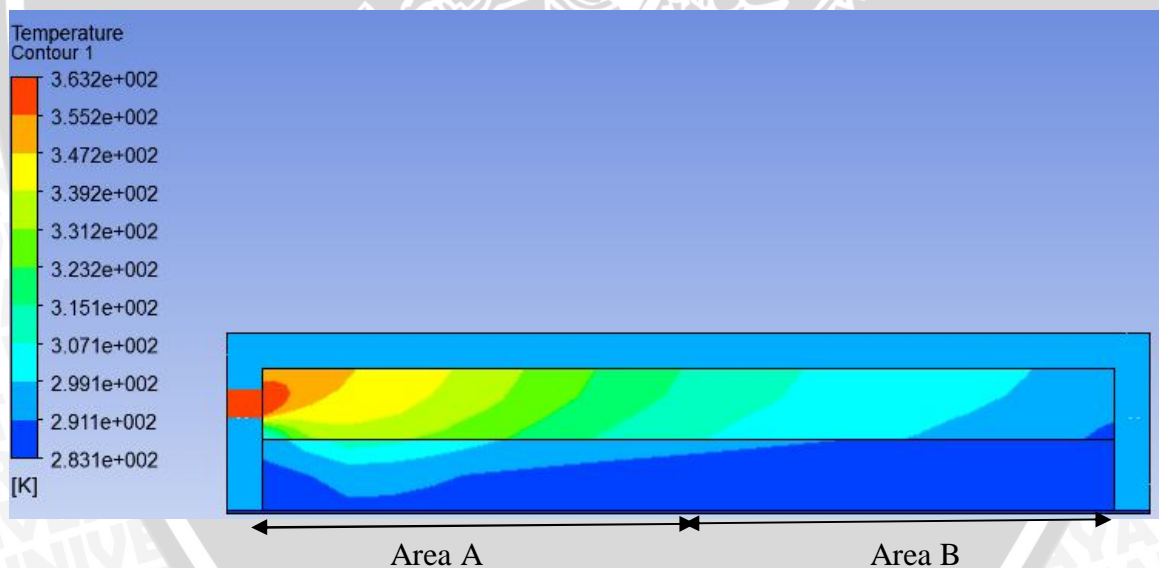
Gambar 4.6 di atas menunjukkan kontur distribusi temperatur pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 353 K. Pada area A, terdapat 9 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran udara masuk dan 3 warna pada *porous media*. Kontur warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelahnya.

Kontur warna pada gambar 4.6 hampir sama dengan gambar 4.5, hanya saja terdapat sedikit perbedaan pada luasan masing-masing warna. Pada area A, ketika udara masuk dimasukkan melewati inlet dengan penampang *sudden enlargement*, temperaturnya sebesar 343 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat kontur warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari inlet, terlihat bahwa temperatur udara masuk tersebut semakin turun. Sedangkan pada *porous media*, terdapat kontur warna biru dengan berbagai gradasi warna dan masing-masing membentuk lembah dengan jarak berbeda - beda, hal ini menunjukkan bahwa pada kontur yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat udara panas yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur udara yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari udara panas (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada area ini, lebih luas dari pada lembah pada temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Dari kontur tersebut dapat diartikan bahwa distribusi temperatur pada *porous media* lebih merata.

Ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terdapat perpindahan panas. Selain itu, dari kontur tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur udara masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar agar temperatur udara masuk menjadi lebih rendah.

Pada area B, terdapat 5 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 3 warna pada aliran udara masuk dan 2 warna pada *porous media*. Pada area B, terdapat kontur warna yang berbeda – beda pada aliran udara masuk tersebut yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur udara semakin turun. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Terdapat perbedaan kontur warna dibandingkan dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Pada *porous media* terdapat kontur yang lebih kompleks yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K.

e. Temperatur udara masuk 363 K



Gambar 4.7 Kontur Distribusi Temperatur Pandangan Samping dengan Temperatur Udara Masuk 363 K

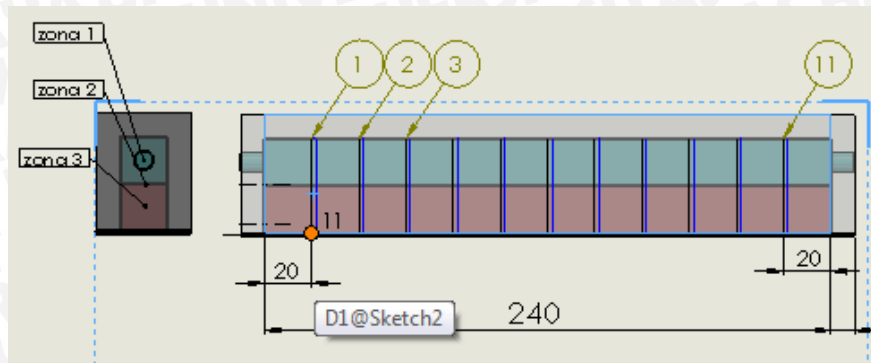
Gambar 4.7 di atas menunjukkan kontur distribusi temperatur pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 363 K. Pada area A, terdapat 9 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran udara masuk dan 3 warna pada *porous media*. Kontur warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelahnya.

Kontur warna pada gambar 4.7 hampir sama dengan gambar 4.6, hanya saja terdapat sedikit perbedaan pada luasan masing-masing warna. Pada area A, ketika udara masuk dimasukkan melewati inlet dengan penampang *sudden enlargement*, temperaturnya sebesar 343 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat kontur warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari inlet, terlihat bahwa temperatur udara masuk tersebut semakin turun. Sedangkan pada *porous media*, terdapat kontur warna biru dengan berbagai gradasi warna dan masing-masing membentuk lembah dengan jarak berbeda - beda, hal ini menunjukkan bahwa pada kontur yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat udara panas yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur udara yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari udara panas (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada area ini, lebih luas dari pada lembah pada temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Dari kontur tersebut dapat diartikan bahwa distribusi temperatur pada *porous media* lebih merata. Ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terdapat perpindahan panas. Selain itu, dari kontur tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur udara masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar agar temperatur udara masuk menjadi lebih rendah.

Pada area B, terdapat 5 kontur warna yang berbeda – beda dengan distribusi 3 warna pada aliran udara masuk dan 2 warna pada *porous media*. Pada area B, terdapat kontur warna yang berbeda – beda pada aliran udara masuk tersebut yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur udara semakin turun. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Terdapat perbedaan kontur warna dibandingkan dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K. Pada *porous media* terdapat kontur yang lebih kompleks yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K.

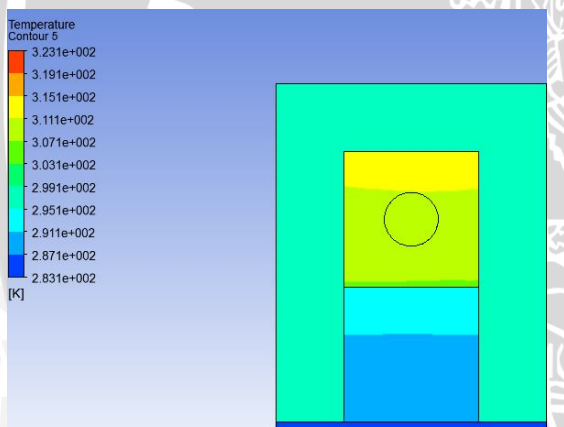
4.2.2 Kontur pada Penampang Melintang

Pembagian area pada *porous media chamber* ini dibagi menjadi sebelas area dengan jarak masing-masing 20 mm dari *inlet* seperti pada gambar 4.8

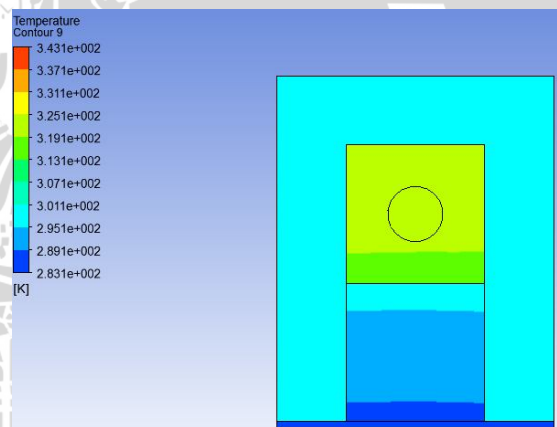


Gambar 4.8 Penampang melintang *porous media chamber*

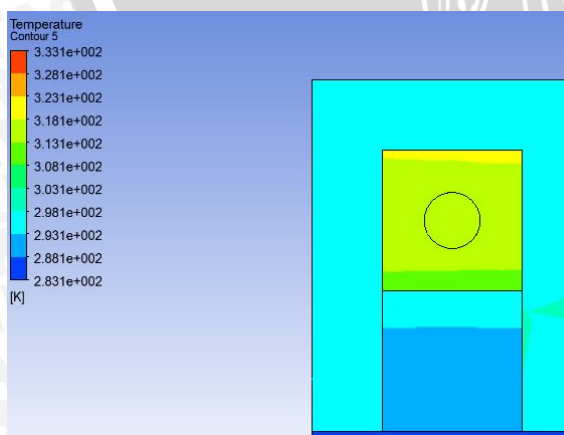
Dalam pembahasan ini, penampang melintang yang diambil adalah yang berjarak 60 mm dari *inlet*.



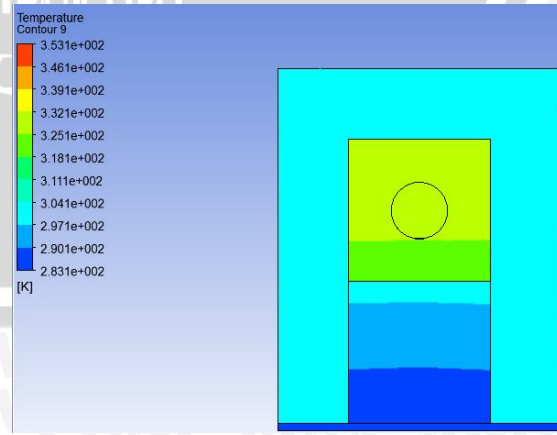
4.9 (a)



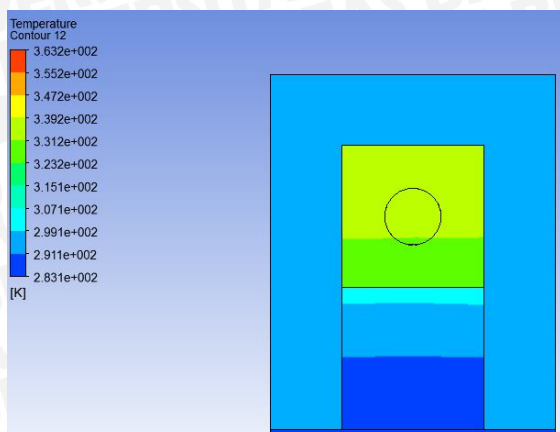
4.9 (c)



4.9 (b)



4.9 (d)



4.9 (e)

Gambar 4.9 Kontur penampang melintang distribusi temperatur pada *porous media* dengan (a) Temperatur udara masuk 323 K, (b) Temperatur udara masuk 333 K, (c) Temperatur udara masuk 343 K, (d) Temperatur udara masuk 353 K, dan (e) Temperatur udara masuk 363 K

Dari gambar 4.9 dengan adanya perbedaan temperatur udara masuk, terlihat perbedaan kontur warna yang terjadi. Agar lebih memudahkan melihat adanya perbedaan, gambar di atas dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian fluida dan *porous media*.

Pada bagian fluida dengan temperatur udara masuk yang semakin tinggi, distribusi temperturnya pada jarak yang sama, yaitu 60 mm dari inlet lebih besar. Dari kontur warna terlihat bahwa pada temperatur udara masuk 323 K hanya terdapat warna hijau muda (dengan kisaran temperatur) dan kuning (dengan kisaran temperatur). Warna hijau muda tepat di atas saluran masuk.

Pada temperatur udara masuk 333 K terdapat warna hijau tua (dengan kisaran temperatur), hijau muda (dengan kisaran temperatur), dan kuning (dengan kisaran temperatur). Luasan distribusi temperatur warna hijau muda jauh lebih besar daripada temperatur udara masuk 323 K, yaitu jauh di atas saluran masuk.

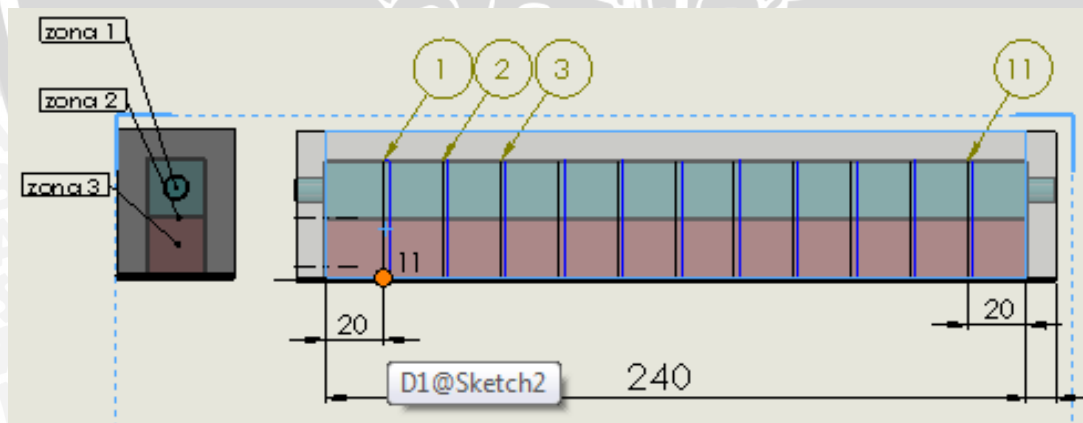
Sedangkan pada temperatur udara masuk 343 K, 353 K, 363 K terdapat warna warna hijau muda (dengan kisaran temperatur) dan hijau tua (dengan kisaran temperatur). Perbedaan yang mencolok antara ketiga variasi temperatur tersebut adalah pada warna hijau tua, yang semakin tinggi temperatur udara masuk, maka luasan distribusi temperatur warna hijau tua semakin luas. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperturnya semakin tinggi.

Sedangkan pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 323 K dan 333 K hanya terdapat 2 kontur warna, yaitu biru muda dan biru tua. Perbedaan yang mencolok terlihat pada temperatur udara masuk 333 K luasan warna biru muda semakin sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang sama dengan temperatur udara masuk yang berbeda, distribusi temperatur pada *porous media* lebih kecil, sehingga menyebabkan temperatur fluida lebih tinggi.

Sedangkan pada *porous media* dengan temperatur udara masuk 343 K, 353 K, dan 363 K terdapat 3 kontur warna, yaitu biru muda, biru sedikit tua, dan biru tua. Perbedaan distribusi temperatur pada *porous media* terlihat jelas pada luasan masing-masing warna yang berbeda - beda. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang sama dengan temperatur udara masuk yang berbeda, distribusi temperatur pada *porous media* lebih kecil, sehingga menyebabkan temperatur fluida lebih tinggi.

4.2.3 Distribusi Temperatur Tiap Titik

Dalam pembahasan ini, distribusi temperatur dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona 1 pada fluida, zona 2 pada permukaan *porous media*, zona 3 pada daerah tengah *porous media* yang bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pada tiap daerah. Pembagian jarak tiap 20 mm dari inlet searah sumbu x. Pada gambar 4.10 ditunjukkan pembagian zona – zona dan jarak yang dimaksud.

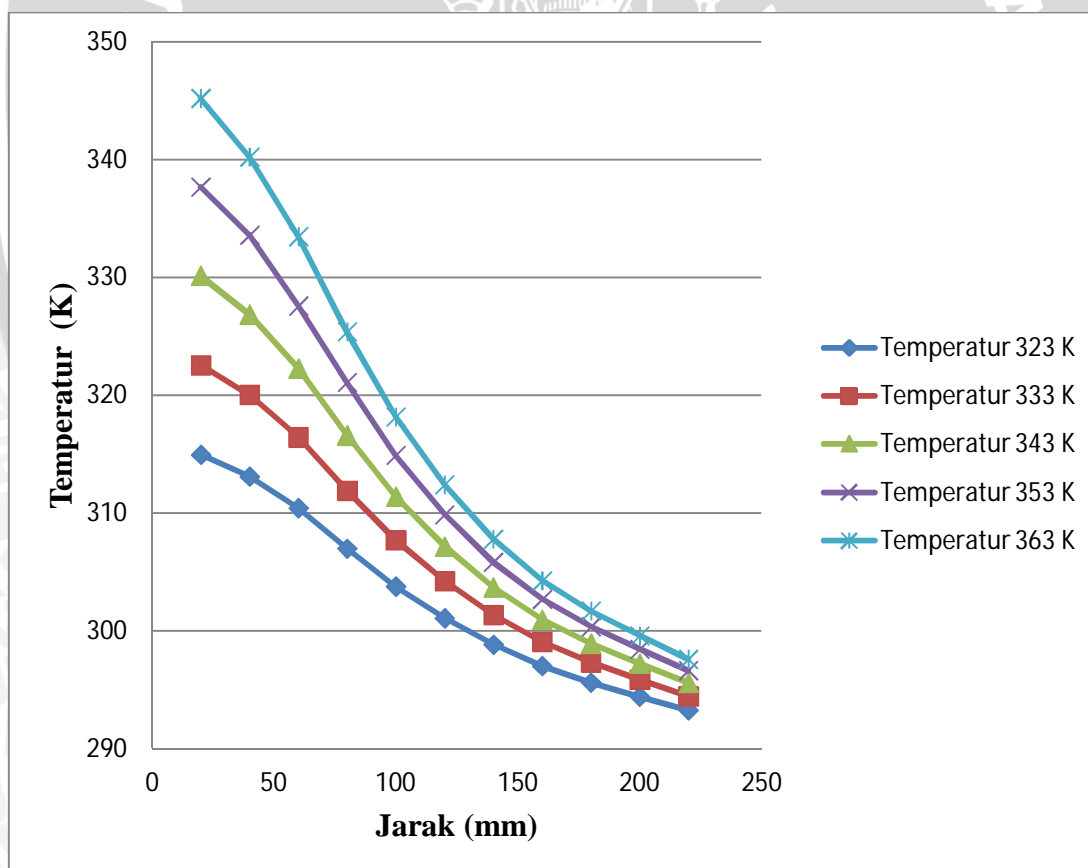


Gambar 4.10 Skema Pembagian Zona dan Pengukuran Jarak

a. Data Hasil Simulasi Zona 1

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi Zona 1

No	Jarak (mm)	Distribusi Temperatur (K) dengan Temperatur Udara Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	314,958	322,565	330,142	337,689	345,203
2	40	313,109	320,037	326,866	333,597	340,227
3	60	310,433	316,439	322,279	327,596	333,469
4	80	306,998	311,906	316,604	321,108	325,411
5	100	303,776	307,703	311,408	314,899	318,184
6	120	301,078	304,223	307,154	309,874	312,400
7	140	298,839	301,36	303,692	305,828	307,790
8	160	297,032	299,081	300,978	302,700	304,278
9	180	295,628	297,337	298,927	300,370	301,696
10	200	294,427	295,863	297,224	298,459	299,604
11	220	293,275	294,459	295,599	296,637	297,605



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi Temperatur pada Zona 1

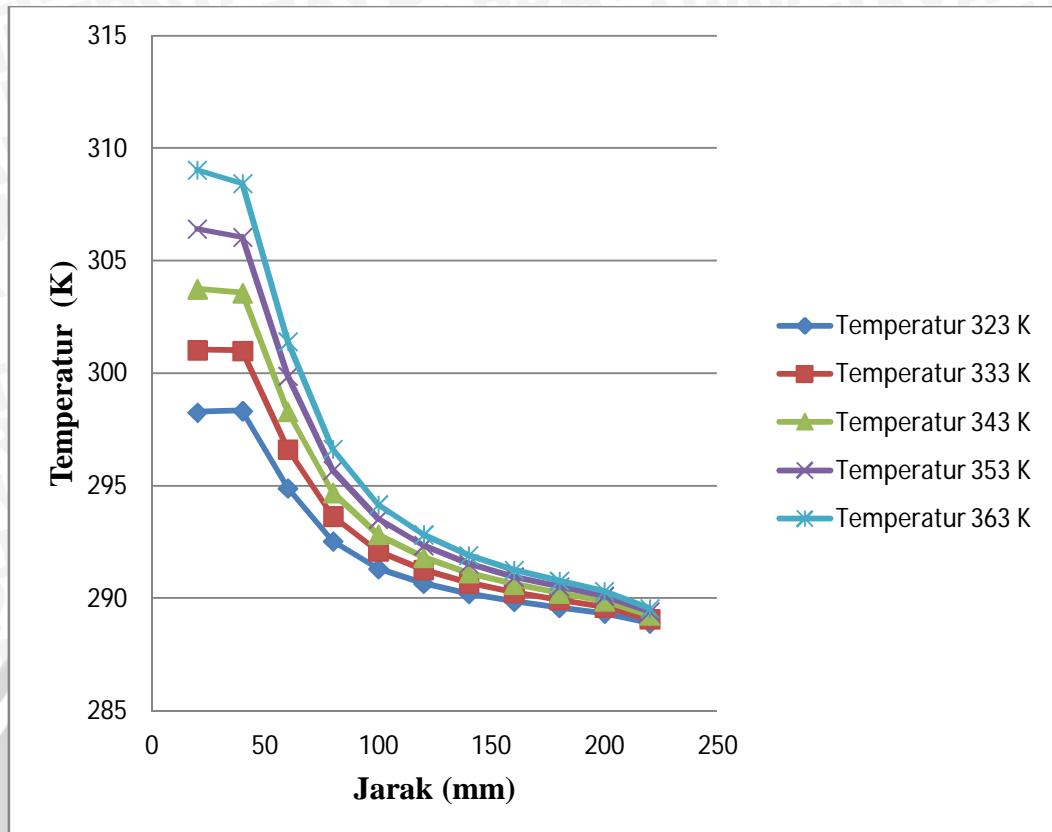
Gambar 4.11 di atas menunjukkan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada zona 1. Zona 1 merupakan zona dimana distribusi

temperatur pada udara masuk dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas, pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperatur juga semakin tinggi. Selain itu, dari gambar 4.11 juga didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran distribusi temperatur dari inlet, maka distribusi temperaturnya cenderung menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka distribusi temperatur semakin rendah. Semakin menurunnya temperatur udara masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh udara (*heat source*). Dari tabel 4.1. di atas dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur udara masuk 363 K, yaitu sebesar 47,598 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur udara masuk 323 K sebesar 21,683 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari udara panas (*heat source*).

b. Data Hasil Simulasi Zona 2

Tabel 4.2 Data Hasil Simulasi Zona 2

No	Jarak (mm)	Distribusi Temperatur (K) dengan Temperatur Udara Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	298,265	301,035	303,754	306,422	309,042
2	40	298,333	301,002	303,574	306,054	308,445
3	60	294,893	296,632	298,296	299,888	301,41
4	80	292,538	293,648	294,699	295,695	296,637
5	100	291,318	292,102	292,838	293,527	294,173
6	120	290,660	291,266	291,830	292,352	292,837
7	140	290,203	290,687	291,135	291,545	291,922
8	160	289,864	290,257	290,626	290,959	291,264
9	180	289,597	289,927	290,236	290,516	290,773
10	200	289,336	289,610	289,870	290,107	290,327
11	220	288,905	289,081	289,250	289,405	289,551



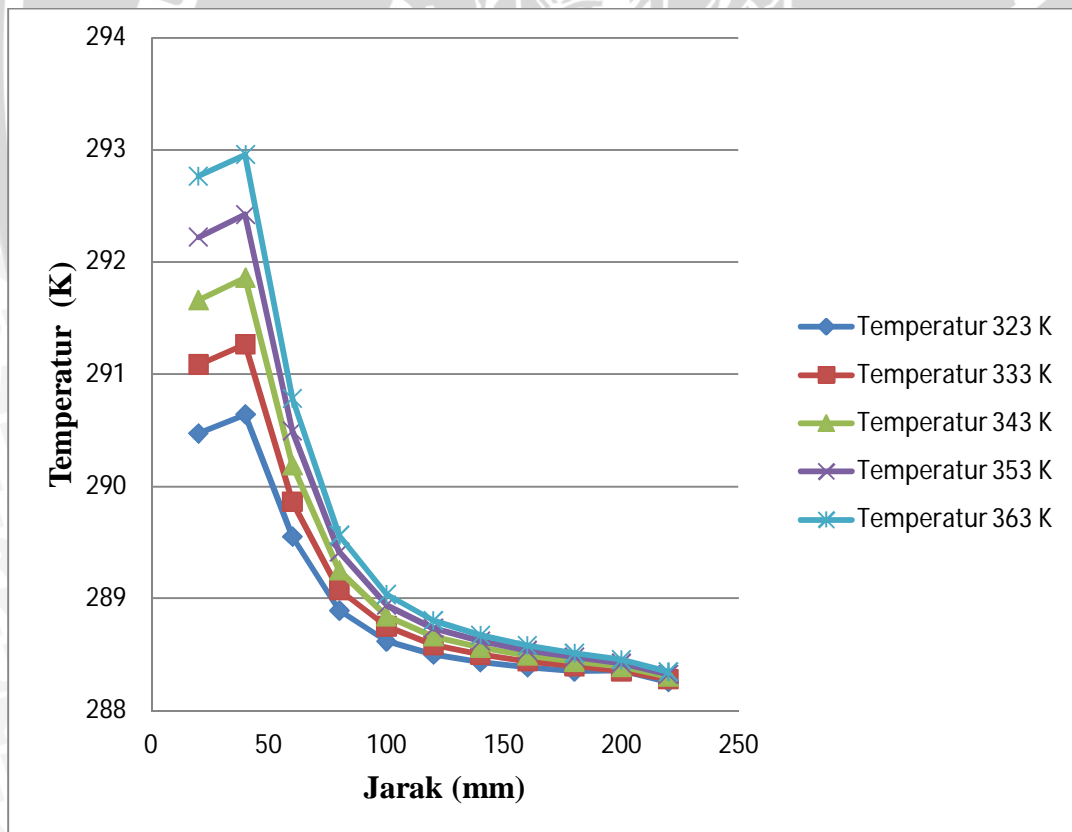
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi Temperatur pada Zona 2

Gambar 4.12 di atas menunjukkan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada zona 2. Zona 2 merupakan zona dimana distribusi temperatur pada permukaan *porous media* dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas, pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperatur juga semakin tinggi. Selain itu, dari gambar 4.12 juga didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran distribusi temperatur dari inlet, maka distribusi temperaturnya cenderung menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka distribusi temperatur semakin rendah. Semakin menurunnya temperatur udara masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh udara (*heat source*). Dari tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur udara masuk 363 K, yaitu sebesar 19,491 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur udara masuk 323 K sebesar 9,36 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari udara panas (*heat source*).

c. Data Hasil Simulasi Zona 3

Tabel 4.3 Data Hasil Simulasi Zona 3

No	Jarak (mm)	Distribusi Temperatur (K) dengan Temperatur Udara Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	290,472	291,087	291,66	292,223	292,766
2	40	290,642	291,269	291,862	292,425	292,959
3	60	289,552	289,864	290,189	290,495	290,784
4	80	288,894	289,078	289,251	289,414	289,566
5	100	288,62	288,753	288,842	288,943	289,036
6	120	288,501	288,586	288,664	288,737	288,804
7	140	288,432	288,502	288,564	288,621	288,673
8	160	288,387	288,442	288,493	288,539	288,582
9	180	288,351	288,397	288,440	288,479	288,515
10	200	288,361	288,354	288,391	288,424	288,454
11	220	288,257	288,281	288,305	288,326	288,346



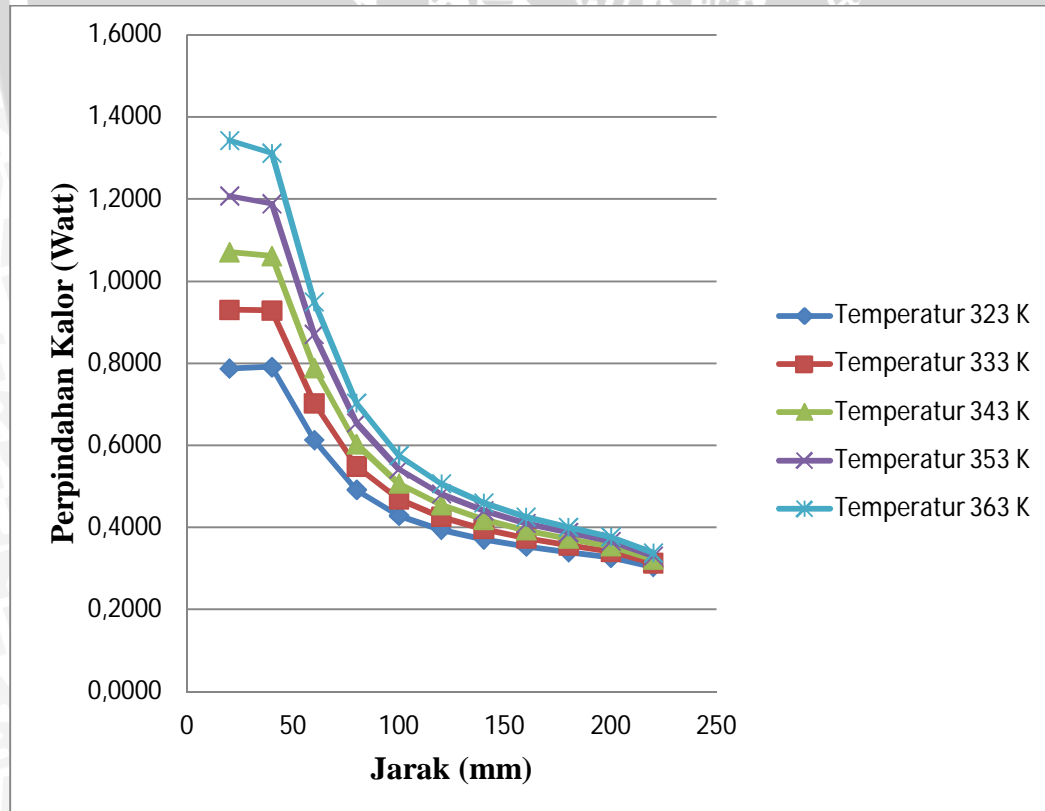
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi Temperatur pada Zona 3

Gambar 4.13 di atas menunjukkan hubungan antara temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada zona 3. Zona 3 merupakan zona dimana distribusi

temperatur pada *porous media* dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas, pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperatur juga semakin tinggi. Dari gambar 4.13 juga didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran distribusi temperatur dari inlet, maka distribusi temperturnya cenderung menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka distribusi temperatur semakin rendah. Semakin menurunnya temperatur udara masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh udara (*heat source*). Dari tabel 4.1. di atas dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur udara masuk 363 K, yaitu sebesar 47,598 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur udara masuk 323 K sebesar 21,683 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari udara panas (*heat source*).

4.3 Distribusi Perpindahan Panas pada *Porous Media*

Dalam pembahasan ini, distribusi distribusi perpindahan panas yang ingin diketahui, yaitu distribusi perpindahan panas antara permukaan *porous media* dengan plat bawah. Pada gambar 4.14 ditunjukkan distribusi perpindahan panas tersebut.



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi Perpindahan Panas pada *Porous Media*

Gambar 4.14 menunjukkan grafik hubungan antara jarak terhadap distribusi perpindahan panas pada *porous media* dengan variasi temperatur udara masuk. Besarnya distribusi perpindahan panas yang ingin diketahui adalah antara permukaan *porous media* dengan pelat bawah. Dari keseluruhan Gambar 4.14 didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran distribusi perpindahan panas dari inlet, maka distribusi perpindahan panasnya cenderung menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka distribusi perpindahan panas semakin rendah. Semakin menurunnya perpindahan panas dari udara masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh udara (*heat source*). Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa pada jarak terakhir, besarnya perpindahan panas yang dihasilkan di *porous media* hampir sama walaupun dengan besarnya temperatur udara masuk yang berbeda. Sehingga dapat diketahui bahwa beda perpindahan panas terbesar adalah pada temperatur udara masuk 363 K dan beda perpindahan panas terendah yaitu dengan temperatur udara masuk 323 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari udara panas (*heat source*).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media* sebagai berikut :

- Pengaruh temperatur udara masuk terhadap distribusi temperatur pada *porous media* adalah semakin tinggi temperatur udara masuk, maka distribusi temperatur pada *porous media* lebih besar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan :

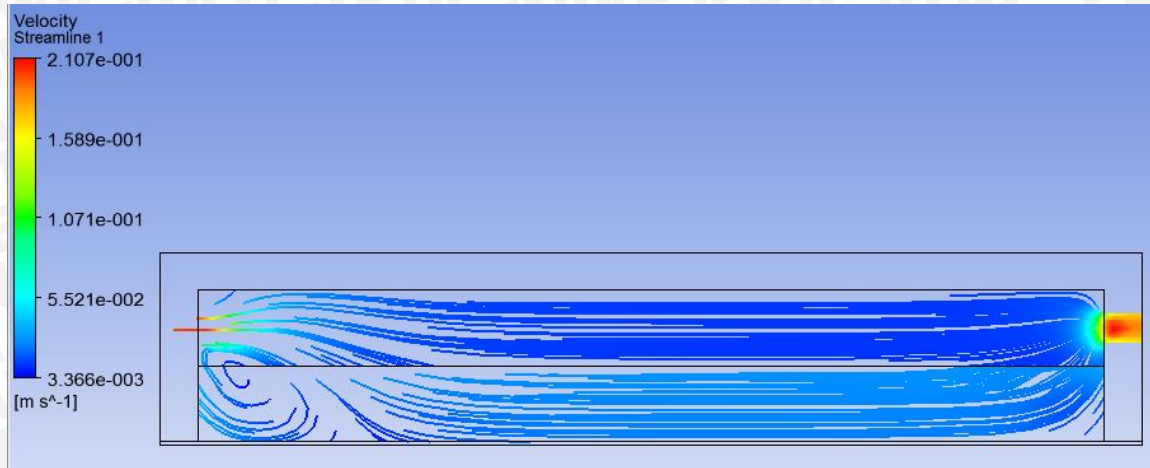
1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan penambahan alat *flow conditioner*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi porositas.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai simulasi perpindahan panas pada *porous media*.

DAFTAR PUSTAKA

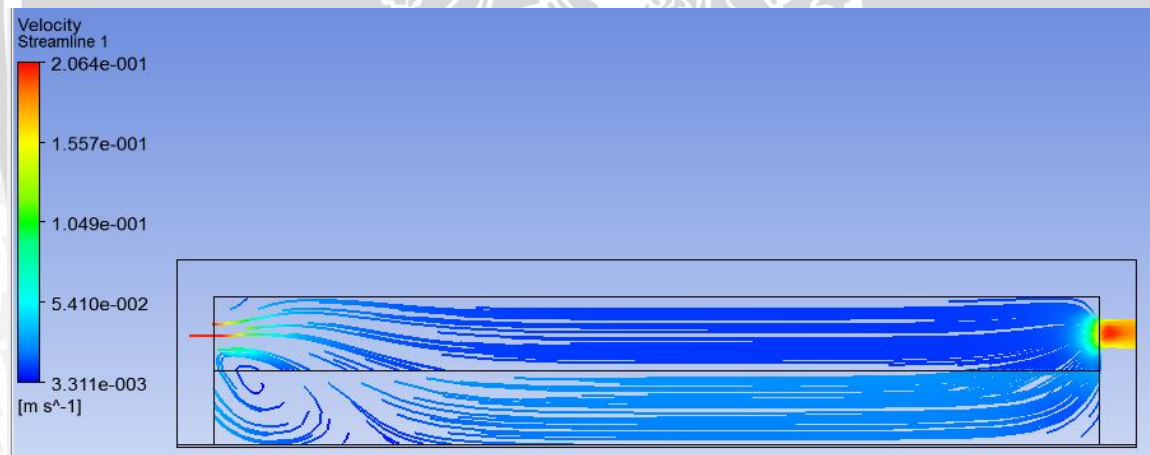
- Asako, Yutaka ; 2001 : *Effective Thermal Conductivity of Compressed Woods* : Department of Mechanical Engineering, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo. Japan.
- Cengel, Yunus A. 1998. *Heat Transfer Practical Approach*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- Holman, J.P. 1993. *Perpindahan Kalor, Edisi 6, terjemah Ir. E. Jafisi, Msc*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- James K, Welty dan Charles E Wich. 1983. *Fundamental of Momentum, Heat and Mass Transfer*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- Kreith, Frank. 1997. *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*, terjemahan A. Priyono. Bandung : Erlangga
- Oousthuizen, Patrick H. 1999. *Heat and Mass Transfer*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- Siswanto, Eko. 2011. *Dynamics of Condensate Migration in Porous Media under Ambient Treatment*
- Siswanto, Eko. 2013. *Fluks Termal dalam Porous Media saat Mengkondensasi Uap*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 Tahun 2013 35-42

LAMPIRAN 1

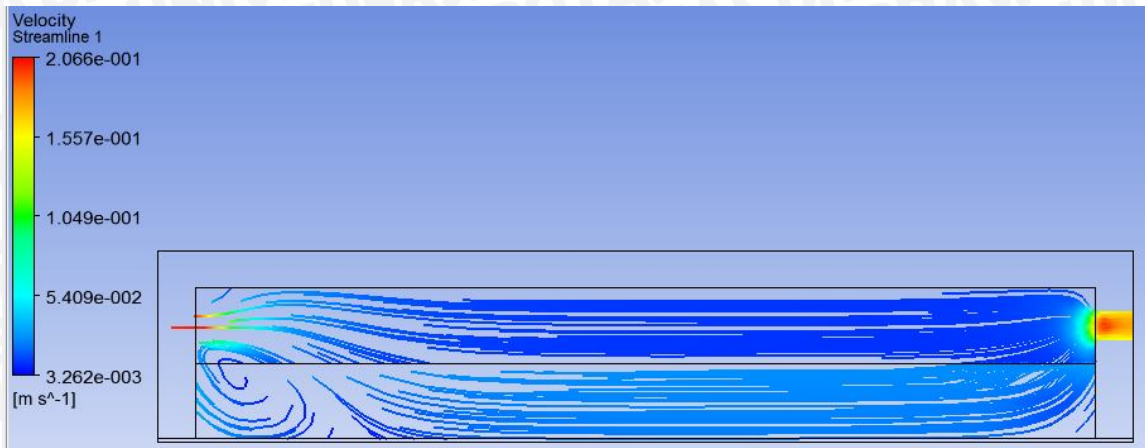
a. Kontur Kecepatan Aliran pada *Porous Media* dengan Temperatur Udara Masuk 333 K



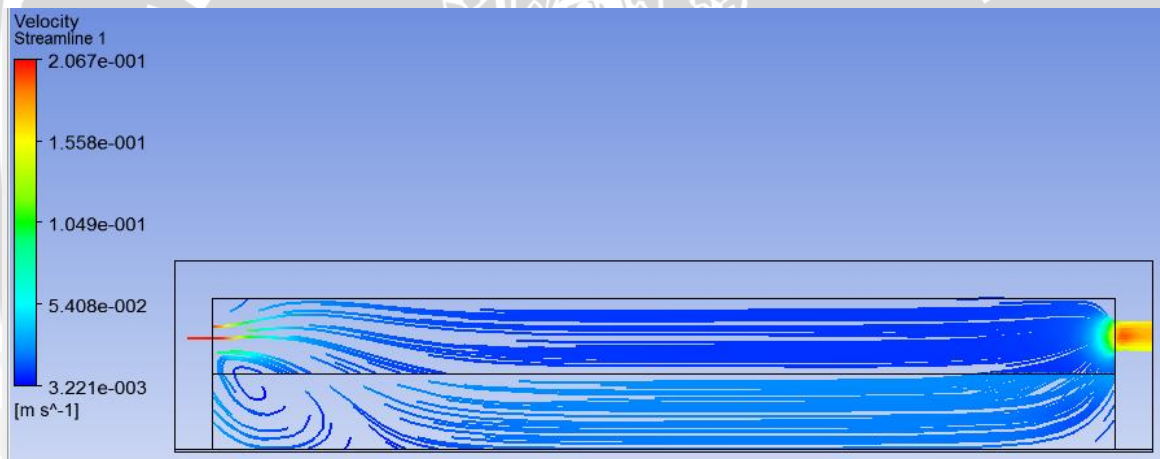
b. Kontur Kecepatan Aliran pada *Porous Media* dengan Temperatur Udara Masuk 333 K



c. Kontur Kecepatan Aliran pada *Porous Media* dengan Temperatur Udara Masuk 333 K



d. Kontur Kecepatan Aliran pada *Porous Media* dengan Temperatur Udara Masuk 333 K

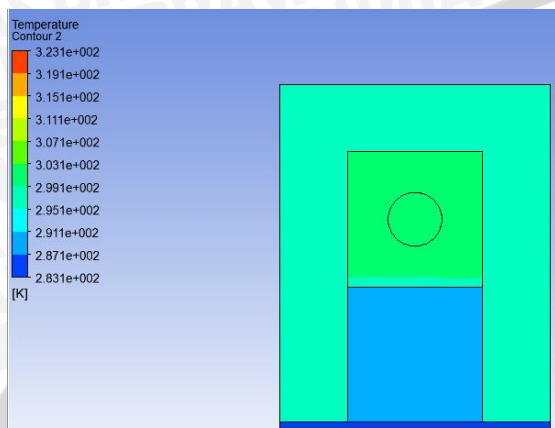


LAMPIRAN 2

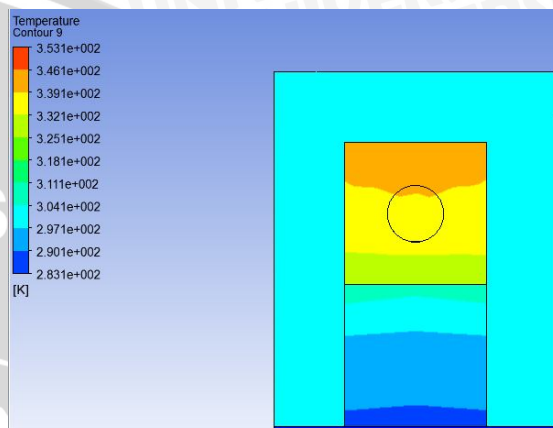
Kontur Penampang Melintang Tiap Jarak

Jarak 20 mm

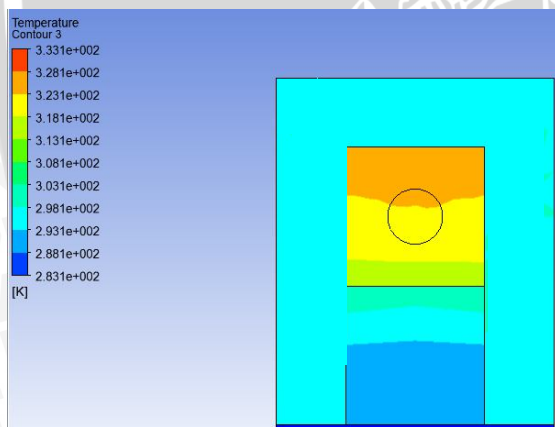
Temperatur Udara Masuk 323 K



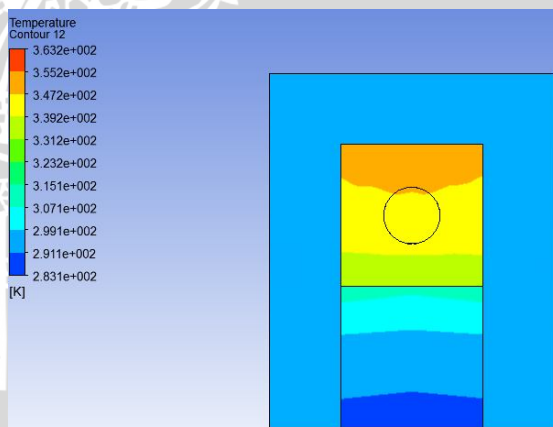
Temperatur Udara Masuk 353 K



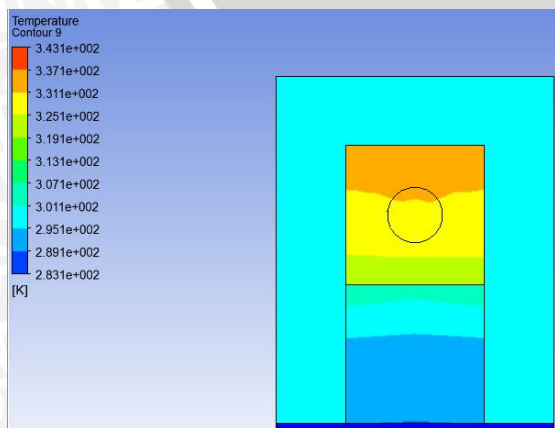
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

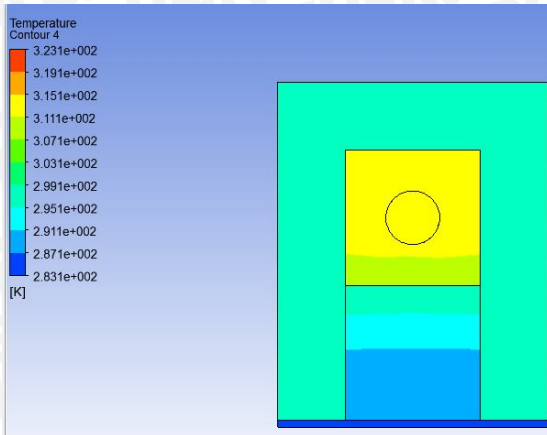


Temperatur Udara Masuk 343 K

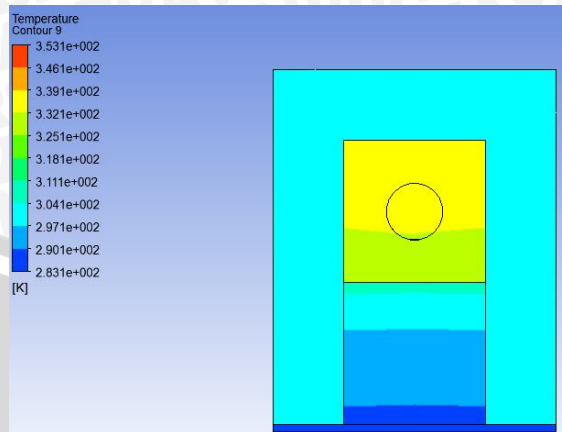


Jarak 40 mm

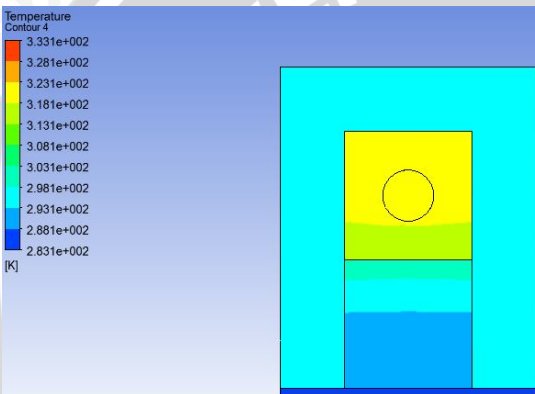
Temperatur Udara Masuk 323 K



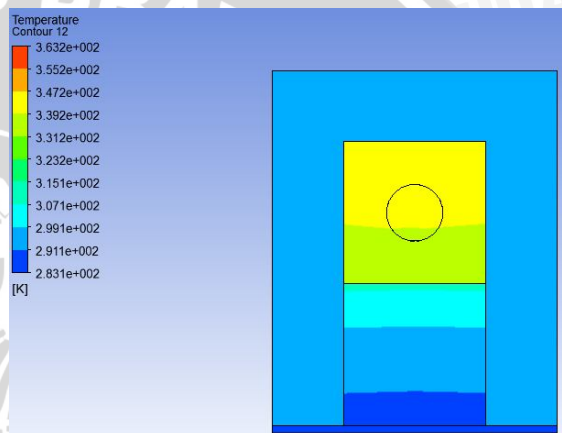
Temperatur Udara Masuk 353 K



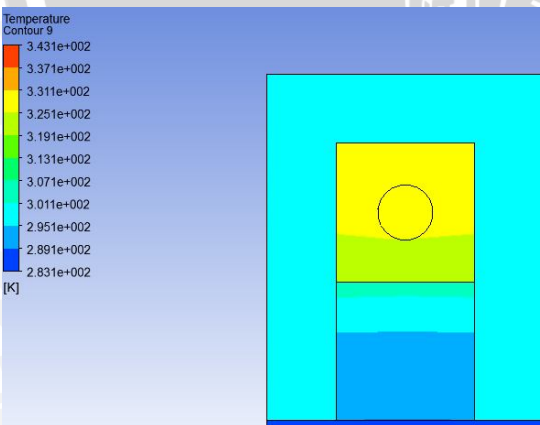
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

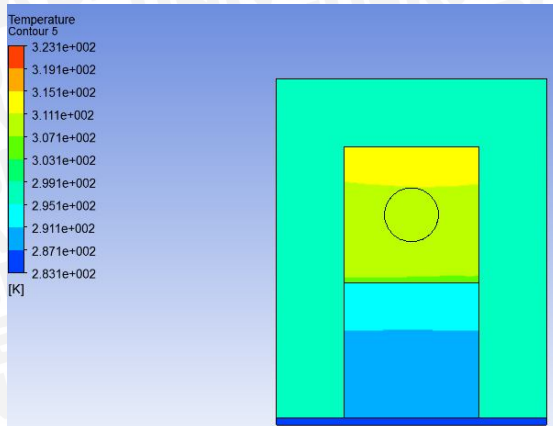


Temperatur Udara Masuk 343 K

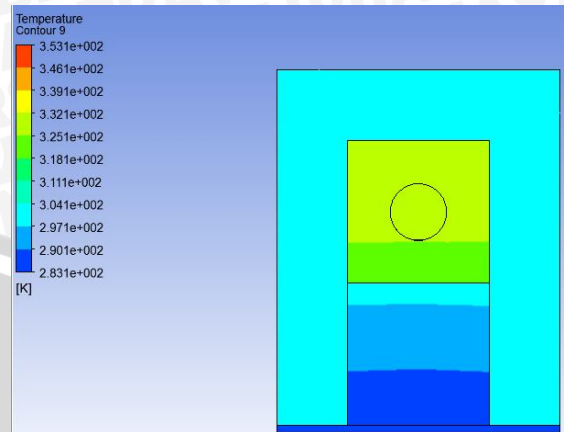


Jarak 60 mm

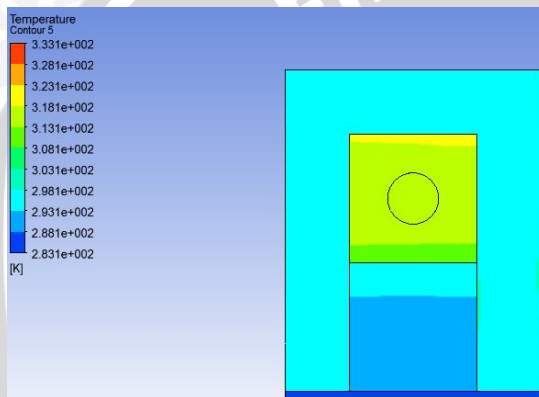
Temperatur Udara Masuk 323 K



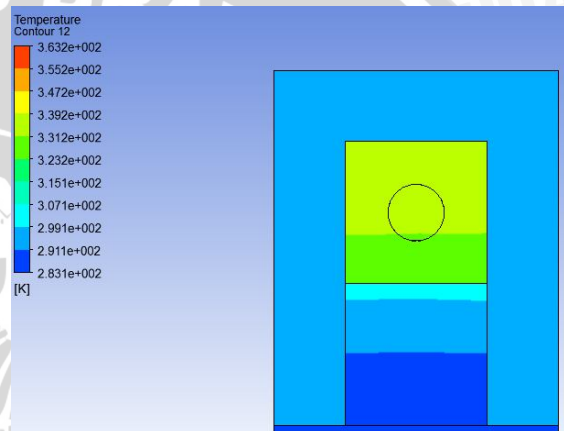
Temperatur Udara Masuk 353 K



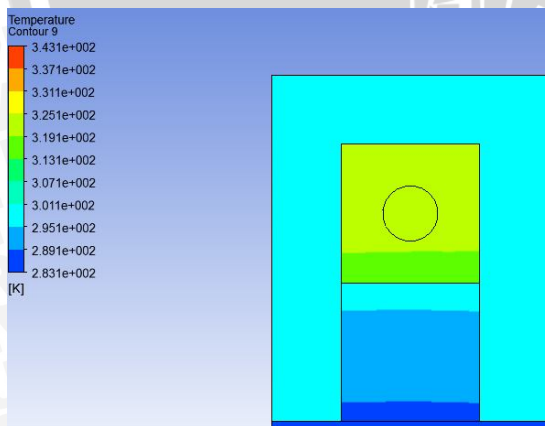
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

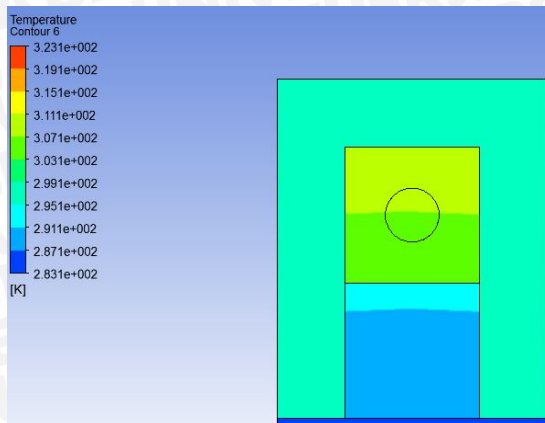


Temperatur Udara Masuk 343 K

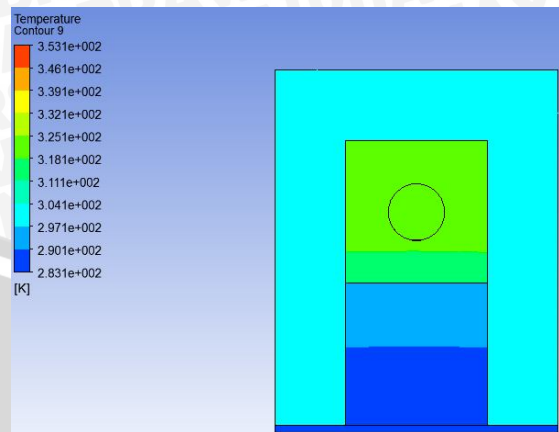


Jarak 80 mm

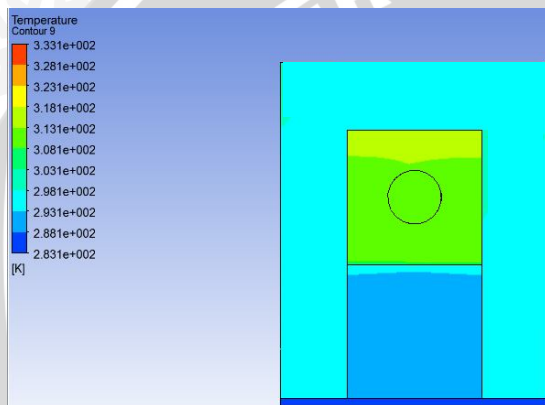
Temperatur Udara Masuk 323 K



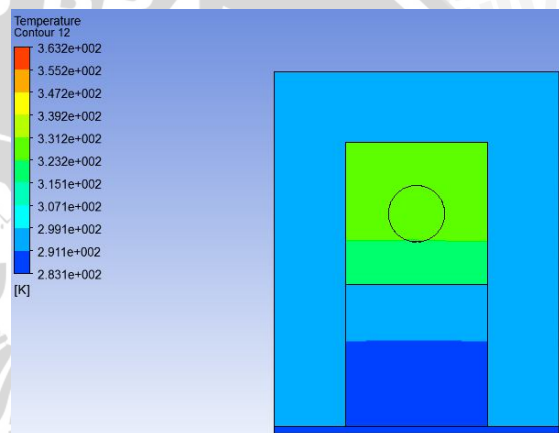
Temperatur Udara Masuk 353 K



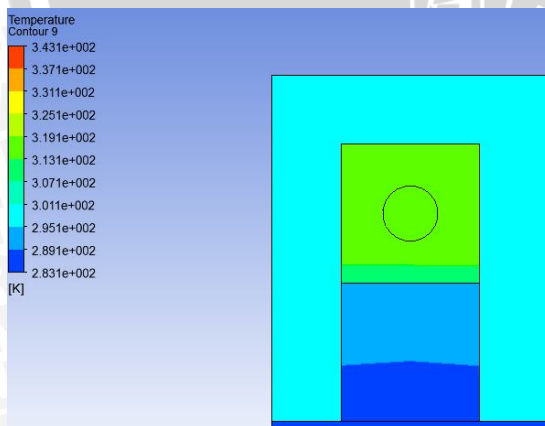
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

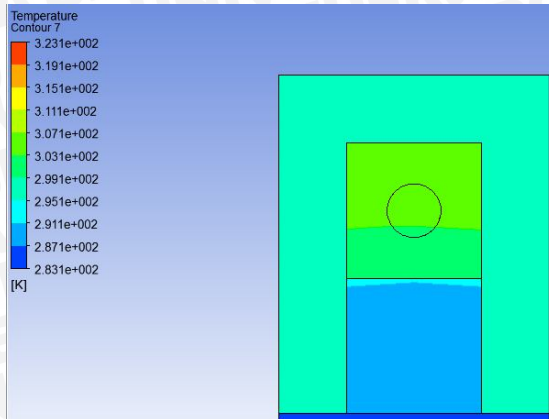


Temperatur Udara Masuk 343 K

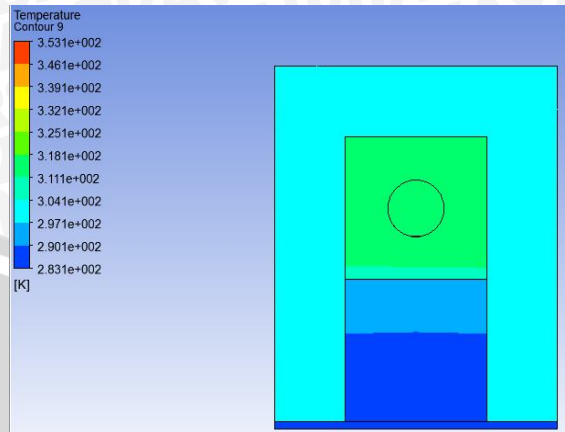


Jarak 100 mm

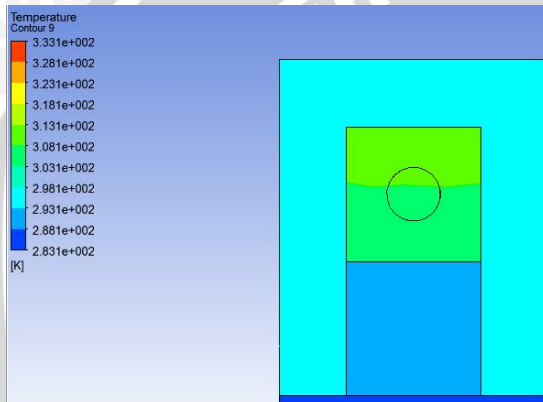
Temperatur Udara Masuk 323 K



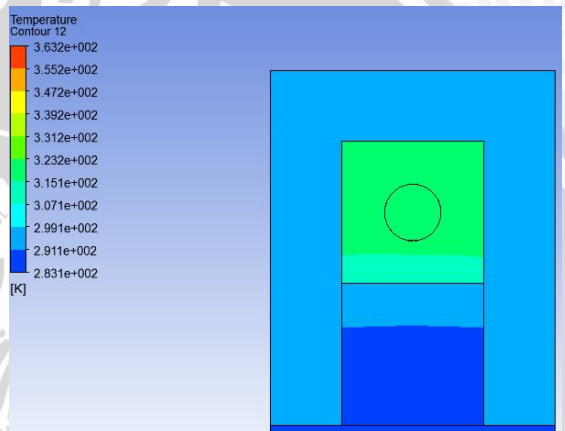
Temperatur Udara Masuk 353 K



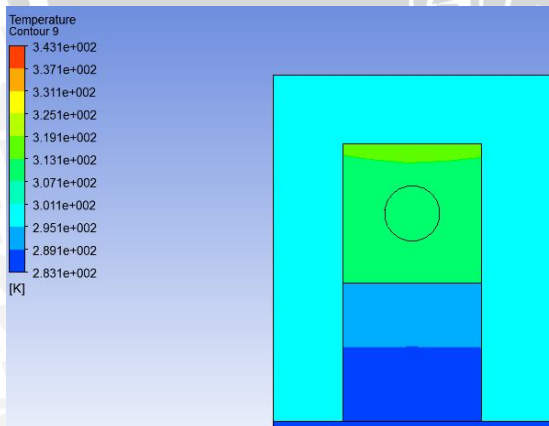
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

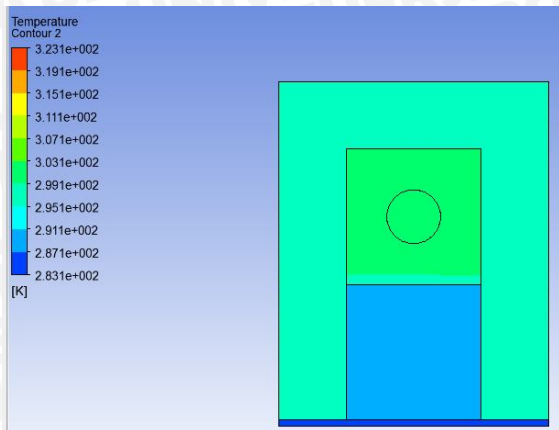


Temperatur Udara Masuk 343 K

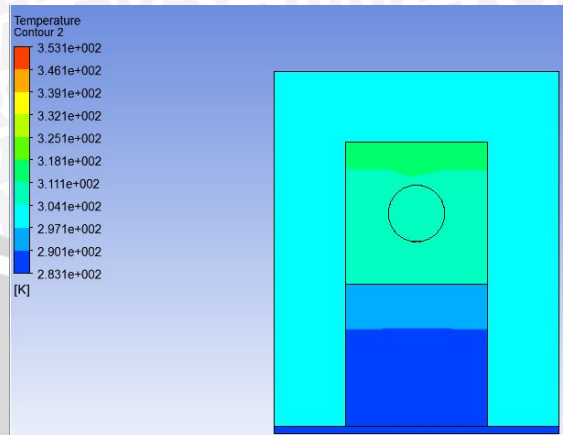


Jarak 120 mm

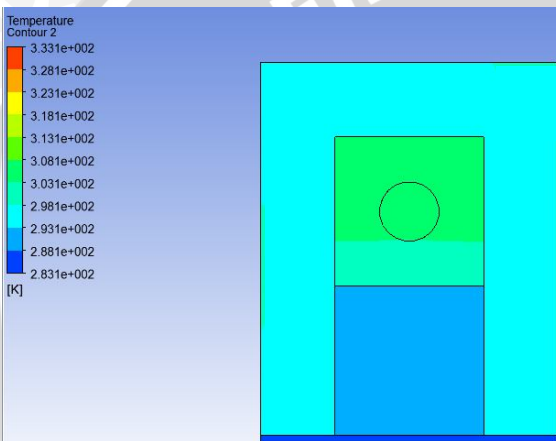
Temperatur Udara Masuk 323 K



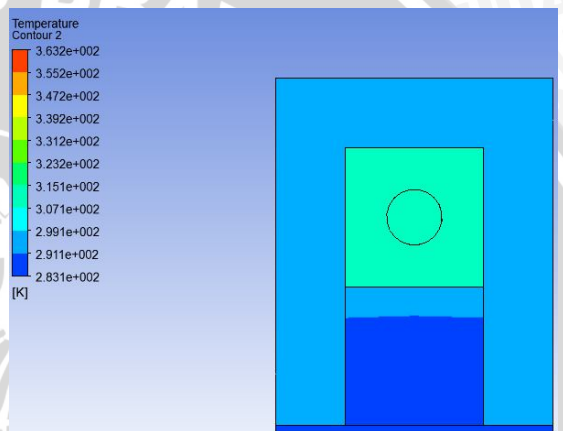
Temperatur Udara Masuk 353 K



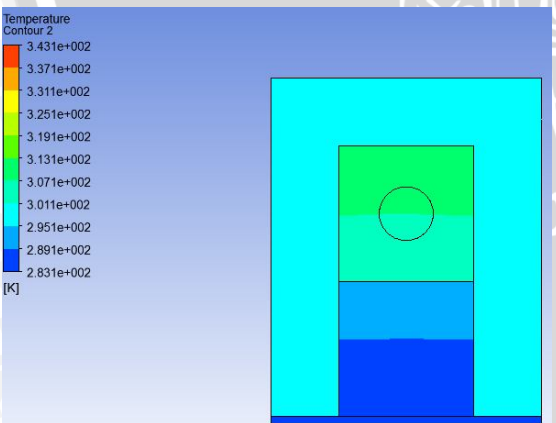
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

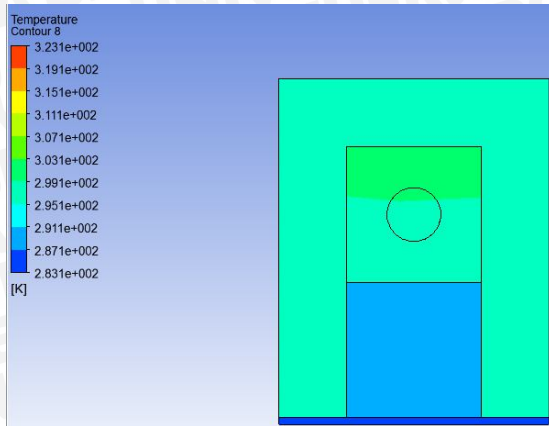


Temperatur Udara Masuk 343 K

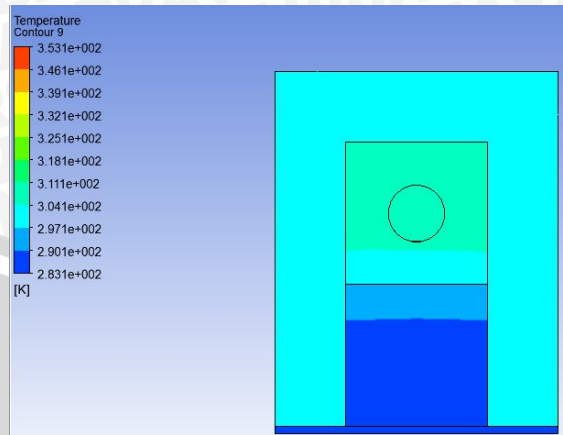


Jarak 140 mm

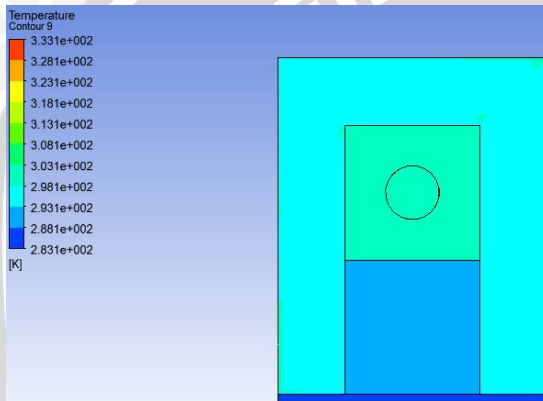
Temperatur Udara Masuk 323 K



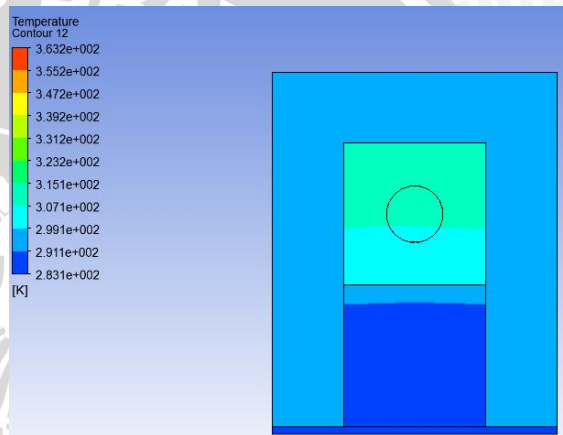
Temperatur Udara Masuk 353 K



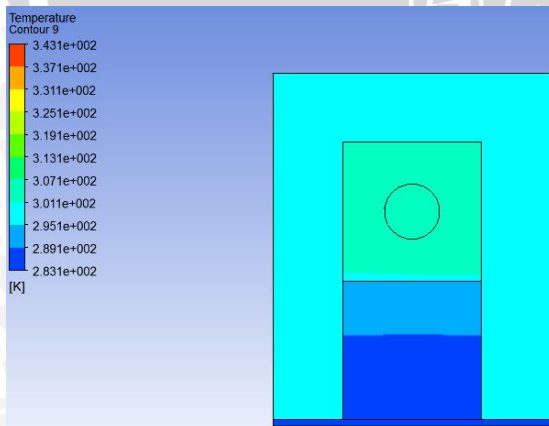
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

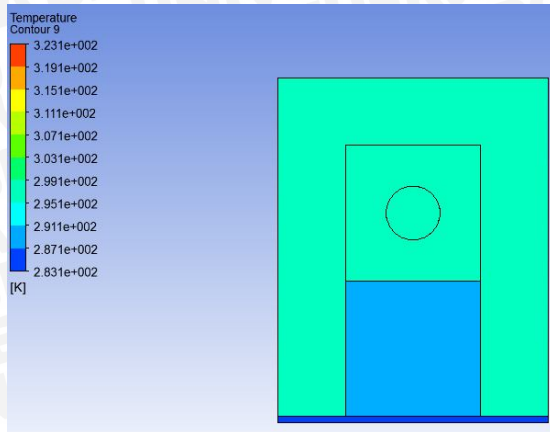


Temperatur Udara Masuk 343 K

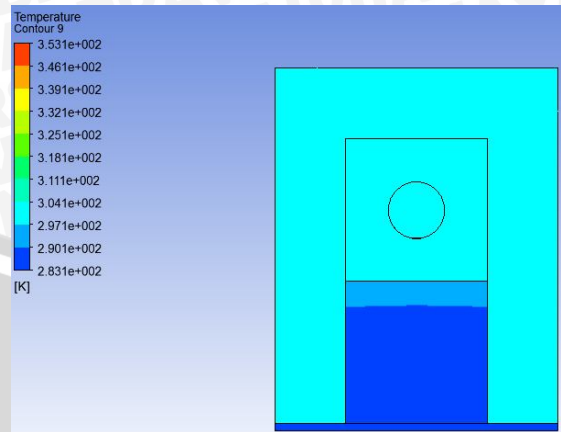


Jarak 160 mm

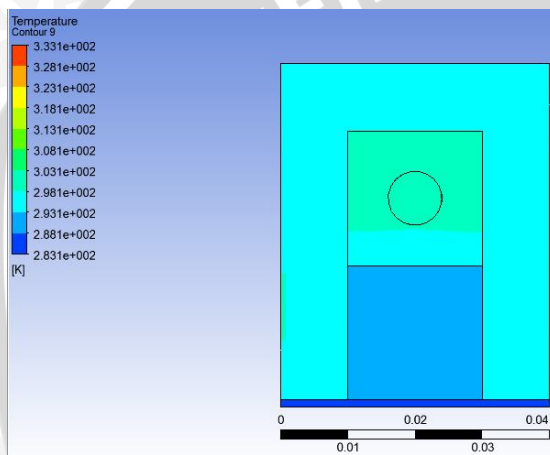
Temperatur Udara Masuk 323 K



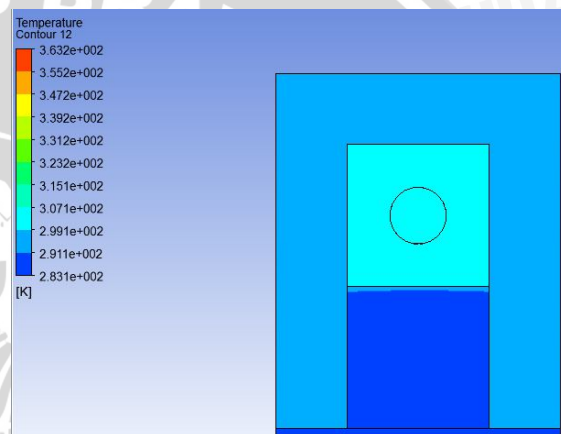
Temperatur Udara Masuk 353 K



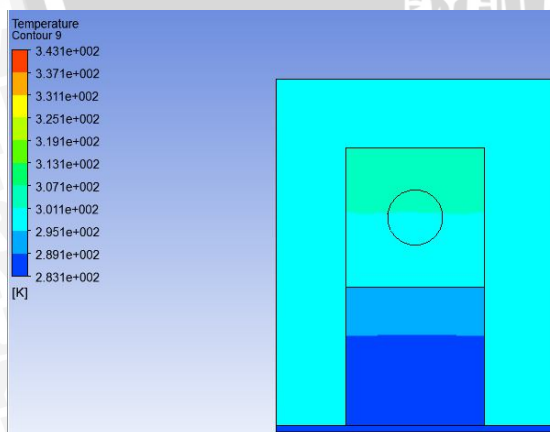
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

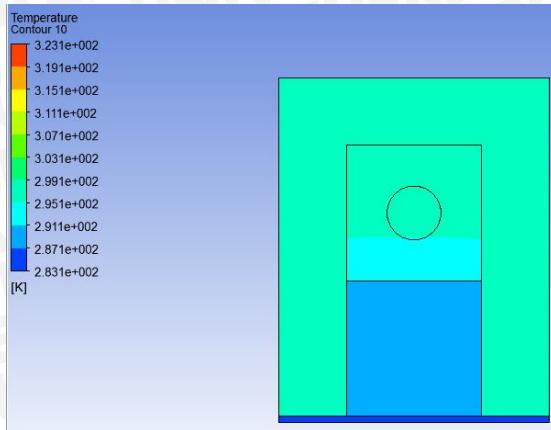


Temperatur Udara Masuk 343 K

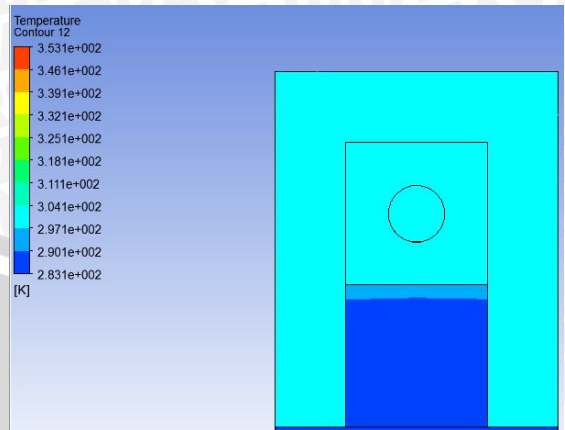


Jarak 180 mm

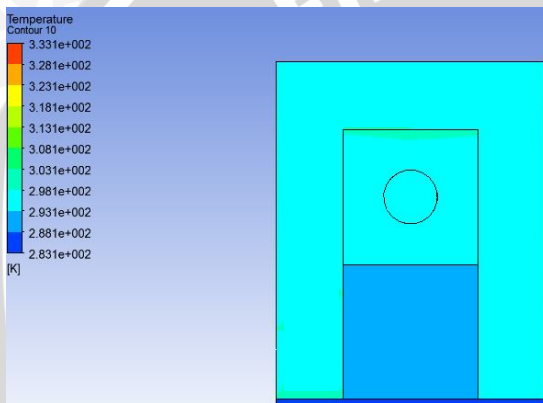
Temperatur Udara Masuk 323 K



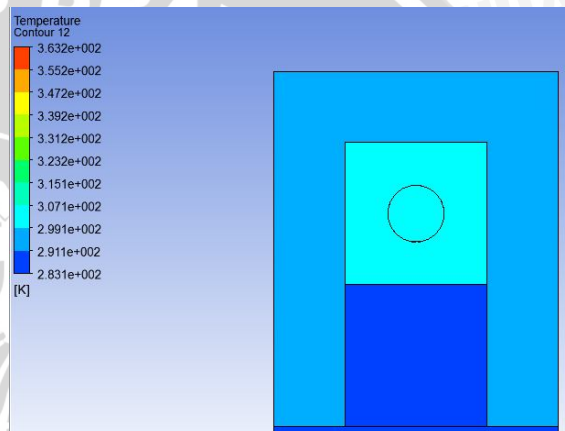
Temperatur Udara Masuk 353 K



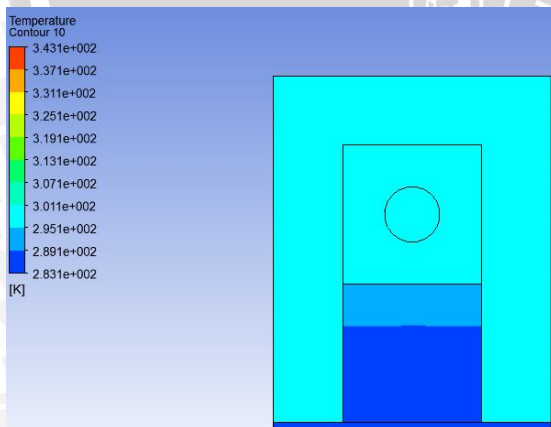
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

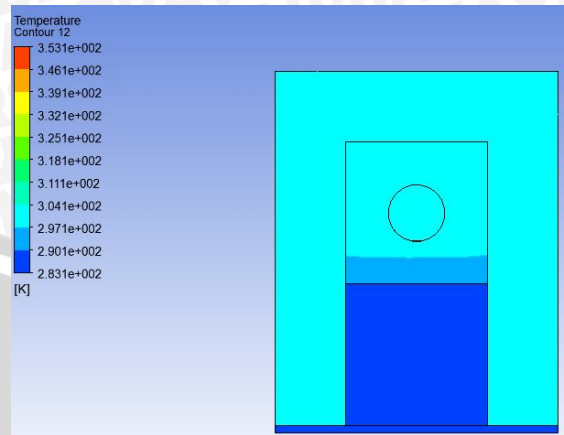
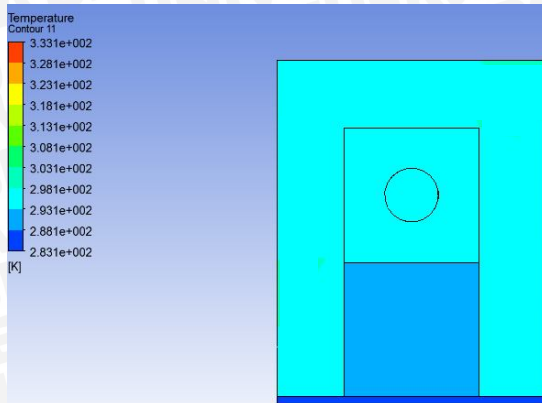


Temperatur Udara Masuk 343 K

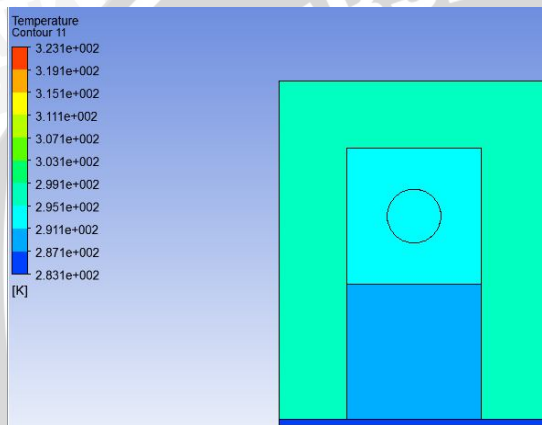


Jarak 200 mm

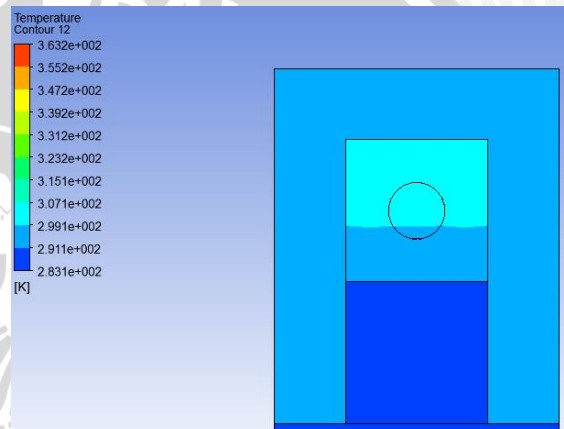
Temperatur Udara Masuk 323 K



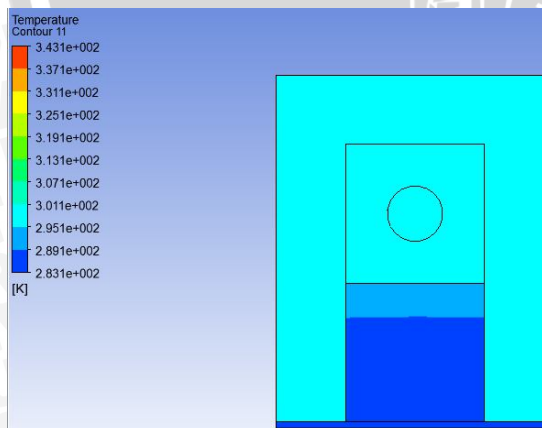
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K



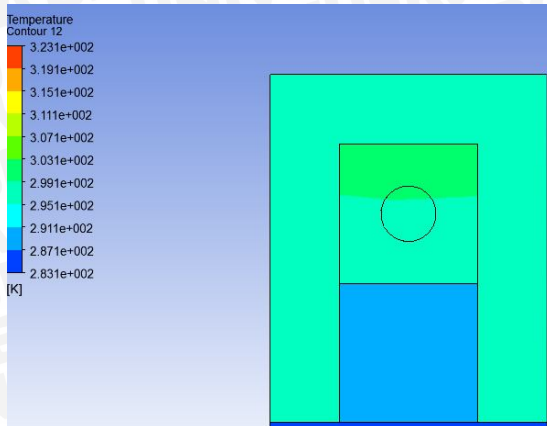
Temperatur Udara Masuk 343 K



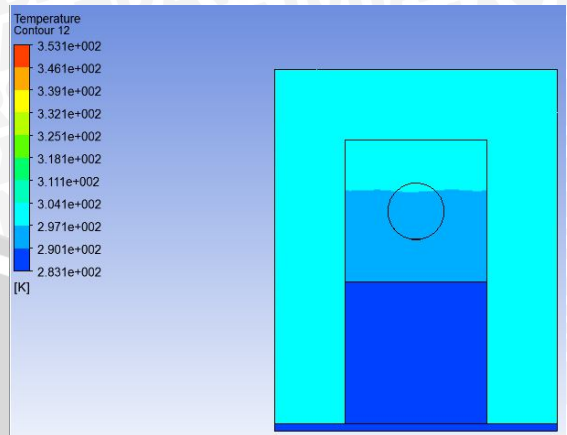
Temperatur Udara Masuk 353 K

Jarak 220 mm

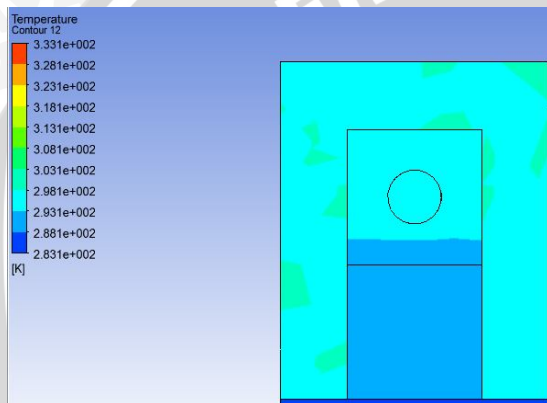
Temperatur Udara Masuk 323 K



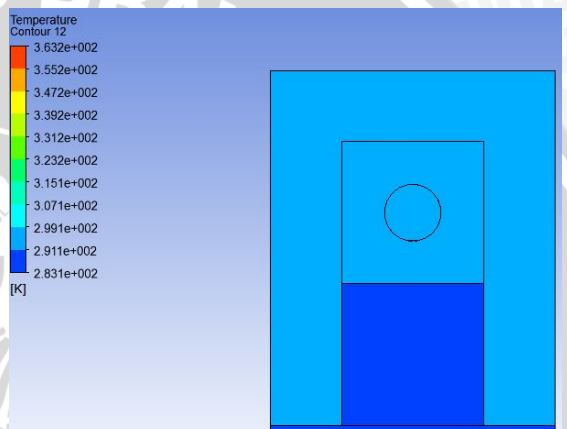
Temperatur Udara Masuk 353 K



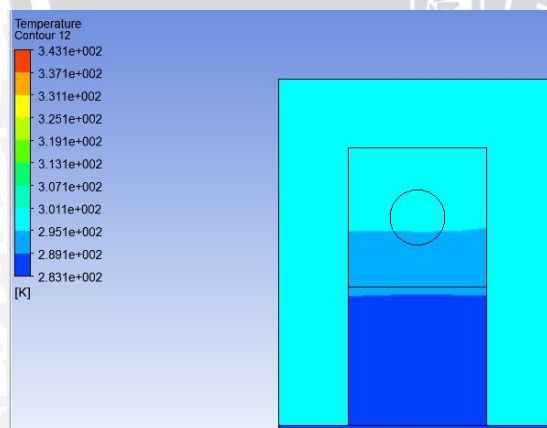
Temperatur Udara Masuk 333 K



Temperatur Udara Masuk 363 K

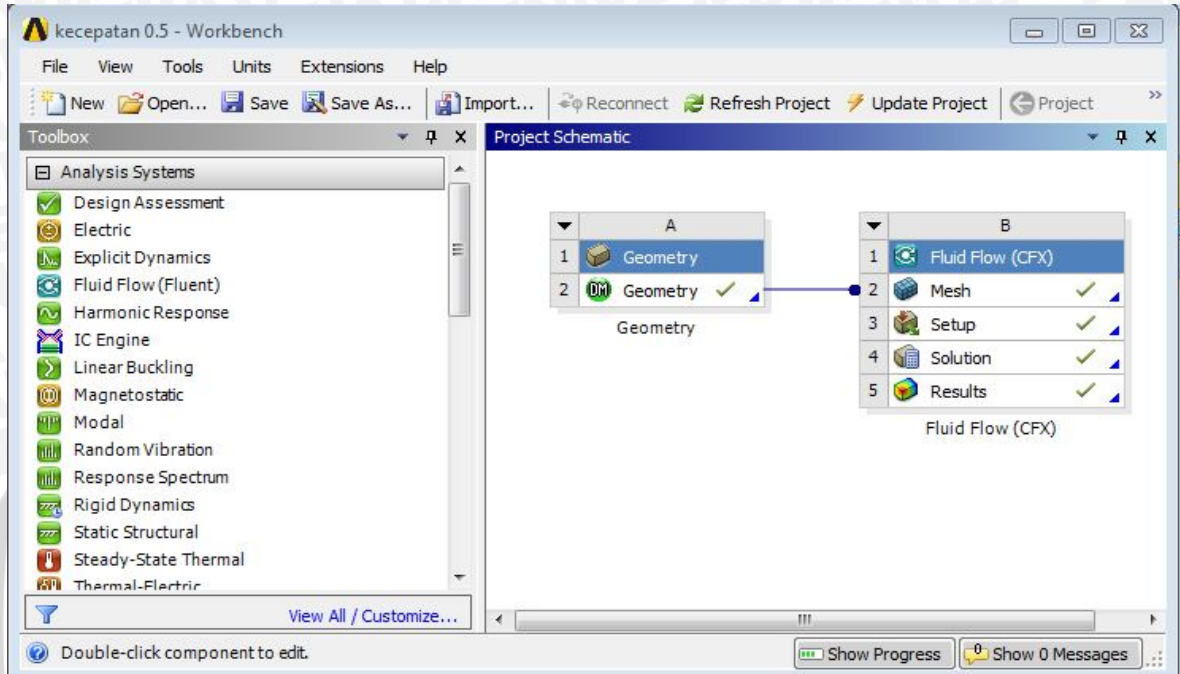


Temperatur Udara Masuk 343 K



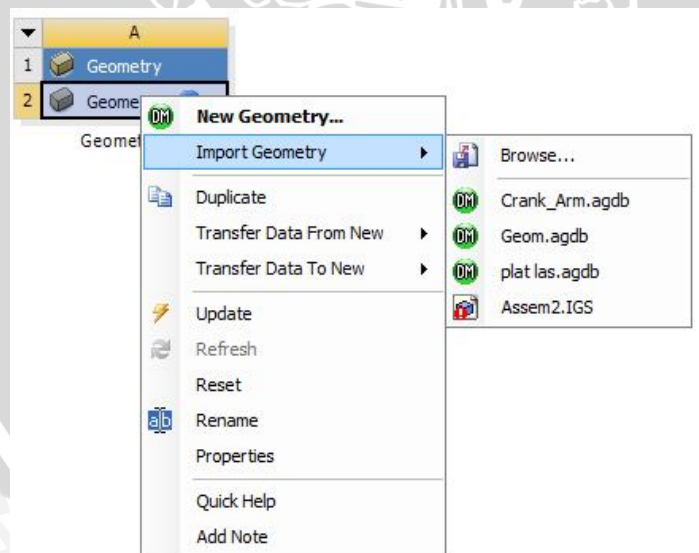
LAMPIRAN 3 TUTORIAL ANSYS 14.5

Pada fitur Ansys 14,5 pilih geometri dan CFX pada toolbox.

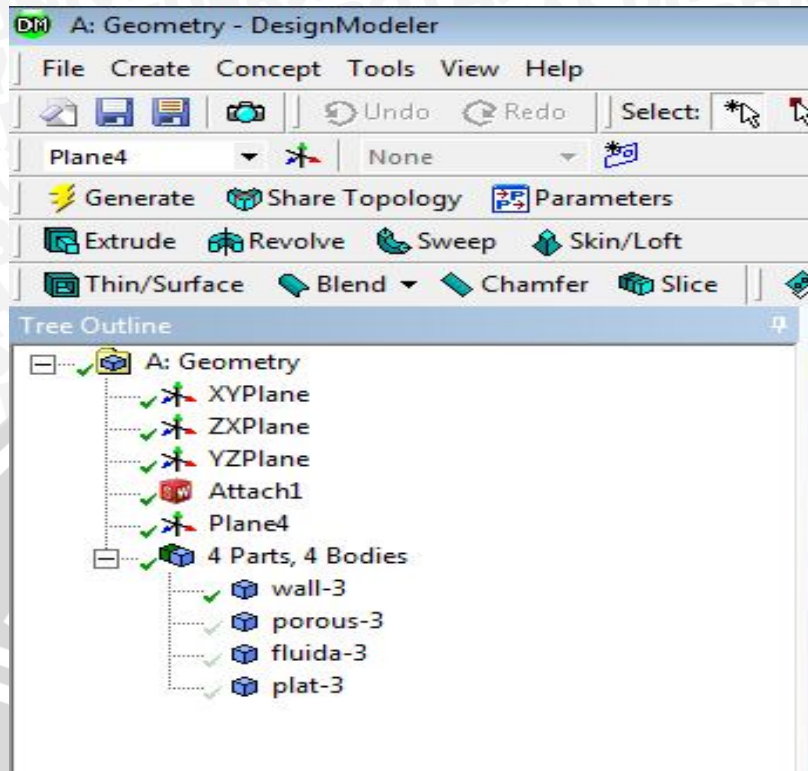


Klik kanan pada geometri sehingga akan muncul tampilan seperti berikut

Pilih import geometri dan browse dan pilih file yang tersimpan pada drive hardisc.

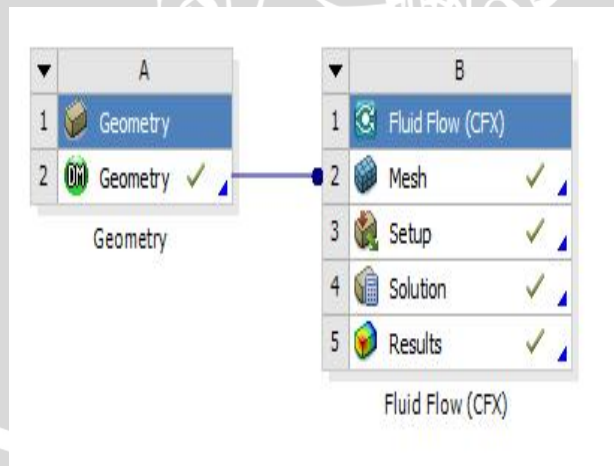


Double klik pada generate untuk mrnggunggh file gambar pada ansys 14,5
Berilah nama pada parts yang ada pada geometri sesuai dengan porous media chamber.

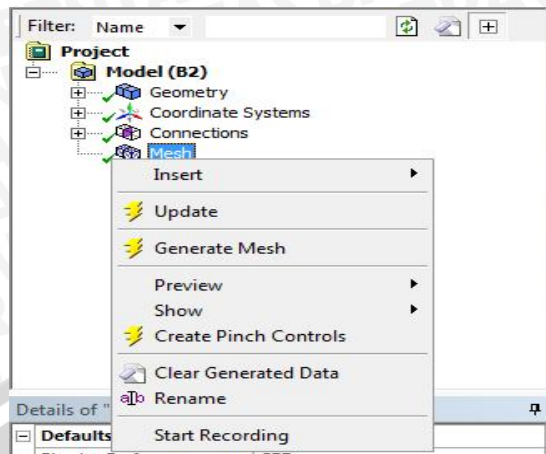


Drag dari geometri ke mash pada project schematic.

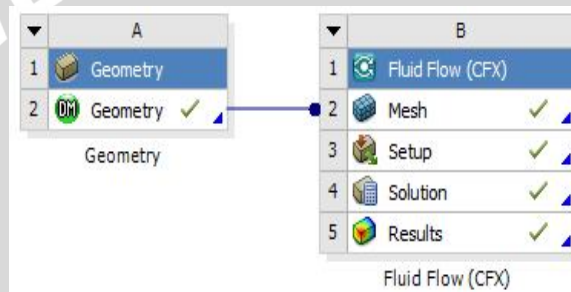
Double klik pada mash.



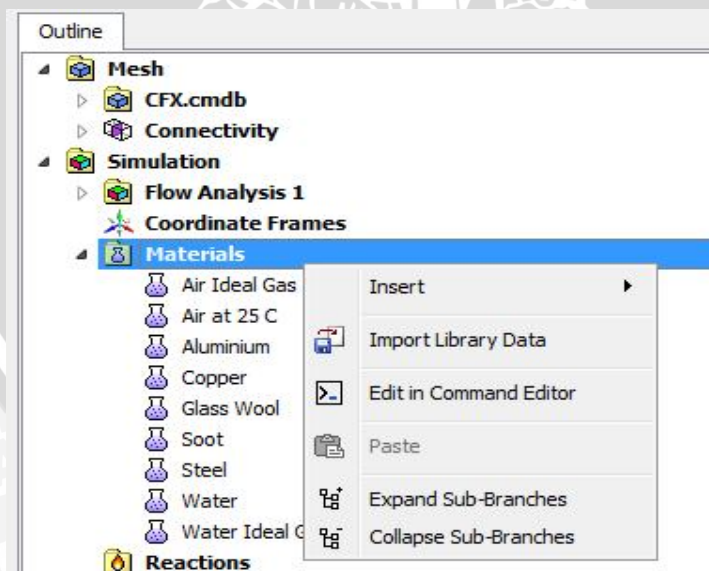
Klik kanan pada mesh setelah itu pilih Generate Mesh



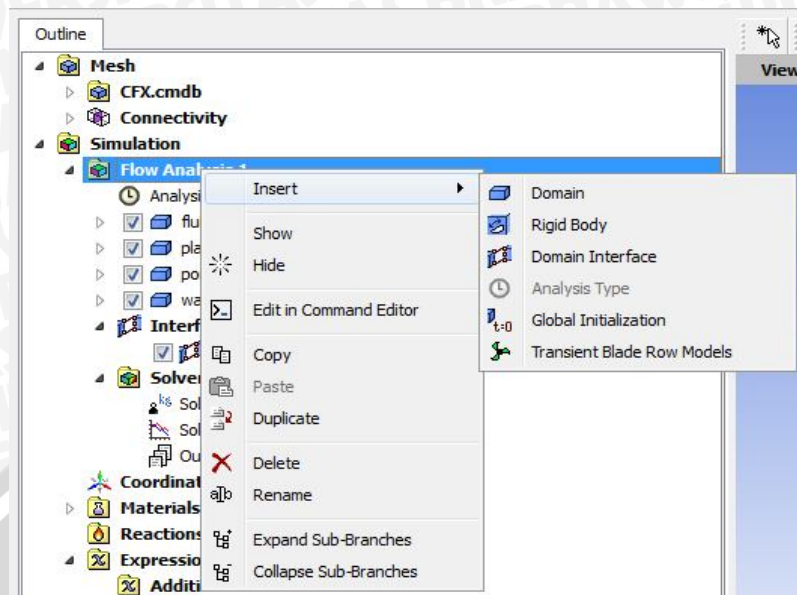
Setelah itu klik kanan pada setup dan pilih edit



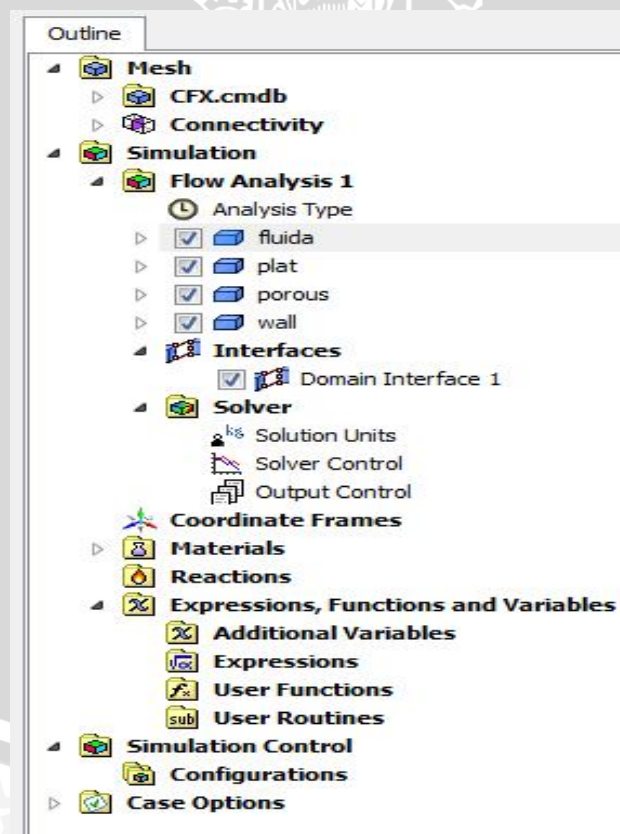
Klik kanan pada material setelah itu pilih import library data. (Pemilihan material yang digunakan pada simulasi)



Klik kanan pada *Flow Analysis* sorot *Insert* Lalu pilih *Domain*

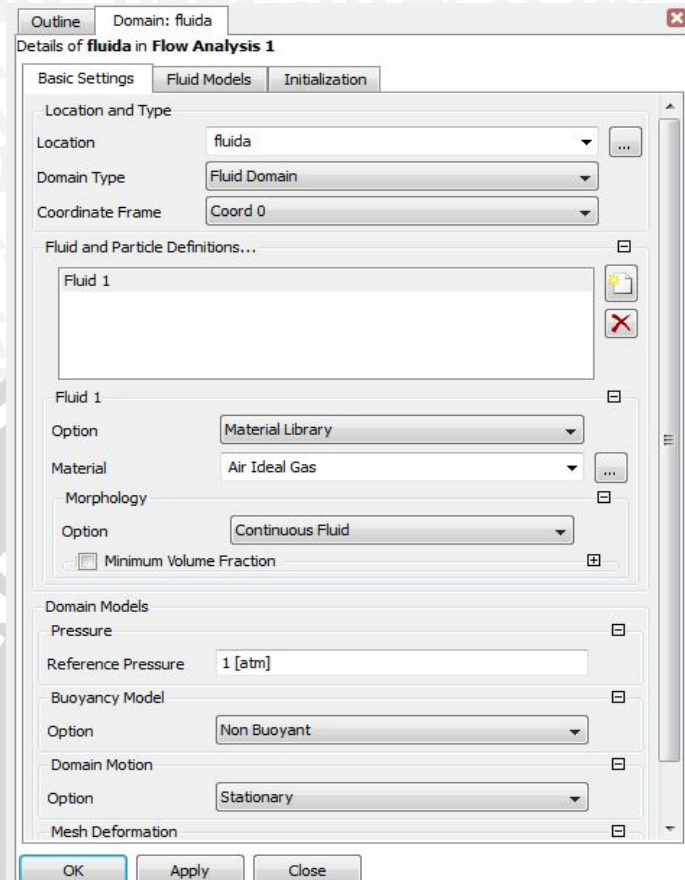


Pada kotak dialog *Domain* isikan fluida, sehingga akan muncul tampilan di bawah ini. Ulangi langkah tersebut dan isikan plat, porous, dan wall pada kotak dialog

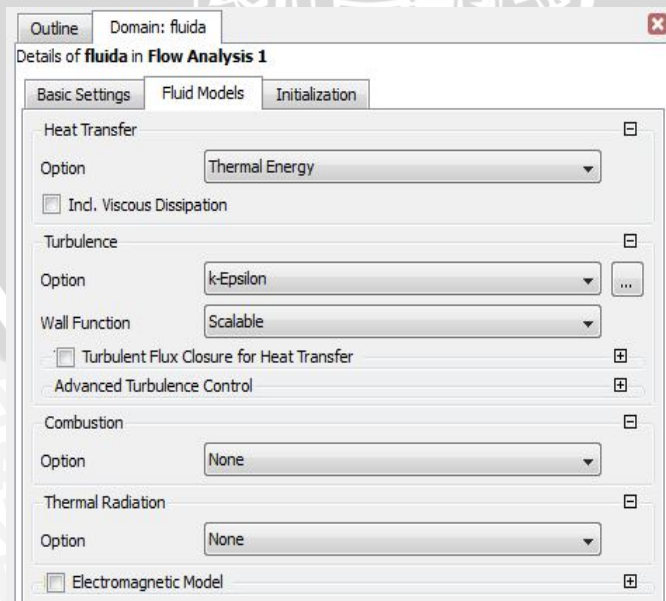


Setelah itu klik kanan pada tulisan *fluida*, sehingga akan muncul tampilan seperti di bawah ini.

Isi kotak dialog di bawah ini sesuai kondisi batas (*boundary condition*) yang diinginkan. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



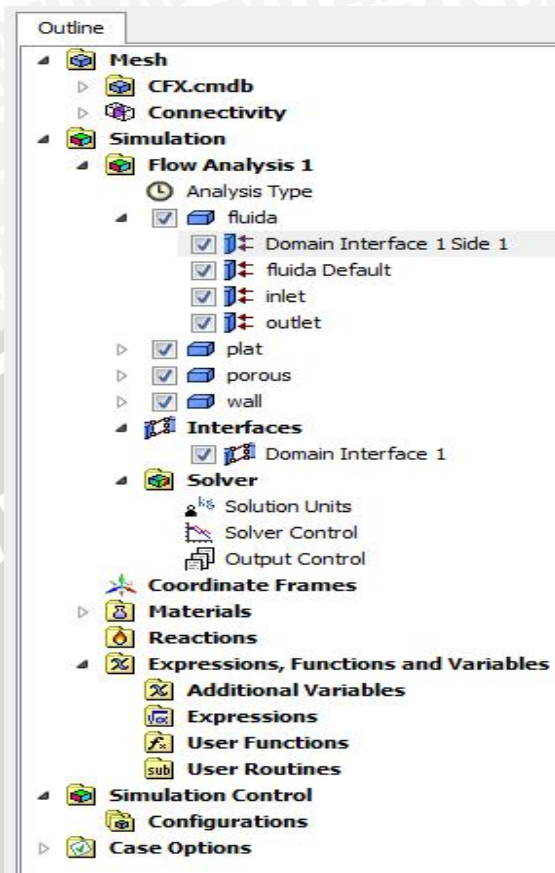
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Fluid Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



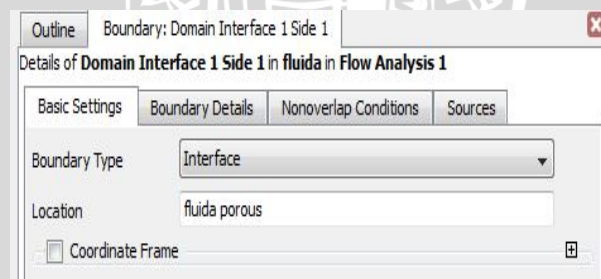
Setelah selesai mengisi semua kotak dialog, klik apply pada bagian bawah

Klik kanan pada fluida, sorot insert dan pilih domain. Ketikkan Domain interface 1 side 1

1. Lalu, klik kanan pada Domain interface 1 side 1

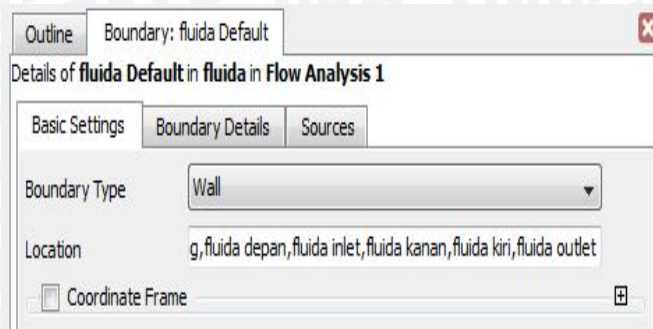


Setelah itu akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Isi kotak dialog di bawah ini sesuai kondisi batas (*boundary condition*) yang diinginkan. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.

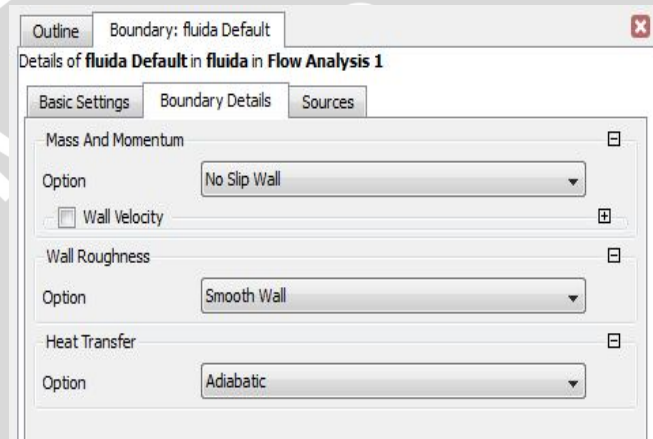


Klik kanan pada fluida, sorot insert dan pilih domain. Ketikkan fluida Default. Lalu, klik kanan pada fluida Default.

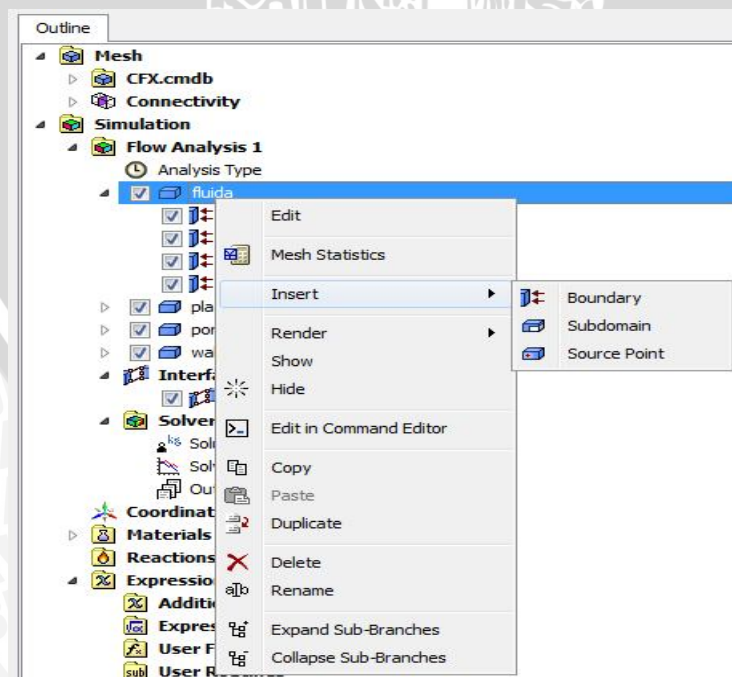
Setelah itu akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Isi kotak dialog di bawah ini sesuai kondisi batas (*boundary condition*) yang diinginkan. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



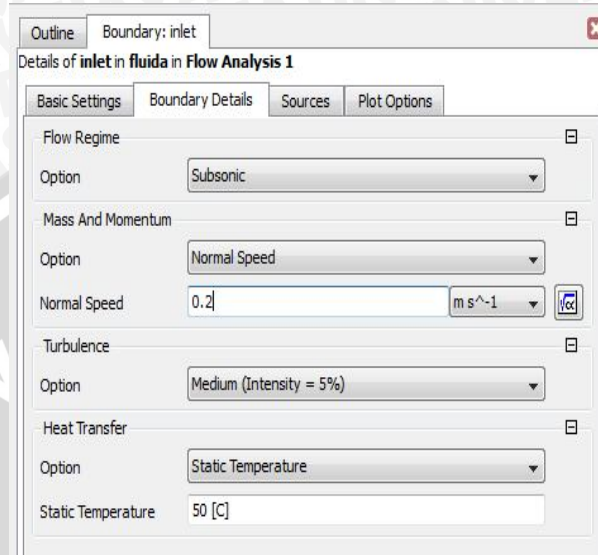
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Boundary Details. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Lalu pilih Apply.



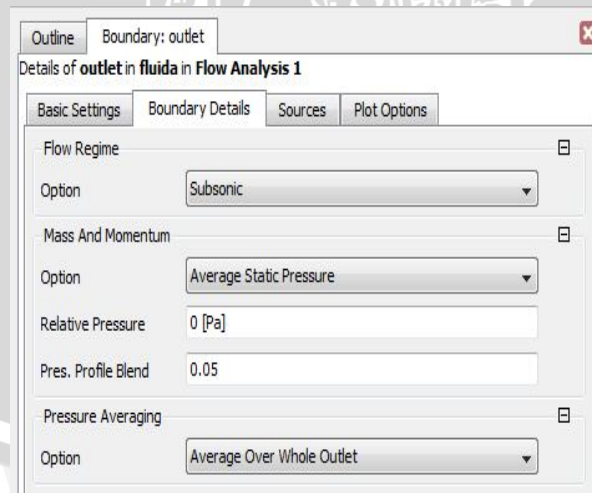
Klik kanan pada fluida sorot Insert, lalu pilih Boundary. Masukkan inlet pada kotak dialog. Lalu ulangi langkah tersebut dan masukkan outlet pada kotak dialog.



Klik kanan pada tulisan inlet. Maka akan muncul gambar seperti di bawah ini. Isi kotak dialog di bawah ini sesuai kondisi batas (*boundary condition*) yang diinginkan. Pada bagian Boundary Details isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Lalu pilih Apply. Dalam penelitian ini, pada kolom Static Temperature, besarnya temperatur inlet divariasikan.

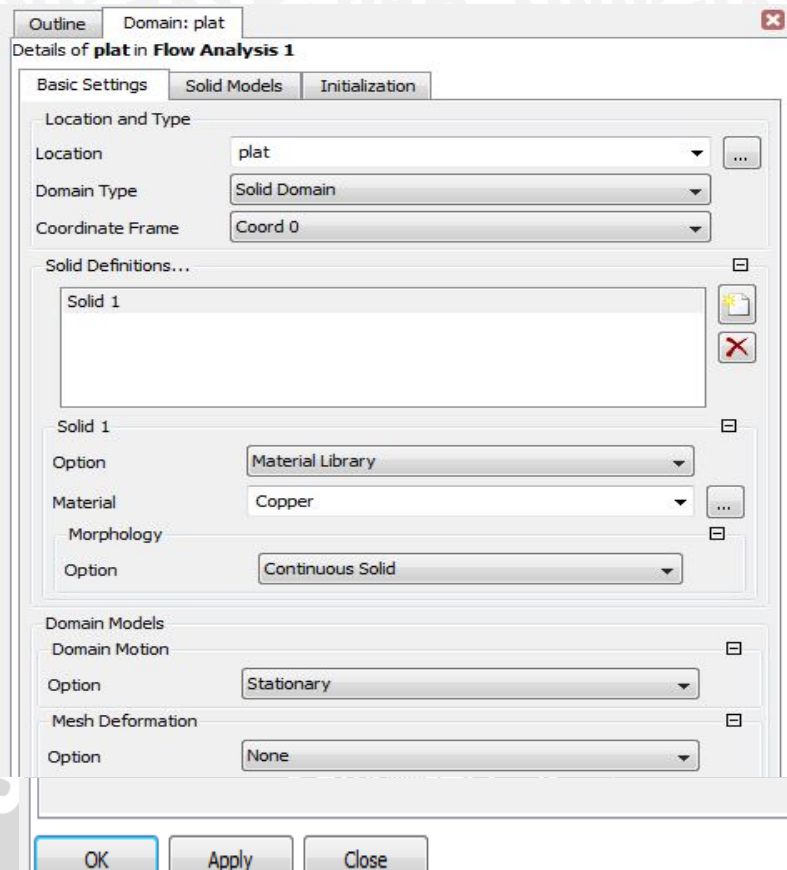


Klik kanan pada tulisan outlet. Maka akan muncul gambar seperti di bawah ini. Isi kotak dialog di bawah ini sesuai kondisi batas (*boundary condition*) yang diinginkan. Pada bagian Boundary Details isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Lalu pilih Apply.

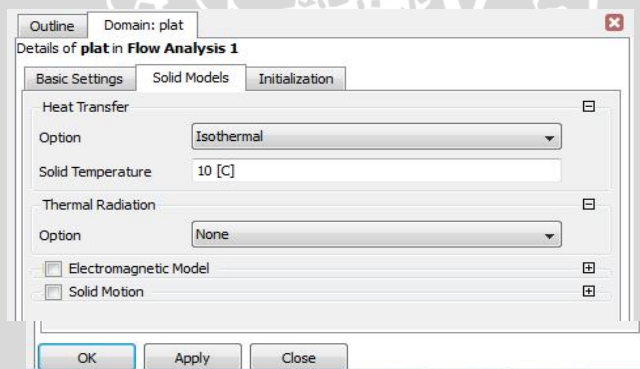


PLAT

Klik kanan pada tulisan plat, lalu akan muncul kotak dialog seperti di bawah ini. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti ketentuan di bawah ini.

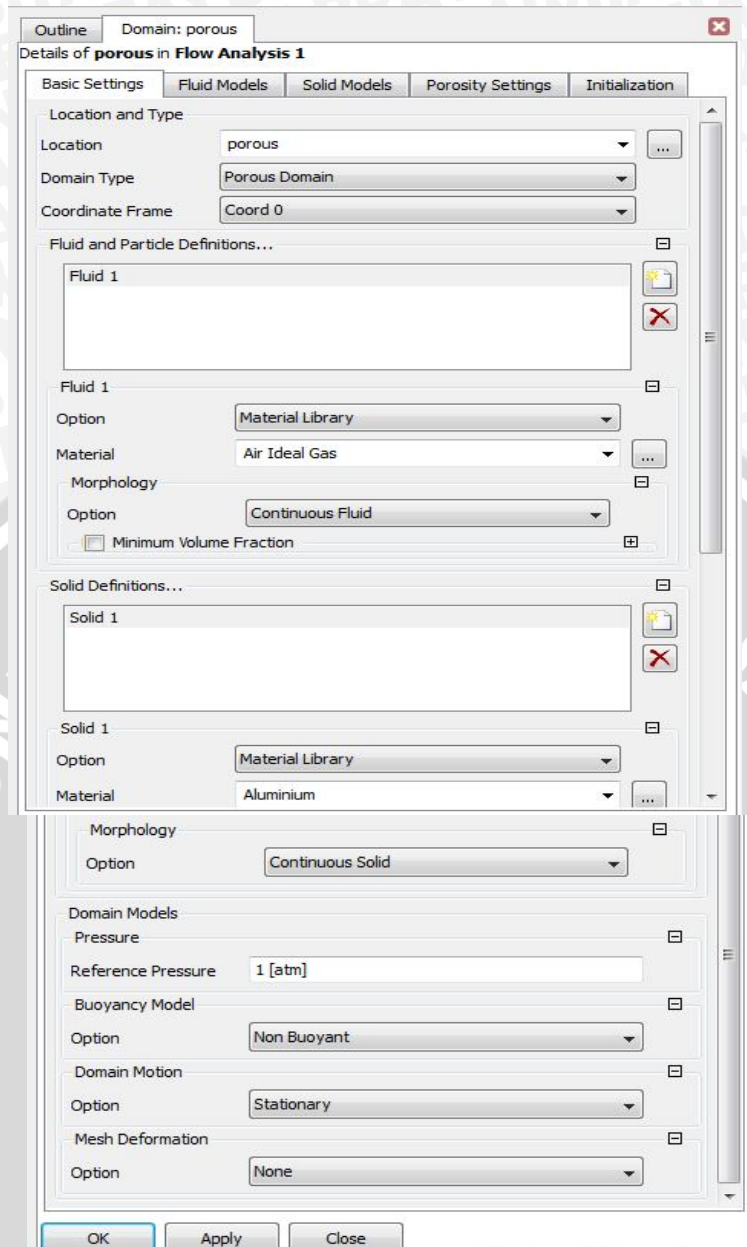


Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Solid Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini. Lalu pilih Apply.

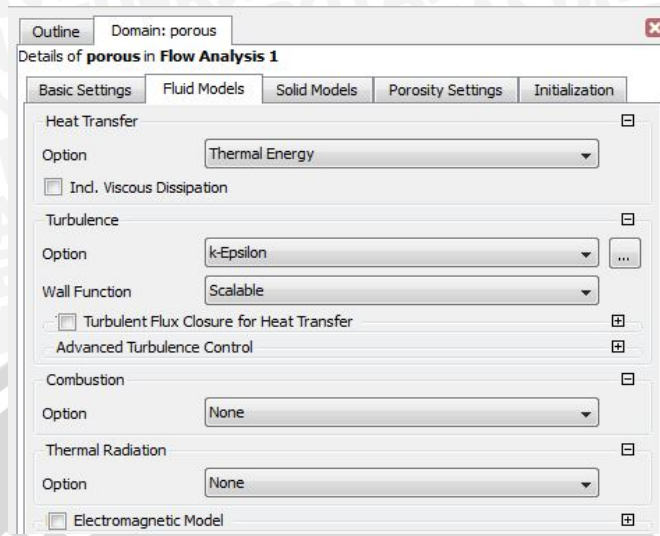


POROUS

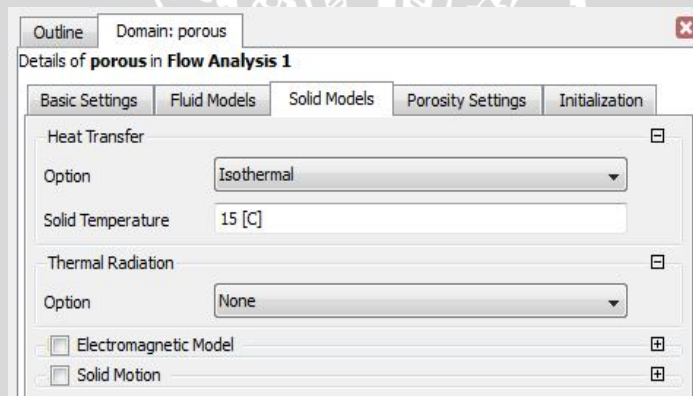
Klik kanan pada tulisan porous, lalu akan muncul kotak dialog seperti di bawah ini. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti ketentuan di bawah ini.



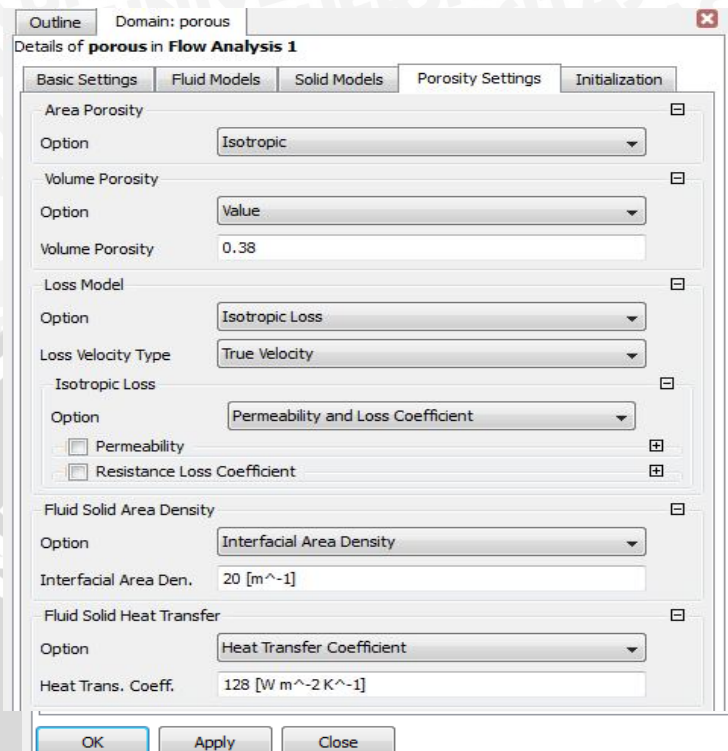
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Fluid Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Fluid Models, klik pada bagian Solid Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



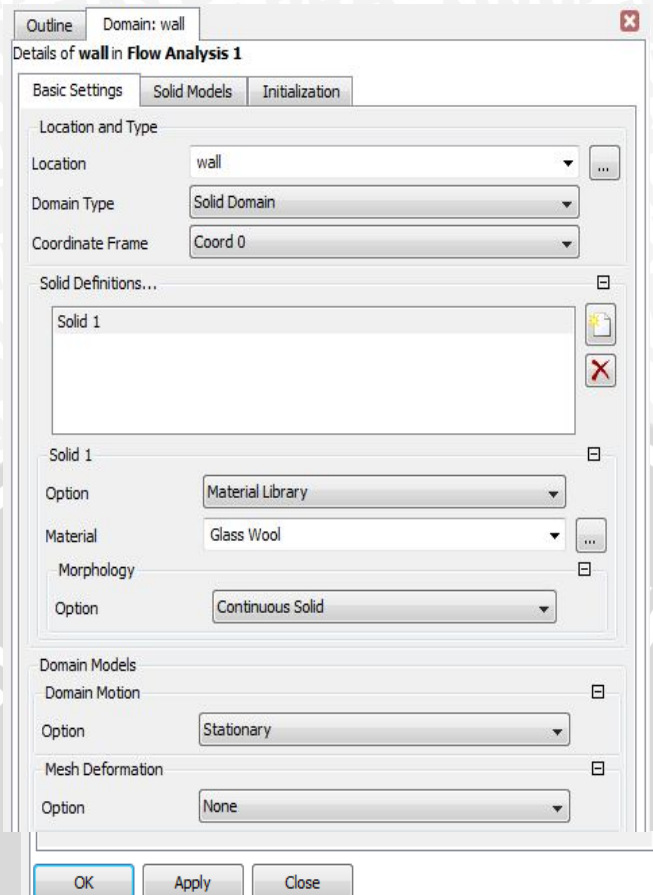
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Solid Models, klik pada bagian Porosity Settings. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



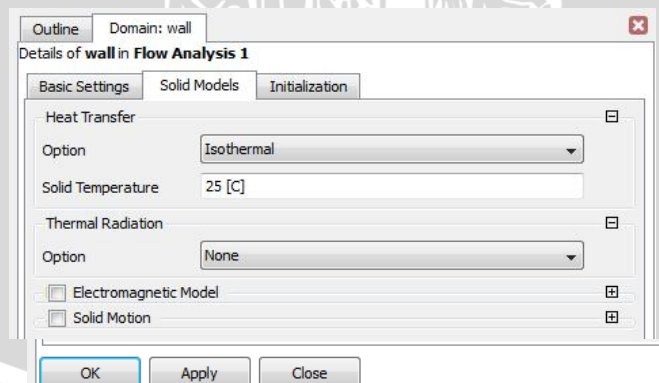
Setelah selesai mengisi semua kondisi batas yang diinginkan, pilih Apply.

WALL

Klik kanan pada tulisan wall, lalu akan muncul kotak dialog seperti di bawah ini. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti ketentuan di bawah ini.



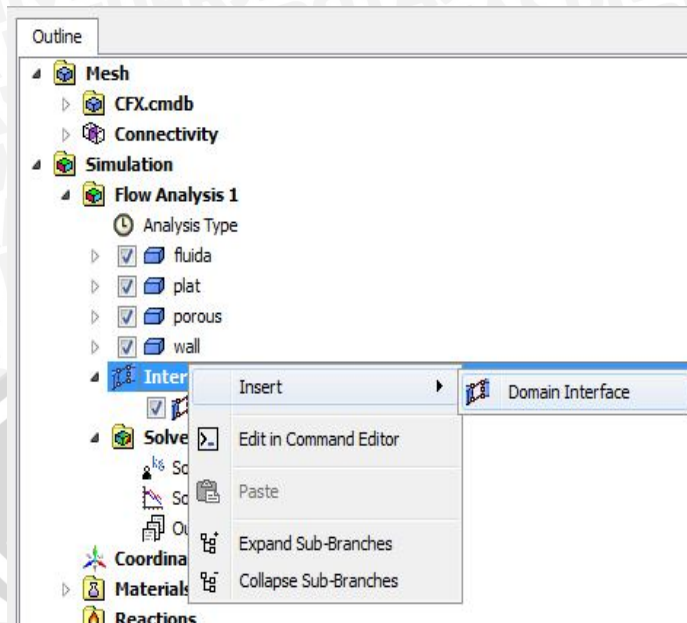
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Solid Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



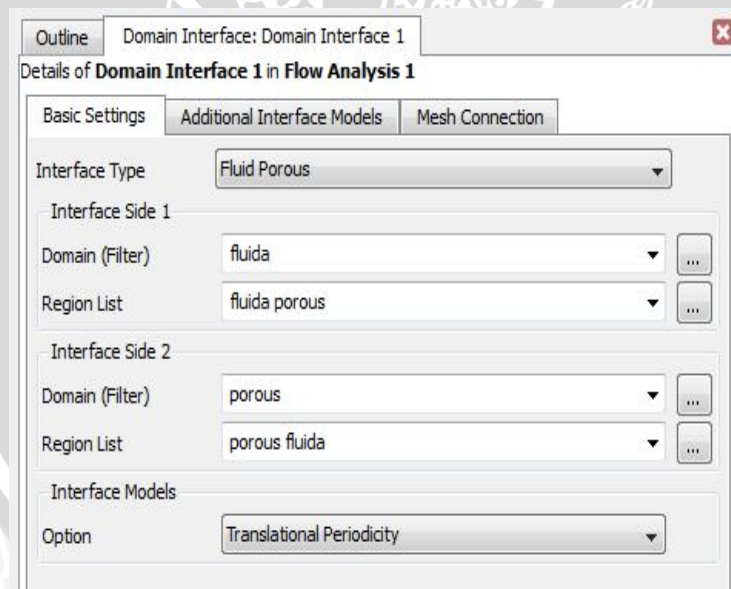
Setelah selesai mengisi semua kondisi batas yang diinginkan, pilih Apply.

INTERFACE

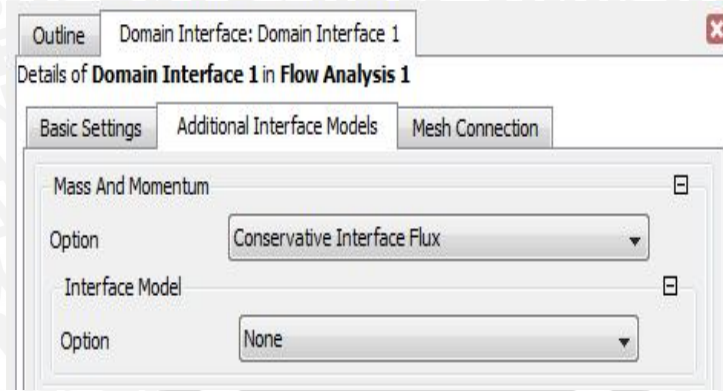
Klik kanan pada tulisan interface, sorot dan pilih Insert, pilih Domain Interface.



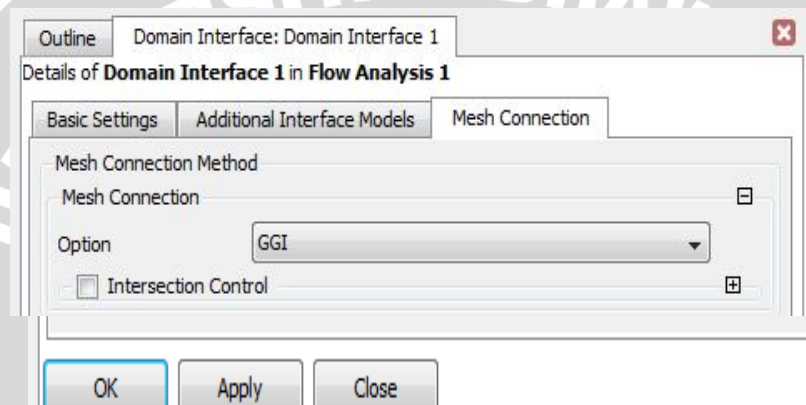
Lalu akan muncul kotak dialog seperti di bawah ini. Pada bagian Basic Settings isi kotak dialog seperti ketentuan di bawah ini.



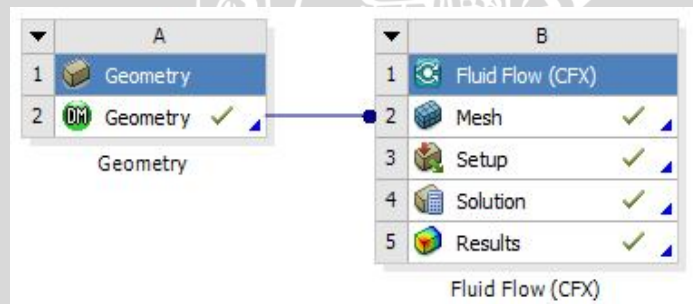
Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Basic Settings, klik pada bagian Additional Interface Models. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.



Setelah selesai mengisi kotak dialog pada bagian Additional Interface Models, klik pada bagian Mesh Connection. Isi kotak dialog seperti gambar di bawah ini.

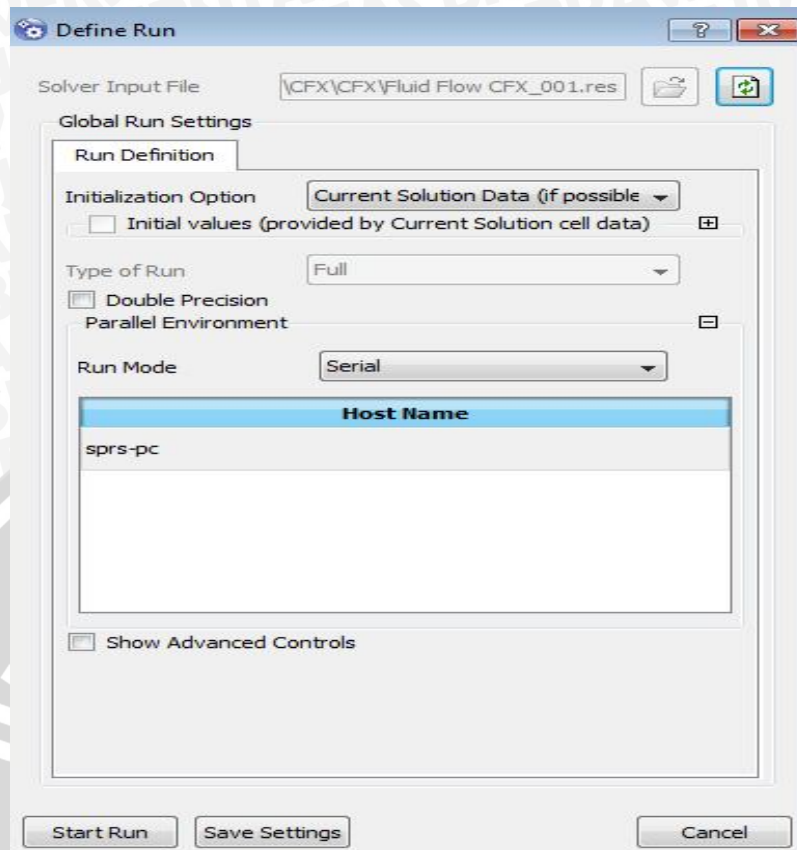


Setelah itu, close jendela tersebut. Kembali ke Ansys 14.5.

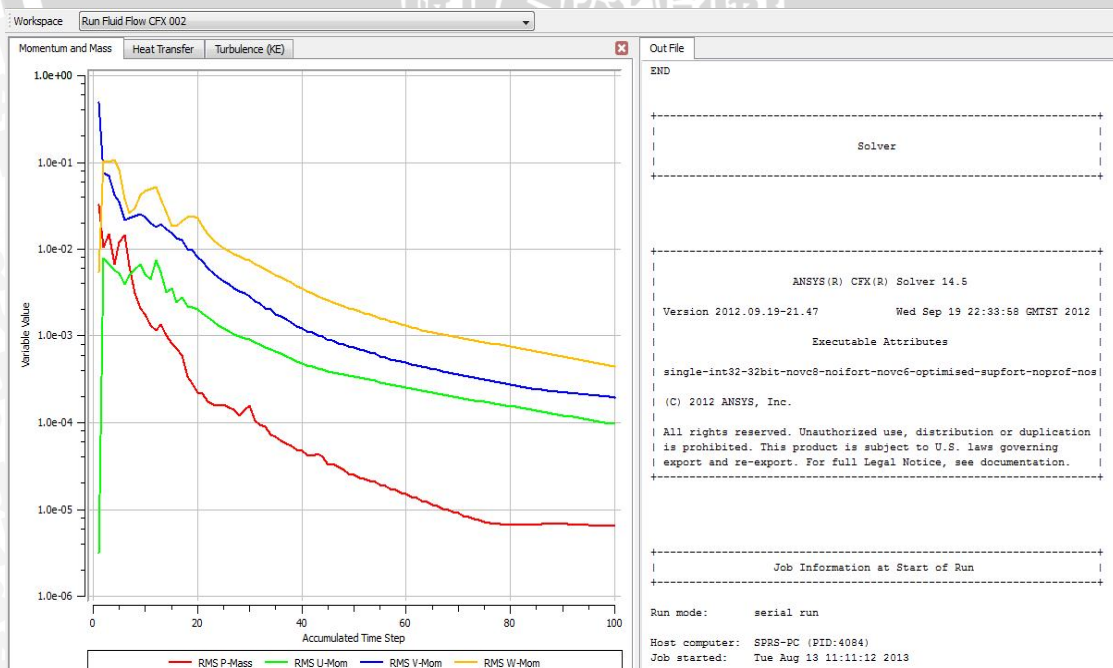


Klik kanan pada Solution pilih dan klik kiri pada tulisan edit. Sehingga akan muncul tampilan seperti di bawah ini.

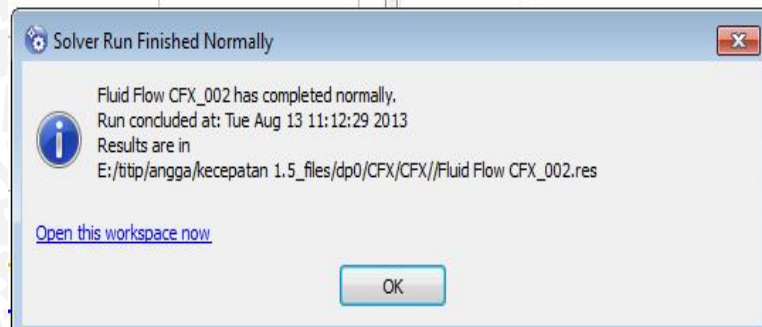
Pilih Start Run dari tampilan di bawah ini.



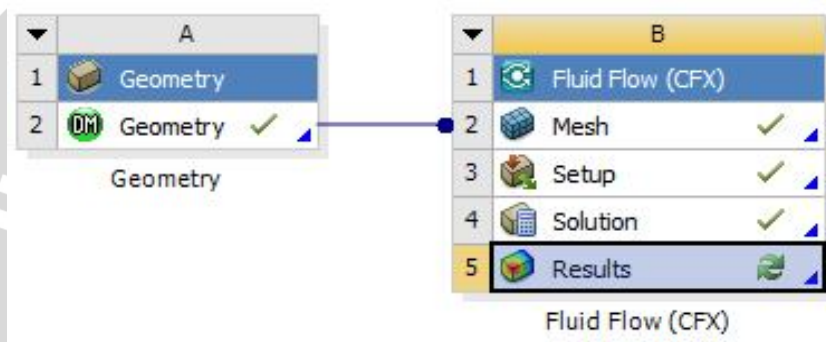
Setelah memilih Start Run, maka akan muncul tampilan seperti ini, yang artinya proses penyelesaian masalah yang sudah ditentukan kondisi batasnya sudah terselesaikan.



Apabila proses penyelesaian telah selesai, maka akan muncul pemberitahuan yang bertuliskan “Solver Run Finished Normally”. Klik OK.



Close Jendela tersebut dan kembali ke jendela Ansys 14.5 yang sudah terbuka.



Klik kanan pada Result pilih dan klik kiri pada tulisan edit. Sehingga akan muncul tampilan seperti di bawah ini. Tampilan di bawah ini merupakan hasil dari simulasi percobaan yang dilakukan.

