

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR VAPOR TERHADAP
SPEKTRUM TEMPERATUR DAN PERPINDAHAN PANAS PADA
POROUS MEDIA**

**SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YANI ANDRIANSYAH
NIM. 115060200111060**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR VAPOR TERHADAP SPEKTRUM TEMPERATUR DAN PERPINDAHAN PANAS PADA POROUS MEDIA

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



YANI ANDRIANSYAH
NIM. 115060200111060

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 18 Januari 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Purnami, ST., MT
NIP. 19770707 200812 1 005

Mengetahui
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. WidyaWijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

JUDUL SKRIPSI:

Analisis Pengaruh Temperatur *Vapor* Terhadap Spektrum Temperatur dan Perpindahan Panas pada *Porous Media*

Nama Mahasiswa : Yani Andriansyah
 NIM : 115060200111060
 Program Studi : Teknik Mesin
 Minat : Konversi Energi

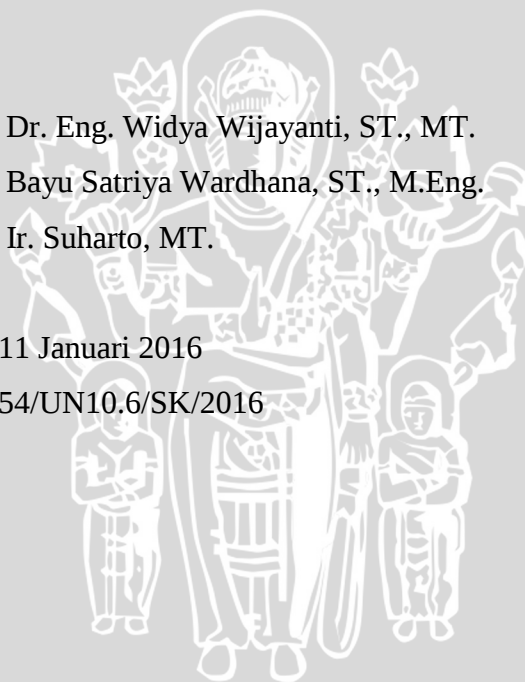
KOMISI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT.
 Pembimbing 2 : Purnami, ST., MT

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
 Dosen Penguji 2 : Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng.
 Dosen Penguji 3 : Ir. Suharto, MT.

Tanggal Ujian : 11 Januari 2016
 SK Penguji : 54/UN10.6/SK/2016



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Januari 2016

Mahasiswa,

YaniAndriansyah
NIM 115060200111060



PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Temperatur *Vapor* Terhadap Spektrum Temperatur dan Perpindahan Panas 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. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Mesin dan dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Mesin.
4. Ibu Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin.
5. Bapak Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberi masukan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Achmad As’ad Sonief, MT. selaku dosen wali.
7. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua orang tua tercinta, Ayah Anang Chanafi dan Ibu Siti Masiah 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. Kakak Fandi Hidayat terima kasih atas semangat dan doanya.

11. 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.
12. Saudaraku angkatan 2011 yang selalu memberikan semangat, motivasi, serta seluruh dukungan yang diberikan.
13. Saudaraku Alfaj, Bastian, Chandra, Faldi, Ferdi, Reza, Rifan, Nofan, Windi, dan Zuhri semoga selalu diberi kemudahan dan kelancaran dalam segala urusan. Tetap semangat dan sukses selalu.
14. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu yang telah membantu penulis demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, 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. 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, 26 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN.....	x
 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 <i>Porous media</i>	5
2.3 <i>Relative Humidity</i>	5
2.4 Perpindahan Panas	6
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi	6
2.4.2 Perpindahan panas Konveksi	7
2.5 Porositas.....	8
2.6 Konduktivitas Termal Efektif	9
2.7 Aliran Laminer dan Turbulen.....	9
2.7.1 Aliran Laminer.....	9
2.7.2 Aliran Turbulen	10
2.8 Lapisan Batas	11
2.8.1 Lapisan Batas Kecepatan	11
2.8.2 Lapisan Batas Termal	11
2.9 Bilangan <i>Reynold</i>	12
2.10 Bilangan <i>Grashof</i>	13

2.11	Bilangan <i>Prandtl</i>	13
2.12	Visikositas	13
2.12.1	Visikositas Dinamik	14
2.12.2	Visikositas Kinematik	15
2.13	Vortex.....	16
2.14	<i>Software</i> ANSYS <i>Workbench</i>	17
2.14.1	<i>Workbench Environment</i>	18
2.15	Hipotesa.....	19

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	20
3.2	Rancangan Penelitian	20
3.3	Variabel Penelitian.....	21
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.5	Prosedur Penelitian	22
3.6	Langkah – Langkah Simulasi pada <i>Software</i>	23
3.6.1	<i>Pre – processor</i>	23
3.6.2	<i>Solution</i>	24
3.6.3	<i>Postprocessing</i>	24
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	24

BAB IV HASILDAN PEMBAHASAN

4.1	Pendahuluan.....	26
4.2	Pengolahan Data	26
4.2.1	Data Penelitian	26
4.3	Pembahasan	26
4.3.1	Pembahasan Spektrum Temperatur <i>Porous Media Chamber</i> dari Sampling	27
4.3.2	Pembahasan Spektrum Temperatur <i>Porous Media Chamber</i> secara Melintang	37
4.3.3	Distribusi Laju Perpindahan Panas pada <i>Porous Media</i>	44
4.3.4	<i>Regime</i> Perpindahan Panas Konveksi pada <i>Vapor Chamber</i>	46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50

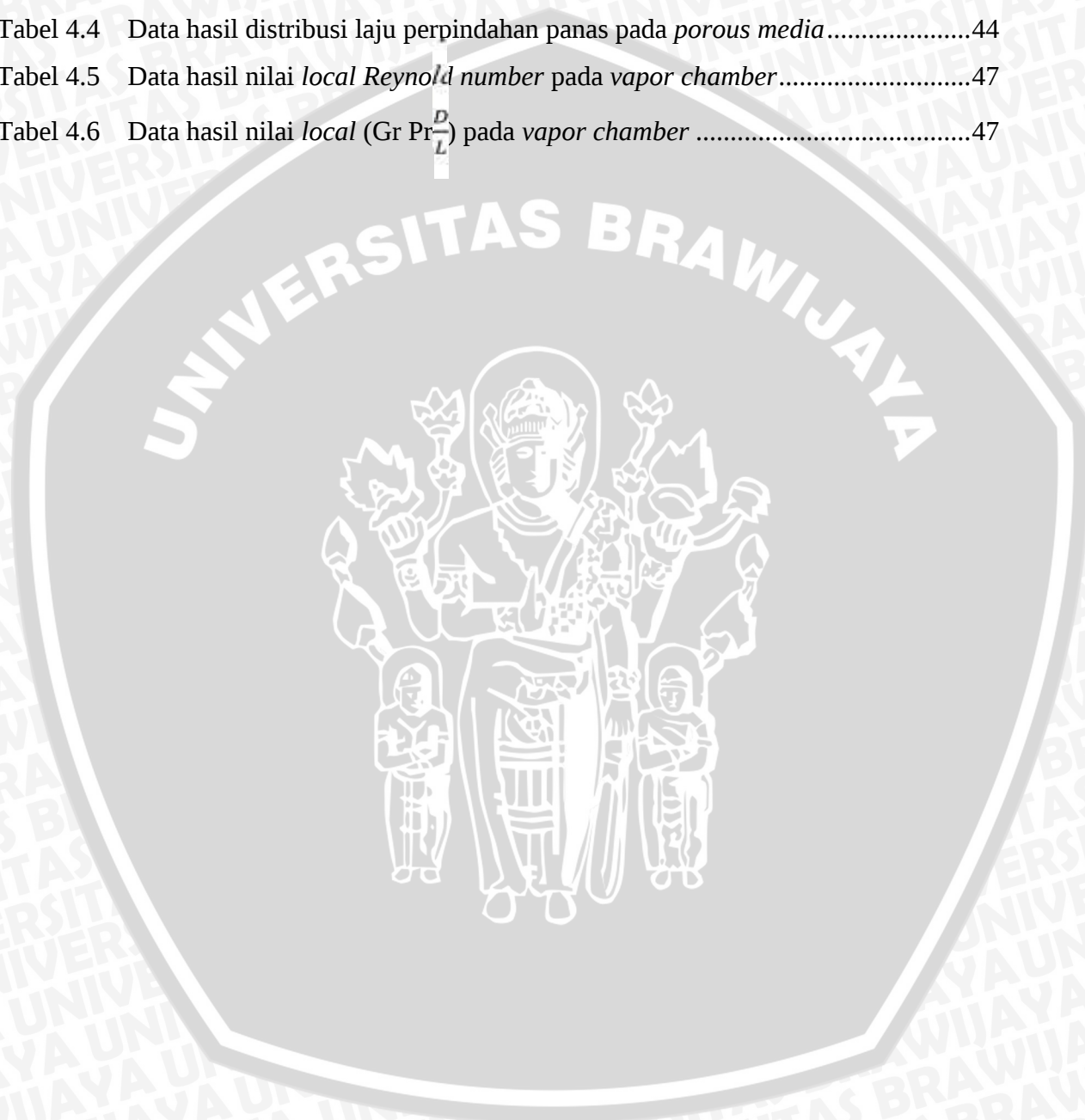
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Data hasil simulasi <i>region 1</i>	40
Tabel 4.2	Data hasil simulasi <i>region 2</i>	41
Tabel 4.3	Data hasil simulasi <i>region 3</i>	42
Tabel 4.4	Data hasil distribusi laju perpindahan panas pada <i>porous media</i>	44
Tabel 4.5	Data hasil nilai <i>local Reynold number</i> pada <i>vapor chamber</i>	47
Tabel 4.6	Data hasil nilai <i>local</i> ($Gr Pr \frac{D}{L}$) pada <i>vapor chamber</i>	47



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bagian <i>porous media</i>	5
Gambar 2.2	Perpindahan panas konduksi melalui dinding	7
Gambar 2.3	Perpindahan panas konveksi paksa dan bebas pada sebuah telur rebus	8
Gambar 2.4	Perkembangan aliran laminar dan turbulen pada sebuah plat	10
Gambar 2.5	Lapisan batas kecepatan	11
Gambar 2.6	Lapisan batas termal	11
Gambar 2.7	Viskositas dinamik fluida pada 1 atm.....	14
Gambar 2.8	Viskositas kinematik fluida pada 1 atm.....	16
Gambar 2.9	Geometri <i>Vortex</i> menurut besar bilangan <i>Reynolds</i>	17
Gambar 2.10	<i>Project schematic</i> pada ANSYS <i>workbench</i>	19
Gambar 3.1	Skema Simulasi	20
Gambar 3.2	<i>Grid generation (meshing)</i> domain fisik pada <i>porous media</i>	23
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian pengaruh temperatur <i>vapor</i> pada <i>porous media</i>	25
Gambar 4.1	Penampang melintang <i>porous media chamber</i>	27
Gambar 4.2	Gambar spektrum temperatur pada temperatur <i>vapor</i> masuk 323 K.....	27
Gambar 4.3	Gambar garis alur kecepatan pada temperatur <i>vapor</i> masuk 323 K.....	28
Gambar 4.4	Gambar spektrum temperatur pada temperatur <i>vapor</i> masuk 333 K.....	29
Gambar 4.5	Gambar garis alur kecepatan pada temperatur <i>vapor</i> masuk 333 K.....	30
Gambar 4.6	Gambar spektrum temperatur pada temperatur <i>vapor</i> masuk 343 K.....	31
Gambar 4.7	Gambar garis alur kecepatan pada temperatur <i>vapor</i> masuk 343 K.....	32
Gambar 4.8	Gambar spektrum temperatur pada temperatur <i>vapor</i> masuk 353 K.....	33
Gambar 4.9	Gambar garis alur kecepatan pada temperatur <i>vapor</i> masuk 353 K.....	33
Gambar 4.10	Gambar spektrum temperatur pada temperatur <i>vapor</i> masuk 363 K.....	35
Gambar 4.11	Gambar garis alur kecepatan pada temperatur <i>vapor</i> masuk 363 K.....	35
Gambar 4.12	Penampang melintang <i>porous media chamber</i>	37
Gambar 4.13	Spektrum pada jarak 20 mm dari inlet dengan berbagai variasi temperatur	38
Gambar 4.14	Penampang melintang <i>porous media chamber</i>	39
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada <i>Region 1</i>	40
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada <i>Region 2</i>	41
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada <i>Region 3</i>	43

Gambar 4.18 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi laju perpindahan panas pada <i>porous media</i>	45
Gambar 4.19 Grafik Hubungan bilangan Reynold dengan $(Gr Pr \frac{D}{L})$	46
Gambar 4.20 Grafik Hubungan bilangan Reynold dengan $(Gr Pr \frac{D}{L})$ pada <i>vapor</i> <i>chamber</i>	48



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Tabel <i>Properties of Porous Media Chamber</i>
Lampiran 2	Tutorial ANSYS 14.5



RINGKASAN

Yani Andriansyah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2015, *Analisis Pengaruh Temperatur Vapor terhadap Spektrum Temperatur dan Perpindahan Panas pada Porous Media*, Dosen Pembimbing : Eko Siswanto dan Purnami.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat dibarengi juga oleh perkembangan dunia industri yang sangat pesat pula. Pada alat – alat termal (*thermal devices*), kemajuan atau inovasi dalam proses perpindahan panas menjadi faktor yang sangat penting dalam industri *thermal devices*. Salah satu cara untuk meningkatkan proses perpindahan panas yaitu dengan menambah luas permukaan. Untuk menjawab tantangan tersebut kemudian ditemukan model baru dengan fungsi yang sama untuk meningkatkan perpindahan panas, yaitu *porous media*. *Porous media* merupakan suatu material yang memiliki lubang dan tersebar sehingga menciptakan rongga-rongga yang dapat dilalui oleh fluida. Sehingga luas permukaan perpindahan panas semakin besar. Penelitian mengenai *porous media* berkembang sangat pesat yang didukung berbagai penggunaannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental semu yaitu dengan menggunakan *software CFX* yang terdapat dalam *ANSYS 14.5 Workbench*. Dengan variabel bebas yaitu adalah temperatur *inlet vapor* sebesar 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*. Sedangkan variabel terkontrolnya adalah kecepatan *vapor*, porositas, temperatur plat bawah dan temperatur *ambient*.

Hasil simulasi pengaruh temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media* menunjukkan bahwa temperatur *vapor* memiliki pengaruh terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*. Semakin tinggi temperatur *inlet vapor*, maka spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media* pada jarak yang sama, semakin tinggi.

Kata kunci: *Porous media*, spektrum temperatur, perpindahan panas, simulasi komputer.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat dibarengi juga oleh perkembangan dunia industri yang sangat pesat pula. Pada alat – alat termal (*thermal devices*), kemajuan atau inovasi dalam proses perpindahan panas menjadi faktor yang sangat penting dalam industri seperti *electronic equipment* dan *heat exchanger*. Perpindahan panas merupakan ilmu yang mempelajari tentang bagaimana energi panas berpindah diantara material atau benda karena adanya perbedaan temperatur. Dalam studi tentang perpindahan panas, untuk meningkatkan atau memperbaiki perpindahan panas biasa dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain memperluas permukaan konduksi atau konveksi (pemasangan *fin*), membuat permukaan menjadi lebih kasar (proses pengecoran dan pengelasan) dan pemasangan piranti tertentu untuk meningkatkan turbulensi aliran fluida seperti plat dipilin dan pegas spiral. Untuk meningkatkan perpindahan panas dengan cara menambah luas permukaan biasa dikenal dengan istilah *extended surface*. Sirip atau *fin* merupakan salah satu metode *extended surface* yang mampu meningkatkan perpindahan panas dengan menambah luas permukaan. Kelemahan dalam penggunaan sirip yaitu terbatas pada tempat atau ruang yang tersedia sehingga proses perpindahan panas tidak dapat berlangsung secara maksimal.

Dengan semakin berkembangnya teknologi kemudian dikembangkan model baru dengan fungsi yang sama untuk meningkatkan perpindahan panas, yaitu media berpori (*porous media*). *Porous media* merupakan suatu material yang memiliki lubang dan 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. Misalnya: *sponges*, pasir, *filters*, batuan, beberapa *packing* yang dipakai dalam kolom distilasi, dsb. Selain untuk meningkatkan perpindahan panas, dalam dunia industri *porous media* dapat digunakan untuk *heat exchangers*, *heat pipes*, *thermal insulation*, dan *electronic cooling*.

Penelitian mengenai *porous media* berkembang sangat pesat yang didukung berbagai penggunaannya. Fumei Rong, et al. (2013) telah melakukan simulasi numerik untuk mengetahui perpindahan panas aliran fluida pada sebuah pipa yang sebagian dalamnya

diisi dengan *porous media*. Eko Siswanto (2013) telah melakukan penelitian eksperimental pada kondensasi laminar pada *porous media* untuk mengetahui pengaruh fluks termal dalam *porous media* saat mengkondensasi uap. Raed Abed Mahdi, et al. (2014) melakukan studi analisis perpindahan panas konveksi dan aliran fluida pada *porous media* dengan *nanofluid*. Syaichurrozi, et al. (2014) telah melakukan studi eksperimental untuk mengetahui pengaruh *inlet temperature* terhadap performa perpindahan panas menyeluruh pada *plate and frame heat exchanger*.

Dalam pengembangannya, *porous media* dapat digunakan sebagai alat untuk mengatur kelembaban atau *relative humidity* udara. Hal ini menimbulkan permasalahan yang membutuhkan analisis lebih dalam tentang spektrum temperatur dan perilaku perpindahan panas *vapor* pada *porous media*. Untuk itu peneliti memilih untuk melakukan eksperimen tentang perilaku perpindahan panas dibawah aliran *vapor* pada *porous media*. Akan tetapi untuk mengetahui perilaku perpindahan panas *vapor* pada *porous media* ternyata membutuhkan peralatan eksperimen yang sangat rumit terutama dalam *setting* alat untuk mengetahui perilaku perpindahan panas dalam *porous media*. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka penelitian ini memilih untuk dilakukan secara simulasi. Dengan dilakukan secara simulasi diharapkan dapat memprediksi dan membantu pengembangan eksperimental *porous media* pada masa yang akan datang. Penelitian ini akan mensimulasikan perilaku perpindahan panas *vapor* dengan *porous media* sehingga dapat dilihat pengaruh variasi temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut : Bagaimana pengaruh temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media* ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Temperatur dan tekanan atmosfer dianggap konstan.
2. Aliran fluida pada *porous media* dalam keadaan *steady*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media* secara simulasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain :

1. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan tentang perpindahan panas, terutama pemanfaatan media berpori sebagai media untuk meningkatkan laju perpindahan panas.
2. Mampu menerapkan teori – teori yang didapat selama perkuliahan terutama mengenai perpindahan panas pada *porous media*.
3. Mengetahui besar pengaruh perubahan temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas yang efektif guna pengembangan *porous media* sebagai *humidity controller*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Fumei Rong, et al. (2013) telah melakukan simulasi numerik untuk mengetahui perpindahan panas aliran fluida pada sebuah pipa yang sebagian dalamnya diisi dengan *porous media*. Perhitungan tersebut diimplementasikan pada unit pengolahan grafis (GPU) menggunakan NVIDIA CUDA untuk menghasilkan perhitungan dengan kecepatan tinggi. Fumei Rong menemukan bahwa memasukkan media berpori pada sebuah pipa yang dialiri fluida dapat meningkatkan efek transfer panas dibandingkan dengan pipa kosong. Hasil penelitian menunjukkan dengan menambahkan *porous media* di dalam pipa dapat meningkatkan rata – rata *Nu number* dibandingkan dengan pipa kosong dan efek transfer panas komprehensif yang lebih baik dapat dicapai dengan menambahkan ketebalan *porous media*.

Eko Siswanto (2013) telah melakukan penelitian eksperimental pada kondensasi laminar pada *porous media* untuk mengetahui pengaruh fluks termal dalam *porous media* saat mengkondensasi uap. Dengan dua tipe *porous media* yang memiliki perbedaan konduktivitas termal dan mempertimbangkan bermacam temperatur *ambient*. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa fluks termal pada *porous media* memegang peranan kunci dalam proses kondensasi uap. Peningkatan bertahap lapisan kondensat didalam layer *porous media* akan meningkatkan resistensi pada aliran fluks termal yang hilang selama durasi kondensasi. Ini mengakibatkan perpindahan panas pada layer media menjadi berubah terhadap waktu.

Raed Abed Mahdi, et al. (2014) melakukan studi analisis perpindahan panas konveksi dan aliran fluida pada *porous media* dengan *nanofluid*. *Nanofluid* dihasilkan dari campuran fluida dasar dengan nanopartikel yang memiliki dimensi (1-100) nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *porous media* dengan *nanofluid* sangat cocok untuk aplikasi dalam proses transfer panas praktis karena memiliki potensi besar untuk peningkatan transfer panas. Perpindahan panas pada *porous media* meningkat dikarenakan konduktivitas termalnya, yang menyebabkan konduktivitas termal efektif juga meningkat sehingga meningkatkan koefisien perpindahan panas konveksi secara signifikan. Perpindahan panas pada *porous media* meningkat dengan *nanofluid* yang memiliki

konduktivitas termal tinggi, peningkatan perpindahan panas berbeda berdasarkan tipe *nanofluid*.

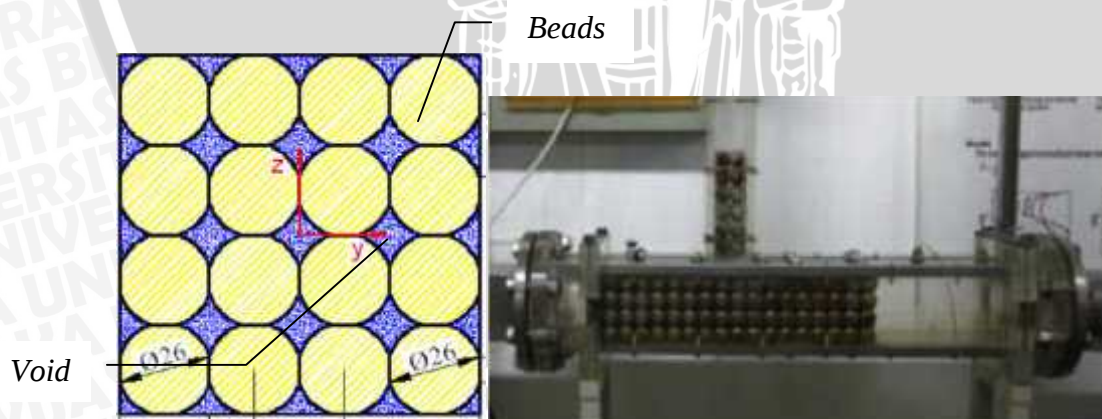
Iqbal Syaichurrozi, et al. (2014) telah melakukan studi eksperimental untuk mengetahui pengaruh *inlet temperature* terhadap performa *overall heat transfer* pada *plate and frame heat transfer*. *Inlet temperature* yang divariasikan yaitu sebesar 40, 45 dan 50 °C. Pada studi kali ini dihasilkan, bahwa semakin besar *inlet temperature* maka *overall heat transfer* juga semakin besar. Hal ini disebabkan semakin besar *inlet temperature* mengakibatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh semakin besar.

2.2 Porous Media

Porous media atau media berpori merupakan suatu material yang terdiri dari *matriks solid* dan *void* yang saling berhubungan. *Porous media* memiliki ruang kosong yang banyak, atau pori-pori di dalamnya. Misalnya: *sponges*, pasir, *filters*, batu bata, batuan, dsb. *Porous media* memiliki lubang yang tersebar sehingga menciptakan rongga-rongga yang dapat dilalui oleh fluida sehingga luas permukaan perpindahan panas lebih besar.

Dalam *porous media* seperti terlihat pada gambar 2.1 terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. *Beads* atau *matriks solid* yaitu bagian padat dan keras yang berada di dalam *porous media*.
2. *Void* atau ruang pori merupakan ruang kosong pada *porous media* terbentuk dari matriks solid yang dapat diisi dengan satu atau lebih fluida.



Gambar 2.1 Bagian *porous media*
Sumber : Yongwei W, 2015 : 681

2.3 Relative Humidity

Pada sebuah ruangan dengan udara yang memiliki temperatur dan tekanan tertentu dengan ruangan yang memiliki temperatur dan tekanan berbeda, maka kandungan uap air pada udara di tempat yang satu dengan yang lain akan berbeda pula. Kandungan uap air pada udara biasa dikenal dengan istilah kelembaban relatif (ϕ) atau *relative humidity*. *Relative humidity* merupakan perbandingan antara tekanan uap air aktual pada temperatur tertentu dengan tekanan uap air jenuh pada temperatur tersebut. Kelembaban relatif (ϕ) dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\phi = \frac{\text{tekanan uap air parsial}}{\text{tekanan jenuh air murni pada suhu yang sama}} = \frac{p_s}{p_1} \quad (2-1)$$

Dengan :

ϕ	= kelembaban relatif	[%]
p_s	= tekanan uap aktual	[Pa]
p_w	= tekanan uap jenuh	[Pa]

2.4 Perpindahan Panas

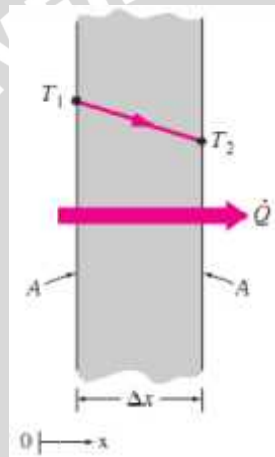
Kita semua tahu dari pengalaman melihat segelas minuman dingin yang ditinggal di ruangan menjadi hangat dan segelas minuman hangat yang diletakkan di kulkas menjadi dingin. Perpindahan energi selalu terjadi dari medium yang memiliki temperatur tinggi menuju medium dengan temperatur yang lebih rendah. Perpindahan energi berhenti ketika kedua medium mencapai temperatur yang sama. Dari prinsip termodinamika energi di dunia memiliki berbagai macam bentuk yang mana salah satunya pada penelitian ini dikenal dengan istilah panas atau kalor. Panas merupakan bentuk energi yang dapat ditransfer dari sistem yang satu ke sistem yang lain dikarenakan adanya perbedaan temperatur. Ilmu yang mempelajari bagaimana energi tersebut berpindah diantara material disebut perpindahan panas. Dalam perpindahan panas terdapat istilah yang menyatakan tiga mekanisme perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Pada *porous media* terdapat dua mekanisme perpindahan panas yaitu konduksi dan konveksi.

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas dimana panas mengalir dari bagian yang bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah dalam suatu media atau antar media baik itu cair, gas maupun padat yang bersinggungan secara langsung disebut dengan perpindahan

panas konduksi. Zat atau partikel zat dari benda yang dilalui panas ini sendiri tidak mengalir sehingga tenaga panas berpindah dari satu partikel ke lain partikel dan mencapai bagian yang dituju.

Dilihat dari sudut molekuler, yaitu benda atau zat terdiri dari molekul, pemberian energi panas pada zat menyebabkan molekul itu bergetar. Apabila panas ditambah maka getaran yang terjadi semakin besar, sehingga energi panas berubah menjadi energi getaran. Molekul yang bergetar ini tetap pada tempatnya tetapi getaran yang lebih besar akan menyebabkan molekul disampingnya ikut bergetar dan demikian seterusnya. Sebagai akibatnya, temperatur pada bagian lain benda akan naik dan kita tahu bahwa panas berpindah ke tempat lain. Dimensi, material dan perbedaan temperatur dari suatu media mempengaruhi laju perpindahan panas sesuai gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Perpindahan panas konduksi melalui dinding
Sumber : Cengel ; 2011 : 18

Hal ini dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Q = -k \cdot A \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} \quad (2-2)$$

Q = Laju perpindahan panas konduksi (Watt)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m °C)

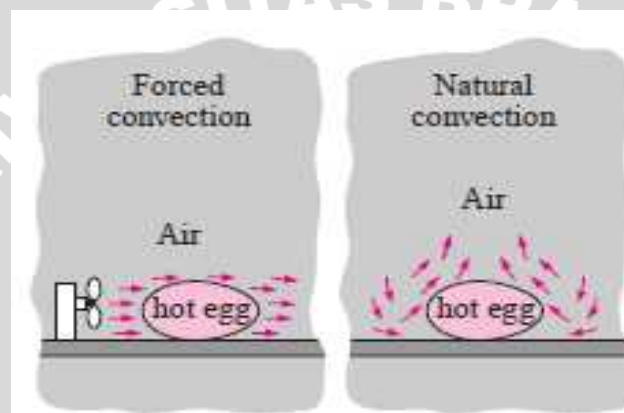
A = Luas penampang pada posisi normal arah perpindahan panas (m²)

(T₁-T₂) = Beda temperatur pada penampang (°C)

ΔX = Tebal material (m)

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi pada partikel zat yang memiliki temperatur lebih tinggi berpindah tempat secara mengalir sehingga terjadi perpindahan panas melalui perpindahan massa. Pada perpindahan panas konveksi, aliran fluida atau zat dapat berlangsung alami akibat perbedaan massa jenis karena perbedaan temperatur, dan dapat juga berlangsung akibat paksaan eksternal melalui pompa kompresor. Sehingga pada perpindahan panas konveksi kita mengenal aliran fluida bebas dan paksaan. Dimana perpindahan panas pada aliran bebas disebut konveksi bebas dan perpindahan panas pada aliran paksaan disebut konveksi paksa. Perbedaan antara perpindahan panas konveksi bebas dengan paksa ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Perpindahan panas konveksi paksa dan bebas pada sebuah telur rebus
Sumber : Cengel ; 2011 : 26

Persamaan untuk laju perpindahan panas konveksi dikenal dengan hukum Newton pendinginan (*Newton's law of cooling*). Disini koefisien perpindahan panas konveksi bukan merupakan properti material, melainkan secara eksperimental dapat ditentukan. Koefisien perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh keadaan yang kompleks. Nilai koefisien h bergantung pada geometri, properties fluida, dan kecepatan aliran fluida. Laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (2-3)$$

Q = Laju aliran panas konveksi (Watt)

A = Luas penampang (m^2)

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

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

2.5 Porositas

Pada *porous media* terdapat ruang kosong atau pori-pori yang banyak untuk dilalui fluida. Besaran ruang kosong pada *porous media* dikenal dengan istilah 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 :

$$\phi = \frac{\text{volume pori-pori}}{\text{volume keseluruhan material}} \times 100\% \quad (2-4)$$

2.6 Konduktivitas Termal Efektif

Konduktivitas termal efektif yaitu konduktivitas termal lapisan *porous media* dengan *void* terisi *vapor*. Saat terjadi proses kondensasi, *porous media* memiliki perubahan konduktivitas termal efektif. Perubahan terjadi dikarenakan fluida yang memasuki dan menyentuh media berpori dan kemudian mengisi pori – pori atau *void*. Konduktivitas termal efektif *porous media* dalam kondisi *vapor-void* k_{eff} didefinisikan sebagai,

$$K_e = \left[\left(1 - \varepsilon^{\frac{2}{3}} \right) + \left\{ \frac{\varepsilon^{\frac{2}{3}}}{\left[\left(1 - \varepsilon^{\frac{1}{3}} \right) + \varepsilon^{\frac{1}{3}} \left(\frac{k_p}{k_a} \right) \right]} \right\} \right] k_p \quad (2-5)$$

dimana

- ε : porositas *porous media*
- k_p : konduktivitas termal partikel *porous media*
- k_a : konduktivitas termal *vapor*

2.7 Aliran Laminar dan Turbulen

2.7.1 Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan aliran yang bergerak dalam lapisan-lapisan, dimana perpindahan momentum dan massa terjadi secara molekuler dari lapisan yang mempunyai kecepatan yang relatif tinggi menuju lapisan yang mempunyai kecepatan lebih rendah. Pada aliran laminar partikel fluida bergerak secara berurutan mengikuti lintasan yang lancar dengan kecepatan yang tetap. Kecenderungan aliran laminar menjadi turbulen diredam oleh gaya-gaya viskos yang memberikan hambatan terhadap gerak relatif lapisan-lapisan fluida (Halli, 2012). Besar bilangan *Reynold* pada aliran laminar yaitu :

- $Re < 5.10^5$ untuk aliran eksternal

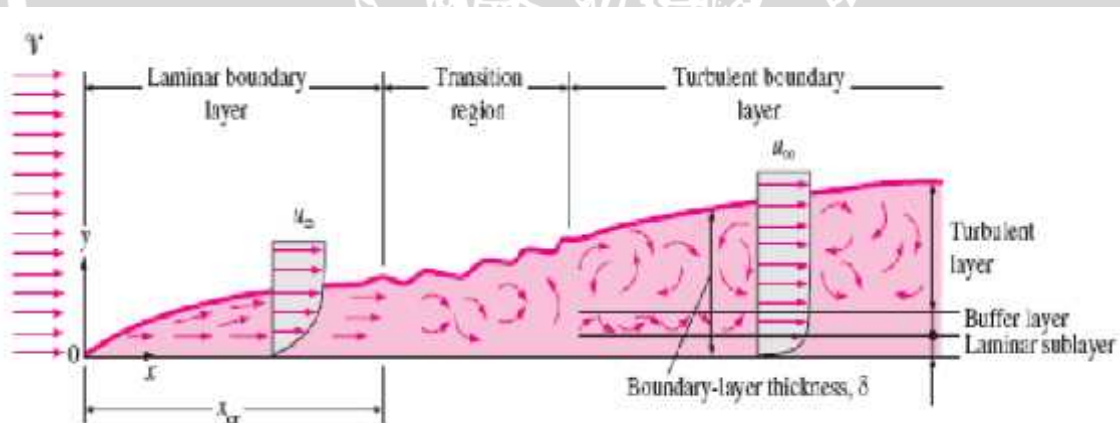
- $Re < 2300$ untuk aliran internal

2.7.2 Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran dimana partikel-partikel fluidanya bergerak secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi dan saling interaksi antar gumpalan fluida. Fluida pada aliran turbulen digambarkan seperti gumpalan-gumpalan fluida yang bergerak secara acak (Halli, 2012). Gumpalan partikel-partikel 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. Besar bilangan *Reynold* pada aliran turbulen yaitu :

- $Re > 5 \cdot 10^5$ untuk aliran eksternal
- $Re > 4000$ untuk aliran internal

Aliran fluida akan mengalami proses transisi dari aliran laminar ke aliran turbulen sebelum aliran tersebut turbulen. Pada aliran internal aliran transisi dari aliran laminar ke turbulen terjadi pada bilangan *Reynold* antara 2300 – 4000. Proses aliran transisi dapat dilihat pada gambar 2.4.



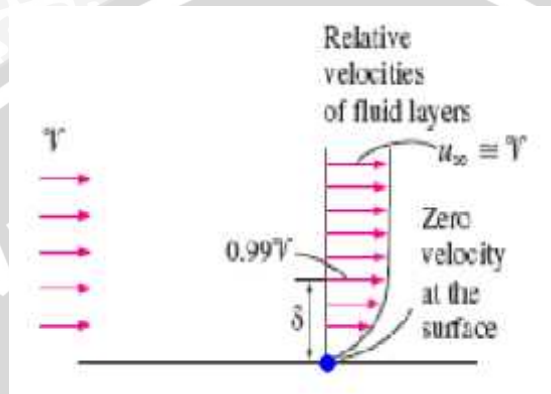
Gambar 2.4 : Perkembangan aliran laminar dan turbulen pada sebuah plat
Sumber : Cengel ; 2011 : 339

Aliran dimana pergerakan dari partikel partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menimbulkan kerugian-kerugian aliran.

2.8 Lapisan batas

2.8.1 Lapisan Batas Kecepatan

Jika suatu fluida mengalir melalui sebuah permukaan *solid* maka akan membentuk lapisan batas dan kecepatan fluida yang menempel dinding adalah nol (*no slip*). Lapisan batas merupakan lapisan fluida dari permukaan plat hingga suatu titik tertentu yang diukur terhadap permukaan padat dimana efek viskositas dapat diabaikan atau tidak berpengaruh lagi. Gambar 2.5 akan menjelaskan tentang struktur lapisan batas.

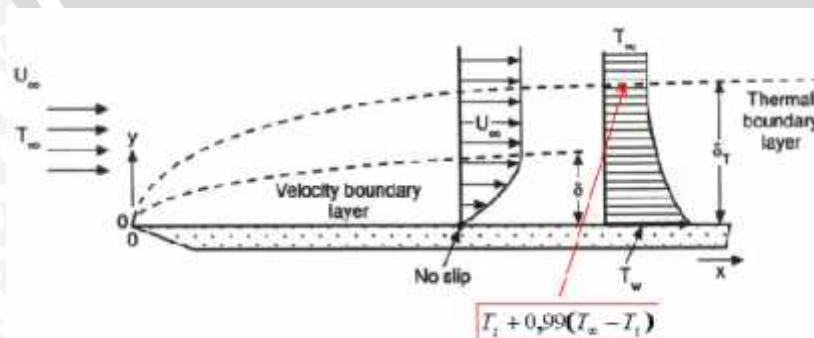


Gambar 2.5 : Lapisan batas kecepatan

Sumber : Cengel ; 2011 : 340

2.8.2 Lapisan Batas Termal

Bila fluida pada suatu temperatur mengalir di atas suatu permukaan yang berada pada temperatur berbeda, perilaku fluida tidak hanya terdapat lapisan batas kecepatan saja, akan tetapi juga terbentuk lapisan batas termal. Lapisan batas termal merupakan daerah dimana gradien temperatur dalam aliran fluida masih dirasakan. Gradien temperatur terbentuk dari proses penukaran kalor antara fluida dan permukaan dinding bagian dalam. Gambar 2.6 memberikan penjelasan mengenai *thermal boundary layers* yang terjadi pada permukaan plat.



Gambar 2.6 : Lapisan batas termal

Sumber : JP Holman; 1988 : 290

2.9 Bilangan *Reynold*

Bilangan *Reynolds* merupakan besaran tidak berdimensi yang digunakan sebagai parameter dalam membedakan aliran laminier dan turbulen. Setelah melakukan eksperimen yang mendalam pada tahun 1884, Osborne Reynold menemukan bahwa rezim aliran sangat dipengaruhi oleh perbandingan antara gaya inersia (*inertia forces*) dengan gaya viskos (*viscous forces*) pada sebuah fluida. Bilangan *Reynold* juga digunakan sebagai acuan untuk mengetahui jenis-jenis aliran yang berlangsung dalam air. Hal ini dikarenakan pada suatu keadaan bahwa dalam suatu pipa atau dalam satu tempat mengalirnya air, sering terjadi perubahan bentuk aliran yang satu menjadi aliran yang lain. Perubahan bentuk aliran ini memerlukan waktu dan tidak terjadi secara tiba-tiba, yakni suatu waktu yang relatif pendek dengan diketahuinya kecepatan kritis dari suatu aliran. Kecepatan kritis ini pada umumnya dipengaruhi oleh bentuk pipa, jenis zat cair yang lewat dalam pipa tersebut.

Pada *incompressible flow* di dalam pipa kondisi aliran laminier atau turbulen ditentukan oleh besarnya bilangan *Reynold* yang dituliskan dalam persamaan 2-6:

$$Re = \frac{r \cdot v \cdot D}{m} = \frac{v \cdot D}{u} \quad (2-6)$$

dengan :

- v = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa [m/s]
- D = diameter pipa [m]
- U = viskositas kinematik [m²/s]
- μ = viskositas absolut/dinamik [kg/ms]
- ρ = densitas [kg/m³]

Besar nilai bilangan *Reynold* dalam menentukan apakah aliran laminar dan turbulen dipengaruhi oleh beberapa besaran diatas, yaitu massa jenis air, kecepatan aliran, kekentalan, dan diameter pipa. Kombinasi dari keempatnya akan menentukan besarnya bilangan *Reynold*. 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.

2.10 Bilangan *Grashof*

Bilangan *Grashof* (Gr) dapat didefinisikan sebagai bilangan tak berdimensi yang merupakan rasio antara *bouyancy force* dengan *viscous force* pada fluida. Bilangan *Grashof* dinamai dari insinyur jerman yang bernama *Franz Grashof*.

$$Gr = \frac{g\beta(T_1 - T_2)d^3}{\nu^2} \quad (2-7)$$

dengan :

- g = percepatan gravitasi [m/s^2]
- d = diameter pipa [m]
- ν = viskositas kinematik [m^2/s]
- β = *volume expansion coefficient* [K^{-1}]
- $T_1 - T_2$ = perbedaan temperatur [K]

2.11 Bilangan *Prandtl*

Bilangan *Prandtl* (Pr) merupakan rasio viskositas kinematik (ν) fluida dengan difusivitas kalor (α), dimana bilangan *Prandtl* merupakan properties termodinamika dari fluida.

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu c_p}{k} \quad (2-8)$$

dengan :

- α = *thermal diffusivity* [m^2/s]
- c_p = kalor spesifik [$J/kg.K$]
- ν = viskositas kinematik [m^2/s]
- μ = viskositas dinamik fluida [kg/ms]
- k = konduktivitas termal [$W/m.K$]

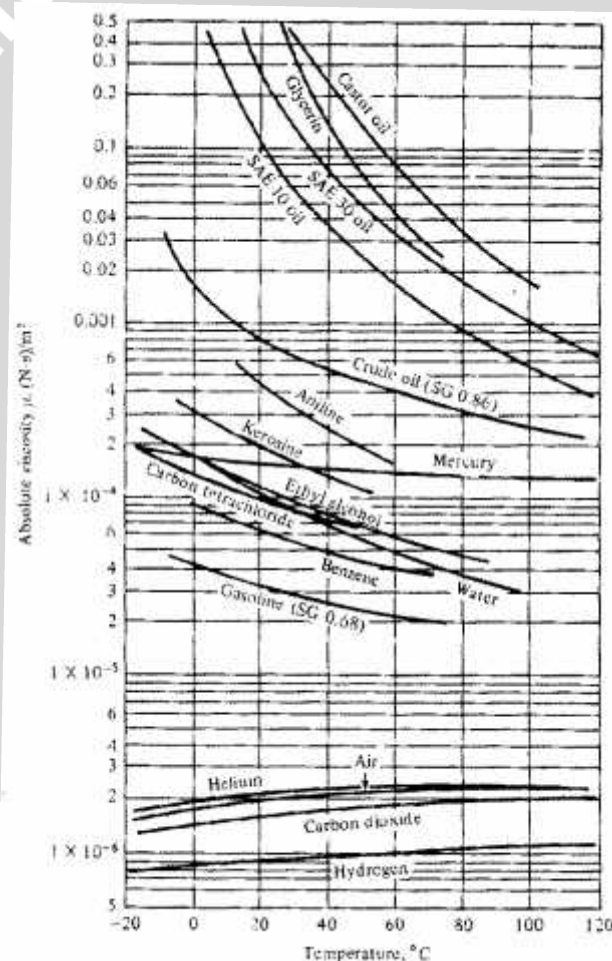
2.12 Viskositas

Viskositas yaitu ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida. Apabila semakin besar viskositas suatu fluida, maka akan semakin sulit fluida tersebut untuk mengalir. Viskositas merupakan sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut (Streeter, 1986: 8).

Viskositas gas meningkat dengan suhu, tetapi viskositas cairan berkurang dengan naiknya suhu. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan momentum molekularnya. Cairan, dengan molekul-molekul yang jauh lebih rapat daripada gas, mempunyai gaya-gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada gas. Kohesi, merupakan penyebab utama viskositas dalam cairan dan karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu maka demikian juga dengan viskositas. Viskositas dibedakan menjadi 2 macam yaitu viskositas dinamik dan viskositas kinematik.

2.12.1 Viskositas Dinamik

Viskositas dinamik yaitu viskositas yang menunjukkan ketahanan suatu fluida terhadap tegangan geser atau gaya yang bekerja padanya. Viskositas dinamik berbagai fluida pada 1 atm dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Viskositas dinamik fluida pada 1 atm.

Sumber: White; 1994: 387

2.12.2 Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan rasio antara viskositas dinamik dengan densitas suatu fluida. Viskositas biasa digunakan dalam beberapa penerapan seperti untuk menentukan bilangan Reynolds pada aliran fluida dalam pipa. Pada gambar 2.8 terlihat viskositas kinematik dari berbagai fluida pada 1 atm. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk udara viskositas kinematik (ν) akan bertambah seiring meningkatnya temperatur sedangkan untuk fluida cair sebaliknya, yaitu dengan meningkatnya temperatur maka viskositasnya akan menurun. Menurut (Streeter, 1996: 8) perbedaan dalam kecenderungan terhadap temperatur dikarenakan tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tersebut tergantung pada kohesinya dan laju perpindahan momentum molekulernya. Fluida cair yang memiliki ikatan-ikatan molekul yang jauh lebih rapat daripada gas. Kohesi merupakan salah satu penyebab utama viskositas cairan karena kohesi berkurang dengan naiknya temperatur, maka demikian pula dengan viskositasnya. Sebaliknya gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekuler. Secara matematis viskositas kinematis dapat dinyatakan sebagai persamaan 2-9.

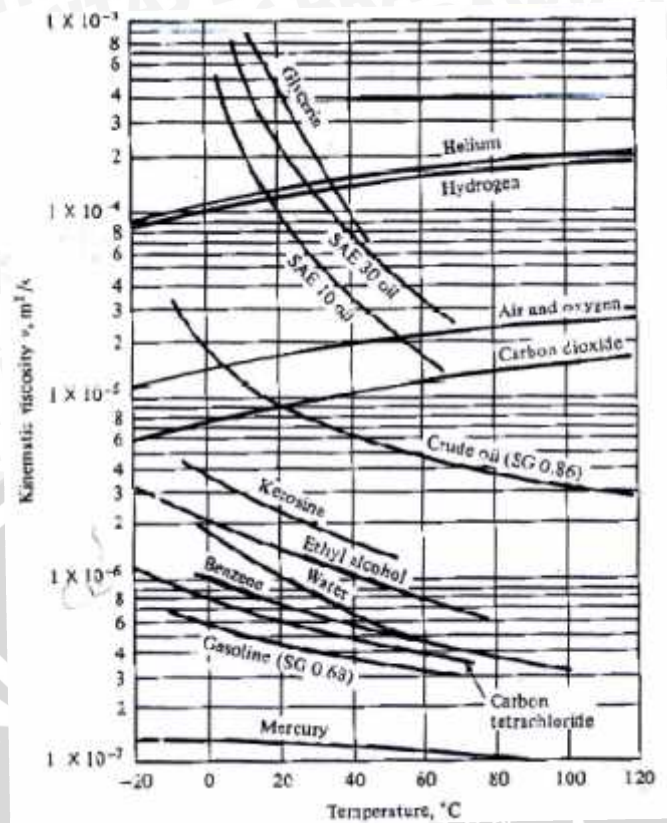
$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-9)$$

dengan :

ν = viskositas kinematik [m^2/s]

μ = viskositas dinamik [$\text{kg}/\text{m.s}$]

ρ = densitas / massa jenis [kg/m^3]

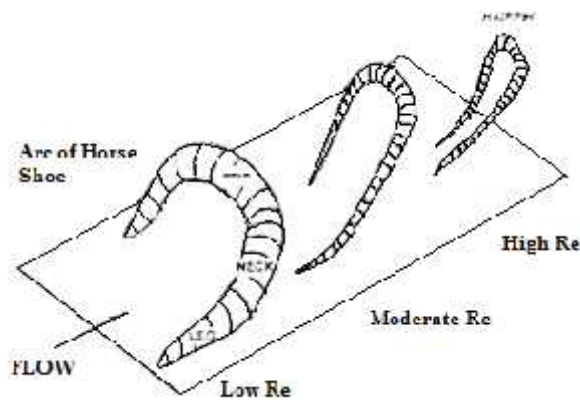


Gambar 2.8 Viskositas kinematik fluida pada 1 atm.

Sumber: White, 1994: 388

2.13 Vortex

Massa fluida gas atau cairan yang partikel-partikelnya bergerak berputar biasa disebut sebagai *vortex*. Perbedaan kecepatan antara lapisan – lapisan fluida yang bersebelahan dengan jarak tertentu menyebabkan partikel fluida bergerak berputar dan menimbulkan gaya – gaya yang akhirnya membentuk puntiran (Potter, 1997). Berdasarkan proses yang membentuknya, *vortex* dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu *free vortex* atau biasa disebut *vortex* bebas dan *forced vortex* (*vortex* paksa). Mekanisme pembentukan *vortex* bebas yaitu fluida berputar dikarenakan gerakan internalnya yang mana tidak ada pengaruh energi dari luar contohnya yaitu pusaran air disungai dan pusaran di belokan pipa akibat aliran sekunder. Sedangkan mekanisme pembentukan *vortex* paksa atau *forced vortex* yaitu fluida yang berputar terbentuk dikarenakan adanya energi dari luar misalnya fluida diberi torsi atau puntiran dari luar. Contohnya yaitu fluida dalam suatu wadah diputar dengan pipa. *Vortex* dapat berubah menurut harga bilangan *Reynold*. Pada bilangan *Reynold* 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.



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

2.14 Software ANSYS Workbench

ANSYS Workbench merupakan salah satu teknologi CAE (*computer aided engineering*) yang menggunakan sistem komputer untuk menganalisis fungsi dari produk desain CAD (*computer aided design*). Sehingga memungkinkan desainer untuk mensimulasikan dan mempelajari bagaimana produk tersebut akan berperilaku sehingga dapat disempurnakan dan dioptimalkan. Pada ANSYS Workbench menggunakan software yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA), yang merupakan teknik numerik yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah – masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*) seperti aliran fluida, analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas dan elektromagnetis. Konsep dasar *Finite Element Analysis* (FEA) yaitu membagi struktur obyek menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dengan dimensi berhingga (elemen hingga), sedangkan struktur asli dianggap sebagai *assembly* dari elemen-elemen hingga tersebut, dihubungkan oleh *joint* dengan jumlah berhingga yang disebut *node* atau titik *node*. Properti dari elemen-elemen tersebut kemudian dihitung untuk mendapatkan properti dari keseluruhan.

ANSYS Workbench 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. Simulasi FAE dapat dilakukan dengan baik.
2. Model yang digambar dari beberapa software CAD dapat langsung diimport ke ANSYS Workbench.

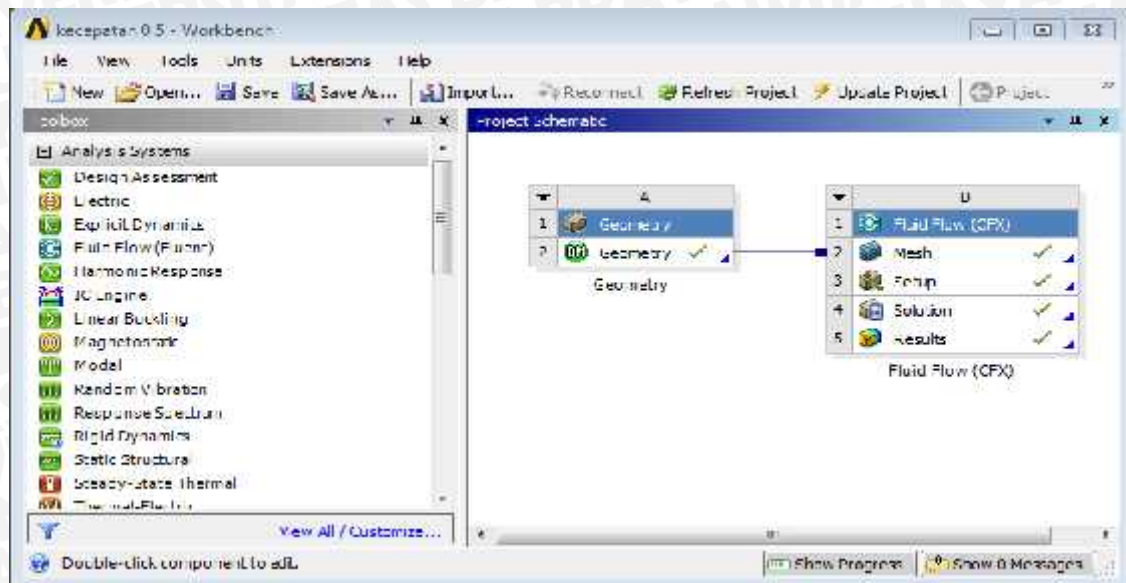
3. Model yang telah dibuat dapat dikondisikan sesuai dengan jenis simulasi yang menggunakan *Design Modeler*.
4. Pengimplementasian *design* yang dipilih dapat dilakukan untuk kondisi sebenarnya.

2.14.1 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* (*Design Modeler*); 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 Modeler* (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.

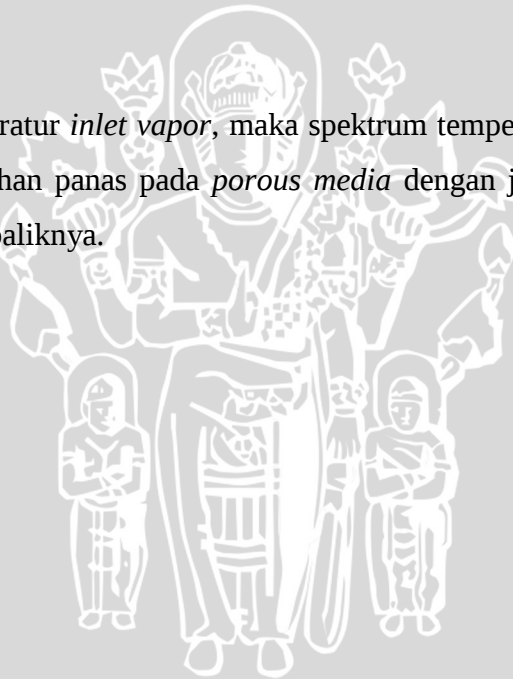
Workbench environment mendukung dua tipe aplikasi yang pertama adalah *Native applications* (*workspaces*) yang merupakan aplikasi asli (*native*) terkini seperti *Project Schematic*, *Engineering Data*, dan *Design Exploration*. Aplikasi asli yang diluncurkan dan dijalankan di jendela *Workbench*. Yang kedua adalah data *Integrated Applications* yaitu aplikasi terkini mencakup *Mechanical*, *Mechanical APDL*, FLUENT, CFX, AUTODYN dan aplikasi lainnya.



Gambar 2.10 Project schematic pada ANSYS workbench
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

2.15 Hipotesis

Semakin tinggi temperatur *inlet vapor*, maka spektrum temperatur akan meningkat dan mengakibatkan perpindahan panas pada *porous media* dengan jarak yang sama juga semakin besar begitu juga sebaliknya.



BAB III

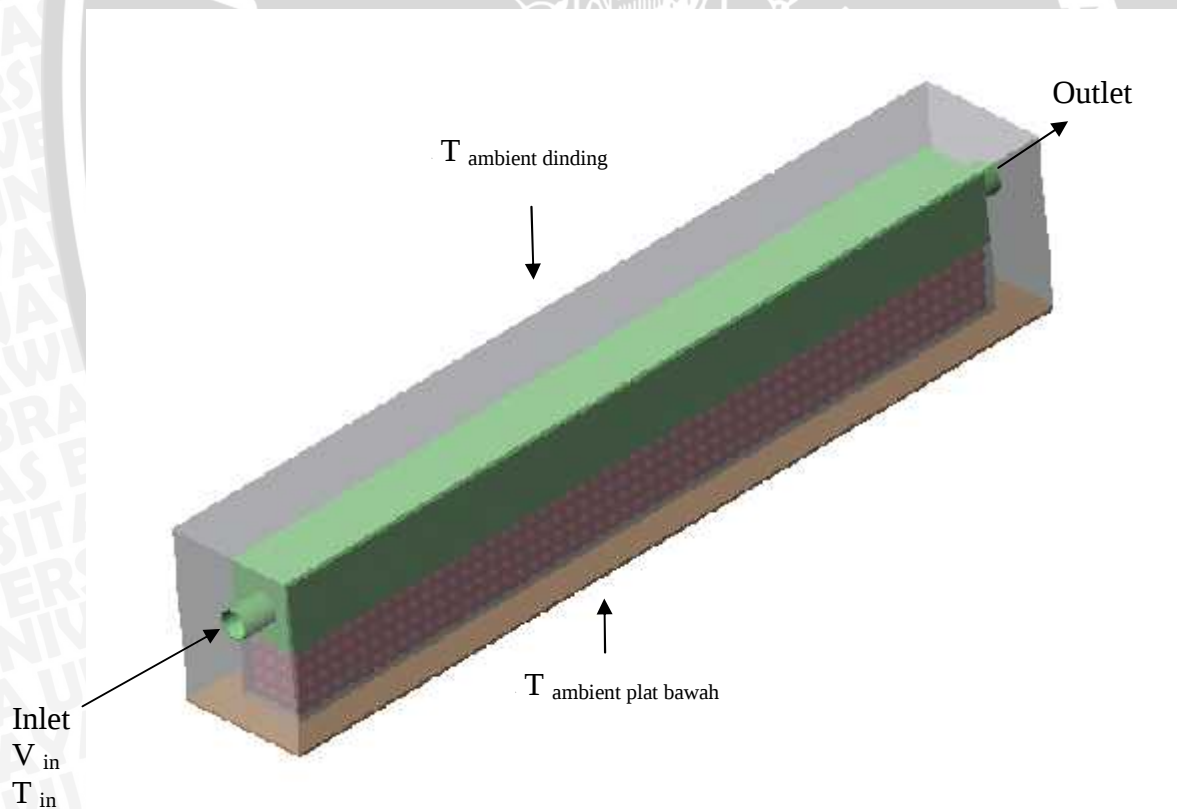
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara numerik dengan menggunakan *software CFX* yang terdapat dalam *ANSYS 14.5 Workbench*, sehingga dapat diketahui pengaruh temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*.

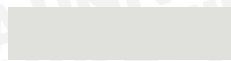
3.2 Rancangan Penelitian

Pada penelitian kali ini akan dilakukan secara simulasi tentang aliran fluida *vapor* pada *porous media chamber*. Adapun instalasi percobaan *porous media chamber* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Skema Simulasi

Keterangan skema:



= Dinding kaca



= Vapor



= Media berpori aluminium



= Plat tembaga tebal 1 mm

$T_{\text{ambient dinding}}$

= Temperatur dinding fluida [K]

$T_{\text{ambient plat bawah}}$

= Temperatur plat bawah [K]

T_{in}

= Temperatur *vapor* masuk [K]

V_{in}

= Kecepatan tangensial *vapor* masuk [m/s]

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a) Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian, sehingga diperoleh hubungan antara keduanya. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah temperatur *vapor* masuk *porous media*. Besarnya temperatur *vapor* yang akan divariasikan adalah 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K.

b) Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*.

c) Variabel Kontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan peneliti dan dikondisikan konstan untuk mengetahui hubungan antara temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- Temperatur *ambient* dari dinding 298 K
- Temperatur *ambient* dari plat tembaga 283 K
- Material yang digunakan untuk *porous media* adalah *porous* aluminium
- Porositas *porous* aluminium sebesar 38 %

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 :

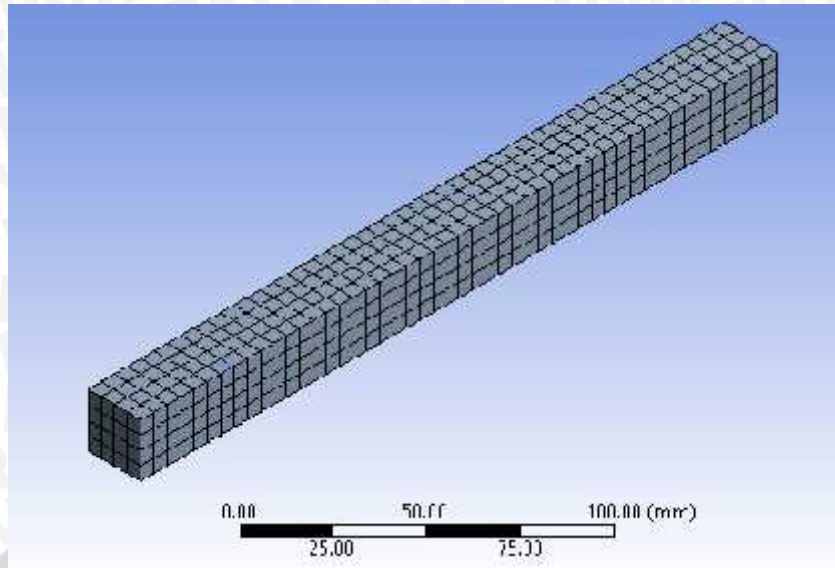
- RAM : 4096 MB
- Operating system : Windows 7 Enterprise 64-bit (6.1, Buld 7600)
- Processor : Intel(R)Core(TM) i3-2120 @ 3,30GHz(4 CPUs),
~3,3GHz
- Total Memori : 12,9 GB

Sedangkan waktu penelitian adalah bulan Oktober 2015 sampai selesai.

3.5 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan analisa mengenai pengaruh variasi temperatur *vapor* terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*. Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan *porous media chamber* dengan ukuran dan bentuk, kemudian menentukan material bahan yang akan digunakan pada penelitian, dan menentukan batas – batas kondisi yang diinginkan.
2. *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.



Gambar 3.2 *Grid generation (meshing) domain fisik pada porous media*
 Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

3. Mengalirkan *vapor* pada *porous media chamber*.

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 (.igs)* ke dalam software analisis Ansys 14.5 CFX.
2. Melakukan *meshing* pada semua bagian *body porous media*.
3. Menentukan jenis sistem analisis
4. Memasukkan *material properties* untuk *porous media*, dinding, plat, dan *vapor*.
5. Menentukan besarnya temperatur *vapor* yang akan dilewatkan pada *porous media* sesuai dengan prosedur pengujian.

3.6.2 *Solution*

Pada tahap ini mendefinisikan jenis hasil (*solving*) yang akan ditampilkan yang mengacu kondisi batas sebelumnya.

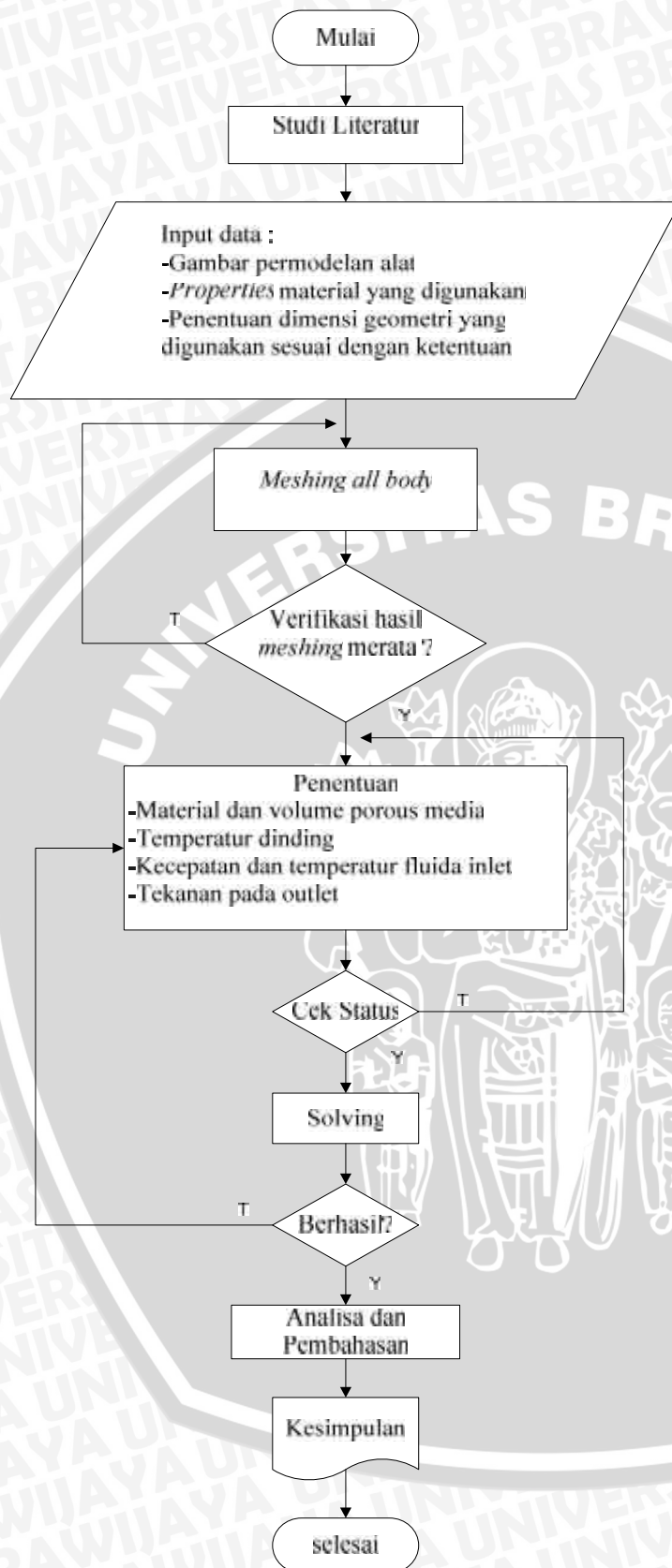
3.6.3 *Post processing*

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

3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan urutan proses pelaksanaan penelitian dari awal sampai selesai. Diagram alir pada penelitian ini terlihat pada gambar 3.3.





Gambar 3.3 Diagram alir penelitian pengaruh temperatur vapor pada porous media

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Bab ini akan menampilkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada tahap penelitian sebelumnya. Hasil tersebut kemudian dianalisis, dimana hasil dari analisis tersebut juga dijelaskan pada bab ini. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh nilai-nilai parameter temperatur pada setiap titik pada *porous media chamber* yang di gunakan untuk pengolahan data pada penelitian ini.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Data Penelitian

Data – data yang berkaitan dengan penelitian ini adalah :

1. Aliran *vapor* 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 : 50 mm
 - Material dinding : Kaca
 - Diameter *inlet* : 8 mm
 - Diameter *Outlet* : 8 mm
 - b. Temperatur *vapor* masuk : 323, 333, 343, 353, dan 363 K
 - c. Kecepatan *vapor* masuk : 0.2 m/s
 - d. Dimensi *porous media* adalah panjang 240 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 20 mm.
 - e. *Porous media* terbuat dari aluminium dengan porositas 38 %.

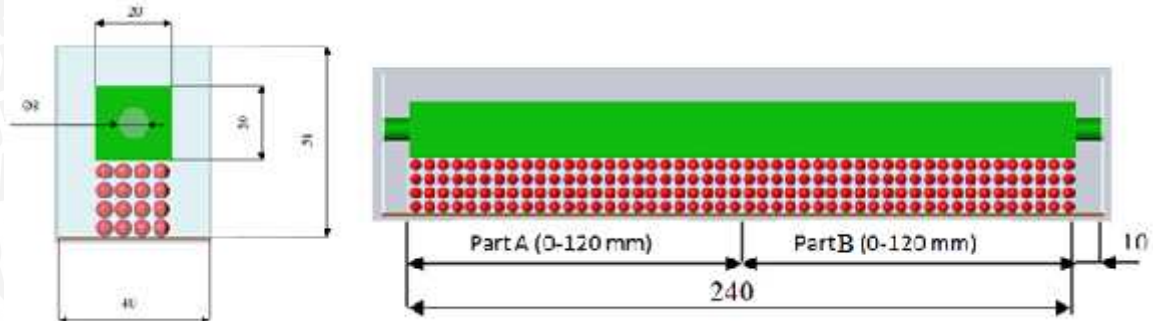
4.3 Pembahasan

Pada penelitian ini pembahasan di fokuskan pada spektrum temperatur dari penampang dengan panjang 260 mm, distribusi temperatur secara melintang yang di ambil pada tiga *region* yaitu *region 1* yang terdapat pada *vapor*, *region 2* permukaan *porous*

media dan *region 3* pada *porous media*, dan distribusi perpindahan panas pada *porous media*.

4.3.1 Pembahasan spektrum temperatur *porous media chamber* dari samping.

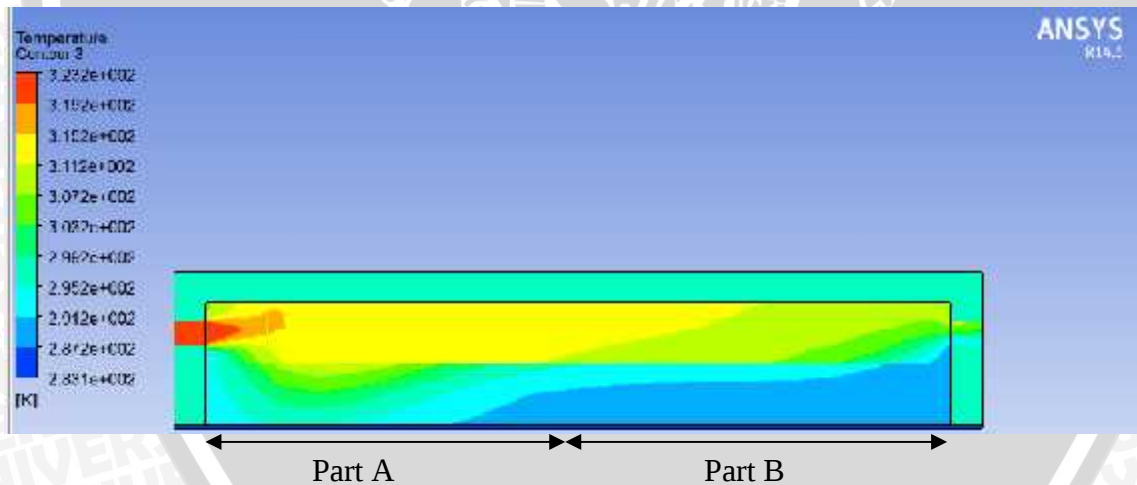
Pembagian daerah pada *porous media chamber* ini di bagi menjadi dua yaitu daerah (*part*) A dengan jarak 0-120 mm dari *inlet vapor* sedangkan daerah (*part*) B pada jarak 120 mm – 240 mm dari *inlet* seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Penampang melintang *porous media chamber*

Sumber : Solidworks Professional 2013

A. Temperatur *vapor* masuk 323 K

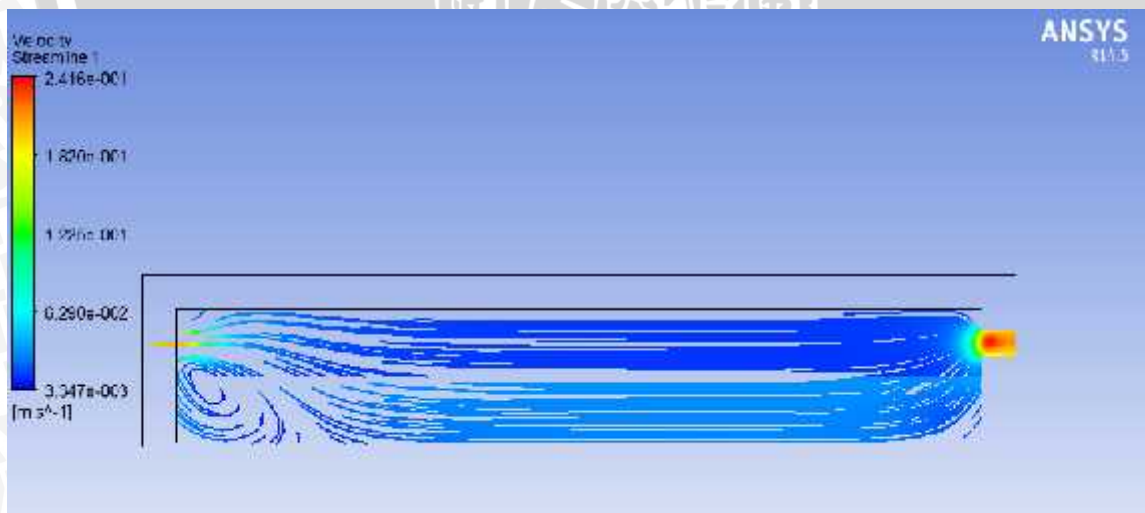


Gambar 4.2 Gambar spektrum temperatur pada temperatur *vapor* masuk 323 K

Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan hasil spektrum temperatur dan garis alur kecepatan pada *porous media chamber* dengan temperatur *vapor* masuk 323 K. Dari hasil distribusi tersebut, dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah (*part*) A dan daerah (*part*) B. Daerah A adalah daerah yang memiliki panjang 120 mm setelah *inlet*. Sedangkan daerah B adalah daerah yang memiliki panjang 120 mm setelah daerah A dan terdapat *outlet*.

Pada daerah A, terdapat 8 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 5 warna pada *porous media*. Spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di samping kiri gambar. Pada daerah A, ketika *vapor* dimasukkan melewati *inlet* dengan penampang 8 mm, temperatur sebesar 323 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga beragam. Semakin menjauh dari *inlet*, temperatur *vapor* masuk tersebut semakin turun. Pada *vapor*, distribusi warna yang dominan muncul adalah warna kuning dengan batas temperatur 311,2 K – 315,2 K. Sedangkan pada *porous media*, terdapat 5 macam distribusi warna yaitu kuning (311,2 K – 315,2 K), hijau muda (307,2 K – 311,2 K), hijau tua (299,2 K – 307,2 K), biru muda (291,2 K – 299,2 K) dan biru sedikit tua (287,2 K – 291,2 K). Setelah melewati *sudden enlargement* spektrum – spektrum warna tersebut membentuk lembah. Dengan terbentuknya lembah tersebut menunjukkan bahwa pada spektrum yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat *vapor* yang dialirkan, dan perbedaan spektrum warna tersebut menandakan terjadinya perpindahan panas antara *vapor* dengan *porous media*. Lembah tersebut tidak terbentuk dari awal masuknya *vapor*, disebabkan karena setelah *vapor* melewati *inlet* maka *vapor* mengalami *sudden enlargement* sehingga aliran *vapor* belum berkembang penuh dan pada sisi awal terjadi *vortex* hal ini ditunjukkan dengan gambar 4.3.



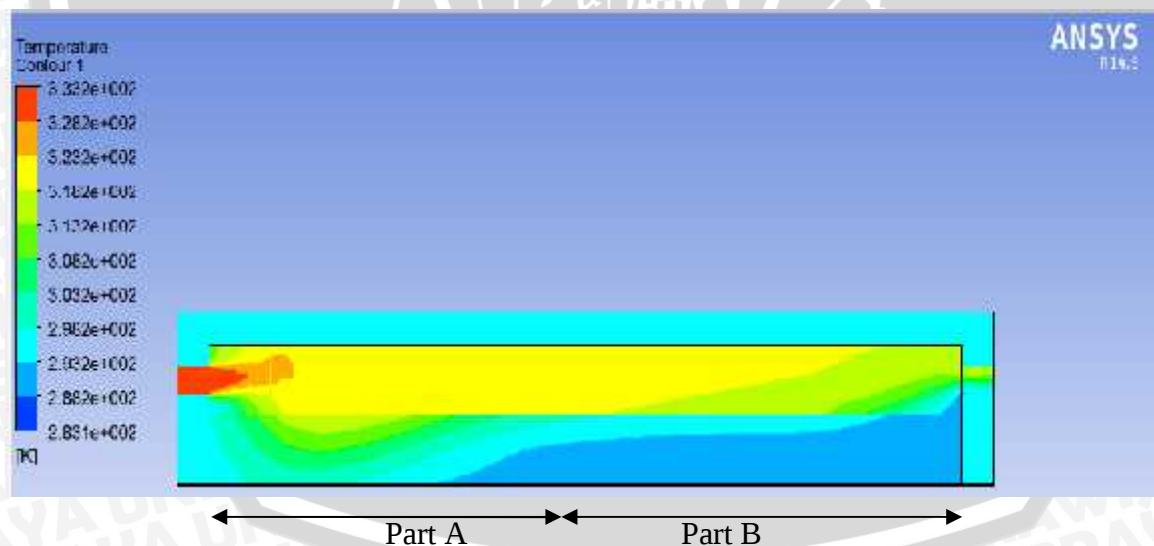
Gambar 4.3 Gambar garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 323 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

Gambar 4.3 di atas menunjukkan kecepatan aliran pada *porous media chamber*. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran tidak berkembang penuh secara langsung dari awal masuknya *vapor*. Hal ini dikarenakan terdapat *vortex* pada bagian awal *inlet* yang

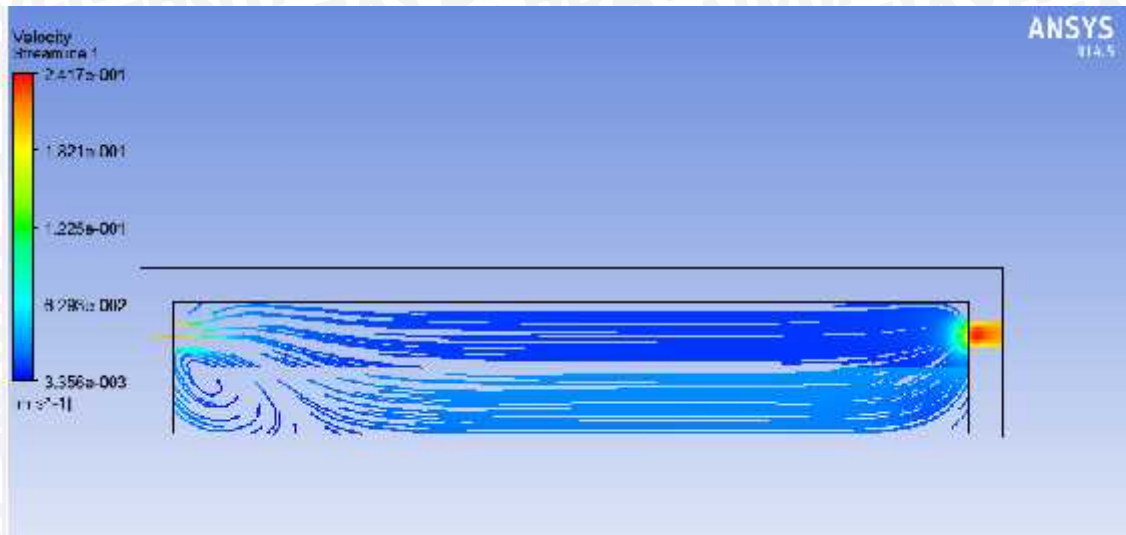
diakibatkan oleh adanya *sudden enlargement*. Besarnya fenomena *vortex* ditunjukkan dengan adanya pusaran yang terdapat pada bagian awal *porous media chamber* yang ditunjukkan pada gambar diatas. Dikarenakan adanya *vortex* tersebut, sehingga spektrum temperatur pada *porous media* tidak terjadi dari awal setelah memasuki *inlet*. Pada gambar 4.3 diatas juga dijelaskan bahwa kecepatan pada bagian *porous media* lebih besar dari pada bagian aliran *vapor*. Hal ini dikarenakan luas penampang pada bagian *porous media* yang dilalui *vapor* lebih kecil, sehingga memiliki kecepatan lebih tinggi.

Pada daerah B, terdapat 6 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 2 warna pada *porous media*. Pada aliran *vapor*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh *vapor* dari *inlet* maka temperatur *vapor* juga semakin rendah. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap spektrum warna dapat dilihat pada keterangan di sebelahnya. Pada *porous media* terlihat perbedaan spektrum warna antara daerah A dan daerah B. Temperatur pada *porous media* di area B cenderung konstan dikarenakan pada daerah B *vapor* sudah mengalami pendinginan sehingga gradien temperatur yang terjadi pada *porous media* semakin rendah.

B. Temperatur *vapor* masuk 333 K



Gambar 4.4 Gambar spektrum temperatur pada temperatur *vapor* masuk 333 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5



Gambar 4.5 Gambar garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 333 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

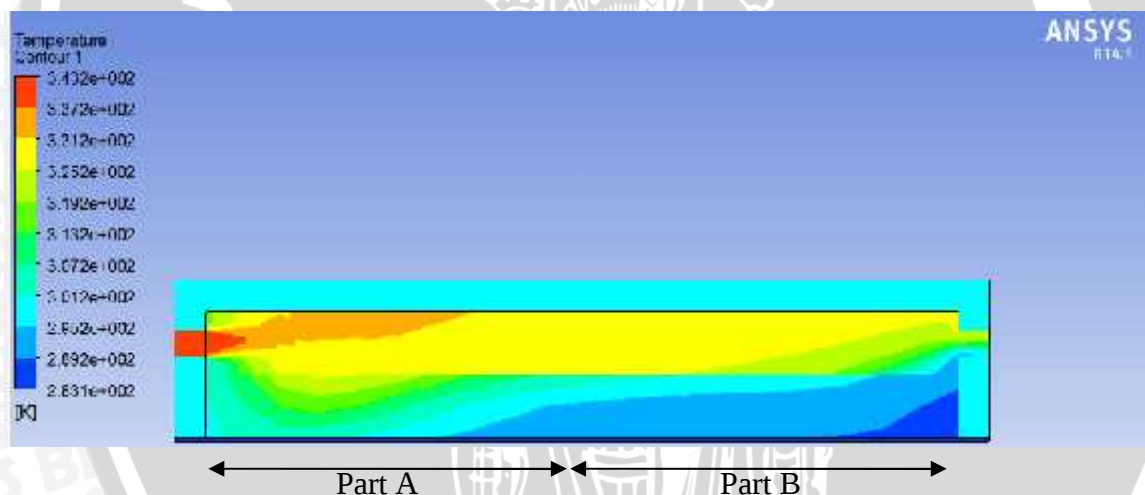
Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan spektrum temperatur dan garis alur kecepatan pada *porous media chamber* dengan temperatur *vapor* masuk 333 K. Pada daerah (part) A, terdapat 7 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 5 warna pada *porous media*. Spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelah kiri. Pada daerah A, ketika *vapor* dimasukkan melewati *inlet* dengan penampang 8 mm, temperatur sebesar 333 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari *inlet*, temperatur *vapor* masuk tersebut semakin turun. Pada aliran *vapor*, spektrum warna yang dominan muncul adalah warna kuning dengan batas temperatur (311,2 K – 315,2 K). Sedangkan pada *porous media*, terdapat 5 macam spektrum warna yaitu kuning, biru sedikit tua, biru muda, dan 2 warna spektrum hijau. Kelima spektrum – spektrum warna tersebut membentuk lembah. Hal ini menunjukkan bahwa pada spektrum yang membentuk lembah tersebut terjadi perubahan temperatur akibat *vapor* yang dialirkan, sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur *vapor* yang dialirkan menurun. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada *porous media* tersebut terjadi perpindahan panas.

Pada gambar 4.5 yaitu garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 333 K tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Lembah yang terdapat pada gambar 4.4 tidak terbentuk dari awal masuknya *vapor*. Hal ini disebabkan setelah melewati *sudden*

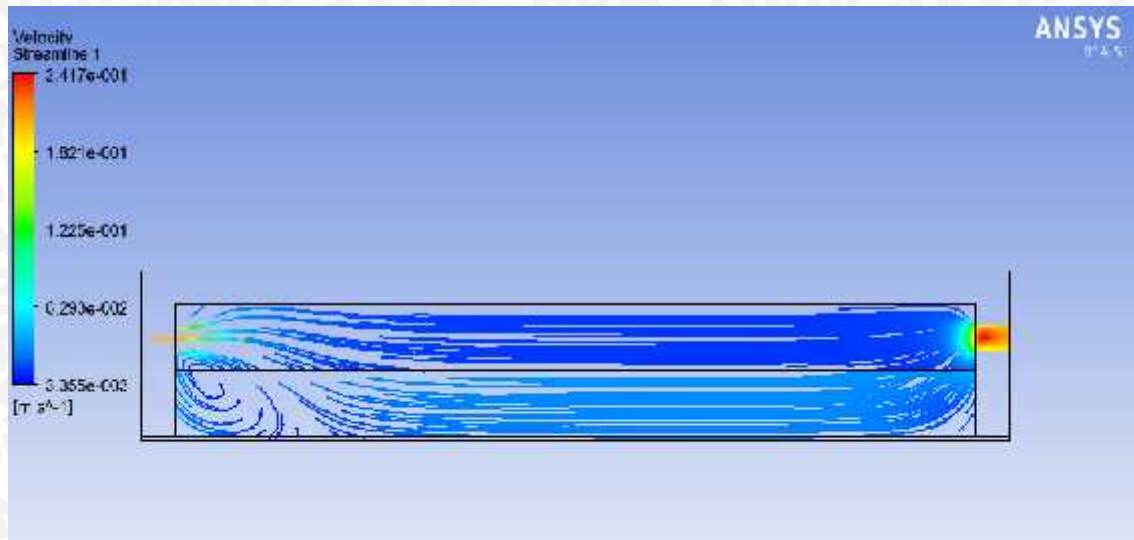
enlargement aliran tidak langsung berkembang penuh dan pada sisi awal terdapat *vortex*. Hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.5.

Pada daerah (*part*) B, terdapat 5 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 5 warna pada aliran *vapor* masuk dan 2 warna pada *porous media*. Pada aliran *vapor* terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang artinya terdapat gradien temperatur. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur *vapor* semakin menurun. Besarnya spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelah kiri. Pada *porous media*, terlihat perbedaan spektrum warna antara daerah A dan daerah B. Temperatur pada *porous media* di daerah B cenderung konstan dengan kisaran temperatur (288,2 K - 299,2 K). Hal tersebut dapat diartikan bahwa perpindahan panas pada daerah B pada *porous media* cenderung konstan.

C. Temperatur *vapor* masuk 343 k



Gambar 4.6 Gambar spektrum temperatur pada temperatur *vapor* masuk 343 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

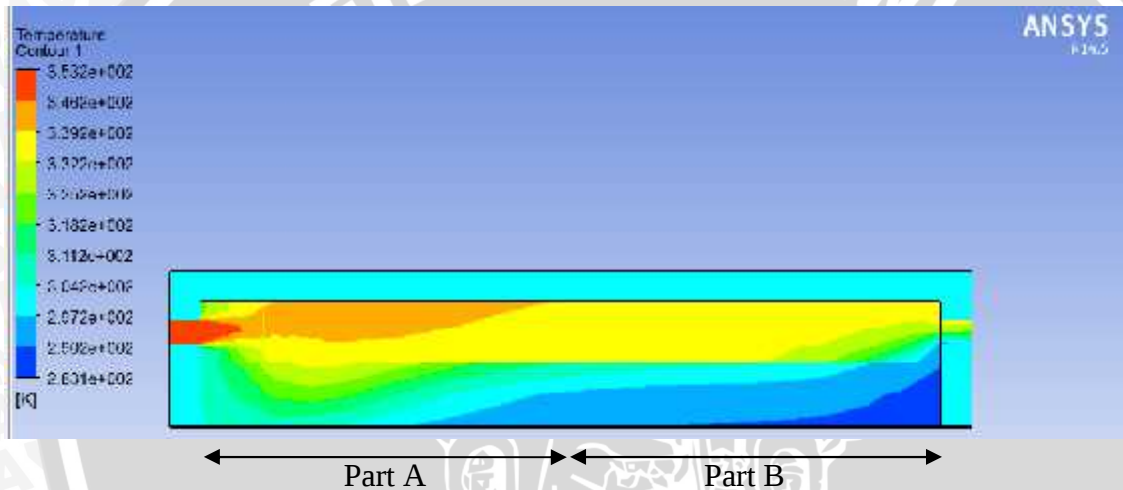


Gambar 4.7 Gambar garis alur kecepatan pada temperatur vapor masuk 343 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

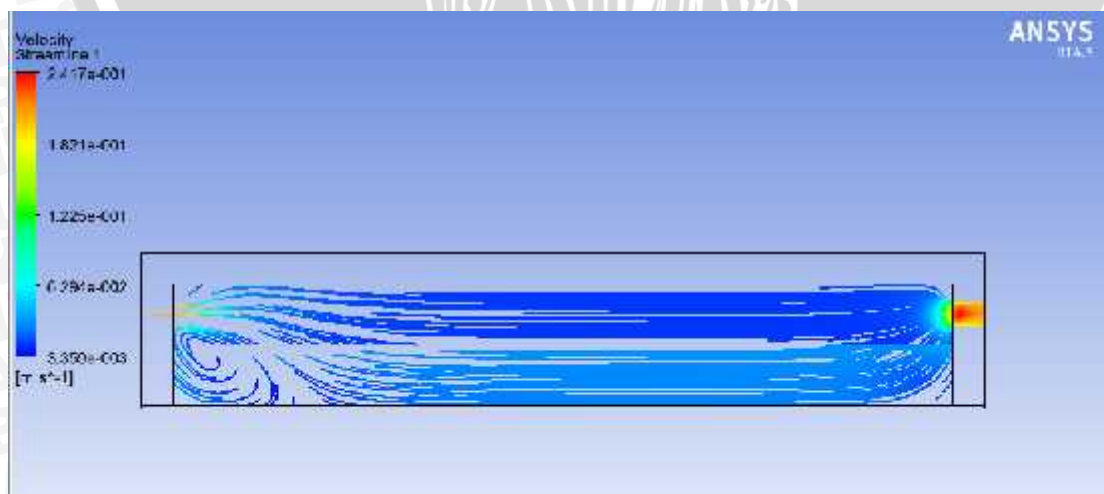
Gambar 4.6 dan 4.7 di atas menunjukkan spektrum temperatur dan garis alur kecepatan pada *porous media chamber* dengan temperatur vapor masuk 343 K. Pada daerah (part) A, terdapat 7 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran vapor masuk dan 5 warna pada *porous media*. Spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di yang tercantum pada sebelahnya. Pada daerah A, ketika vapor masuk melewati *inlet* dengan penampang *sudden enlargement* dengan temperatur sebesar 343 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari *inlet*, terlihat bahwa temperatur vapor masuk tersebut semakin rendah. Sedangkan pada *porous media*, terdapat spektrum warna kuning, hijau dan biru dengan berbagai gradasi warna dan masing – masing membentuk lembah. Pada lembah tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan temperatur akibat vapor masuk yang dialirkan sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur vapor yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari vapor (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada daerah ini lebih besar dari pada lembah pada temperatur 323 K dan 333 K. Dari spektrum tersebut dapat diartikan bahwa distribusi temperatur lebih besar dan merata. Ini menunjukkan pada *porous media* terjadi perpindahan panas. Selain itu dari spektrum tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur vapor masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar pada *porous media* untuk mentransfer panas.

Pada daerah (*part*) B, terdapat 6 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 5 warna pada aliran *vapor* masuk dan 3 warna pada *porous media*. Pada aliran *vapor*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh *vapor* dari *inlet* maka temperatur *vapor* juga semakin rendah. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap spektrum warna terlihat pada keterangan di sebelah kiri. Terdapat perbedaan spektrum warna dibandingkan dengan temperatur 323 K dan 333 K. Pada *porous media* terdapat spektrum warna yang lebih banyak yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur *vapor* masuk 323 K dan 333 K.

D. Temperatur *vapor* masuk 353 K



Gambar 4.8 Gambar spektrum temperatur pada temperatur *vapor* masuk 353 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5



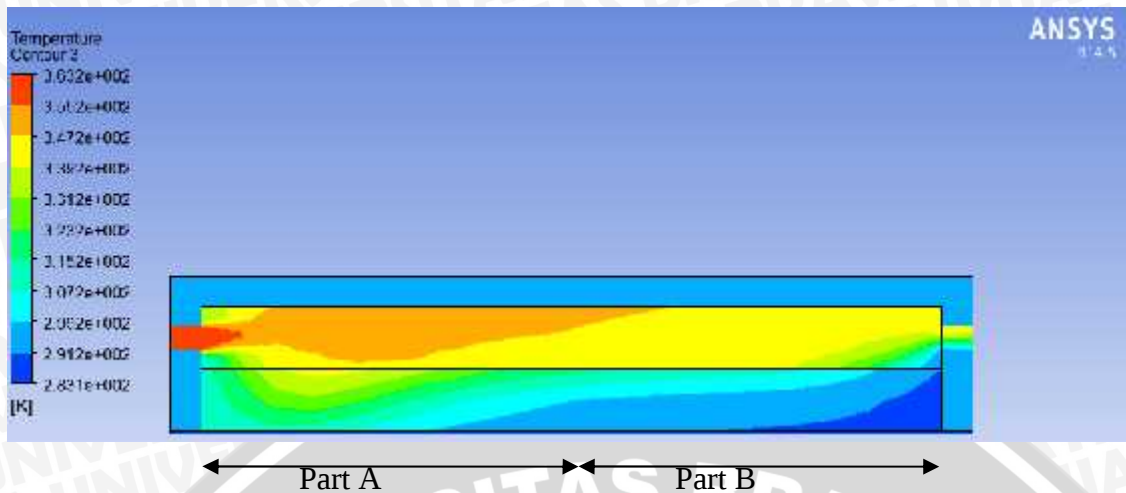
Gambar 4.9 Gambar garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 353 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

Gambar 4.8 dan 4.9 di atas menunjukkan spektrum temperatur dan garis alur kecepatan pada *porous media chamber* dengan temperatur *vapor* masuk 353 K. Pada daerah (*part*) A, terdapat 7 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 5 warna pada *porous media*. Spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelah kiri gambar.

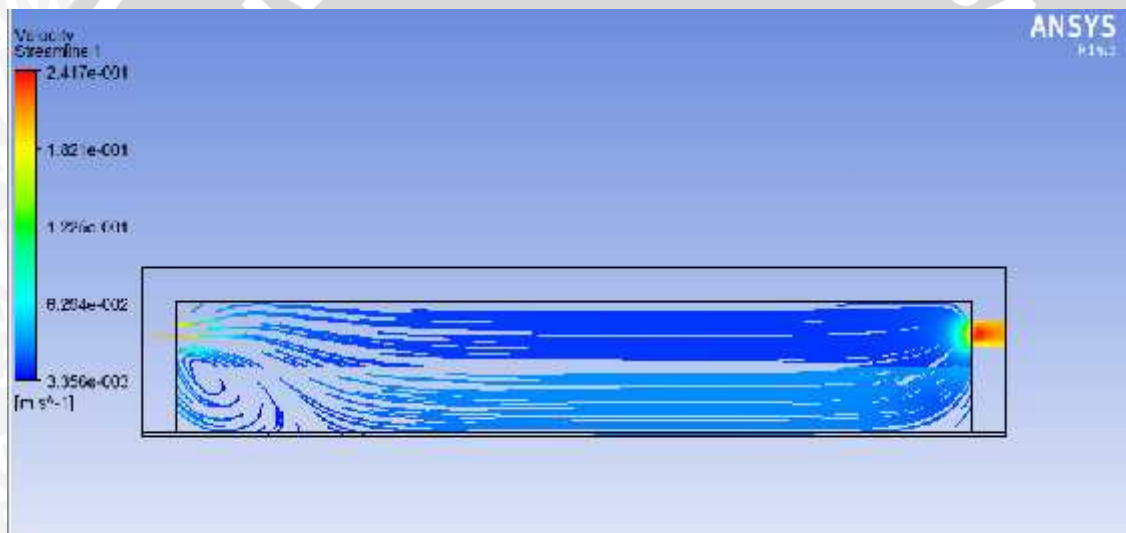
Spektrum warna pada gambar 4.8 hampir sama dengan gambar 4.6, hanya saja terdapat perbedaan pada luasan masing – masing spektrum warna. Pada daerah A, saat *vapor* masuk melewati *inlet* dengan penampang *sudden enlargement* dengan temperatur sebesar 353 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga berbeda – beda. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur *vapor* masuk tersebut semakin menurun. Sedangkan pada *porous media*, terdapat spektrum warna kuning, hijau dan biru dengan berbagai gradasi warna dan masing – masing membentuk lembah. Pada lembah tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan temperatur akibat *vapor* masuk yang dialirkan sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur *vapor* yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari *vapor* (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada daerah ini lebih besar dari pada lembah pada temperatur 323 K, 333 K, dan 343 K. Dari spektrum tersebut dapat dilihat bahwa distribusi temperatur lebih besar dan merata. Ini menunjukkan pada *porous media* terjadi perpindahan panas. Selain itu dari spektrum tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur *vapor* masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar agar temperatur *vapor* masuk menjadi lebih rendah.

Pada daerah (*part*) B, terdapat 6 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 5 warna pada aliran *vapor* masuk dan 3 warna pada *porous media*. Pada aliran *vapor*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh *vapor* dari *inlet* maka temperatur *vapor* juga semakin rendah. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap spektrum warna terlihat pada keterangan di sebelah kiri gambar. Terdapat perbedaan spektrum warna dibandingkan dengan temperatur 323 K, 333 K, dan 343 K. Pada *porous media* terdapat spektrum warna yang lebih besar yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur *vapor* masuk 323 K, 333 K, dan 343 K.

E. Temperatur *vapor* masuk 363 K



Gambar 4.10 Gambar spektrum temperatur pada temperatur *vapor* masuk 363 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5



Gambar 4.11 Gambar garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 363 K
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

Pada daerah (*part*) A, terdapat 7 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 5 warna pada *porous media*. Spektrum warna – warna tersebut mempunyai batas temperatur maksimum dan minimum sesuai dengan keterangan di sebelah kiri gambar. Spektrum warna pada gambar 4.10 hampir sama dengan gambar 4.8, hanya saja terdapat perbedaan pada luasan masing – masing spektrum warna. Pada daerah A, ketika *vapor* masuk melewati *inlet* dengan penampang *sudden enlargement* dengan temperatur sebesar 363 K. Setelah melewati *sudden enlargement*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang menunjukkan besarnya temperatur pada daerah tersebut juga beragam. Semakin menjauh dari saluran masuk, terlihat bahwa temperatur *vapor* masuk tersebut semakin menurun. Sedangkan pada

porous media, terdapat spektrum warna kuning, hijau dan biru dengan berbagai gradasi warna dan masing – masing membentuk lembah. Pada lembah tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan temperatur akibat *vapor* masuk yang dialirkan sehingga temperatur *porous media* tersebut meningkat dan menyebabkan temperatur *vapor* yang dialirkan menurun. Dengan kata lain, pada *porous media* terjadi perpindahan panas dari *vapor* (*heat source*). Besarnya lembah yang terbentuk pada daerah ini lebih besar dari pada lembah pada temperatur 323 K, 333 K, 343 K dan 353 K. Dari spektrum tersebut dapat dilihat bahwa distribusi temperatur lebih besar dan merata. Ini menunjukkan pada *porous media* terjadi perpindahan panas. Selain itu dari spektrum tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan temperatur *vapor* masuk yang lebih tinggi dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar agar temperatur *vapor* masuk menjadi lebih rendah.

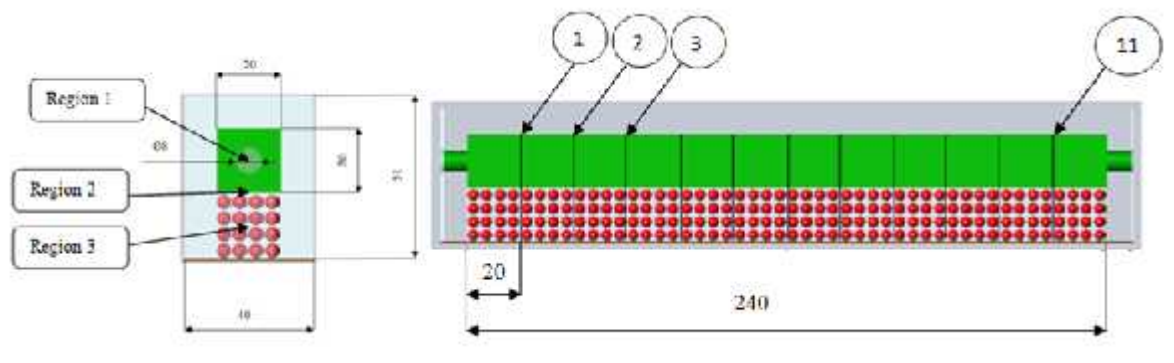
Pada gambar garis alur kecepatan pada temperatur *vapor* masuk 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Gambar – gambar garis alur kecepatan di atas menunjukkan kecepatan aliran pada *porous media chamber*. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran tidak berkembang penuh secara langsung dari awal masuknya *vapor*. Hal ini dikarenakan terdapat *vortex* pada bagian awal *inlet* yang diakibatkan oleh adanya *sudden enlargement*. Besarnya fenomena *vortex* ditunjukkan dengan adanya pusaran yang terdapat pada bagian awal *porous media chamber* yang ditunjukkan pada gambar diatas. Dikarenakan adanya *vortex* tersebut, sehingga spektrum temperatur pada *porous media* tidak terjadi dari awal setelah memasuki *inlet*. Pada gambar garis alur kecepatan diatas juga dijelaskan bahwa kecepatan pada bagian *porous media* lebih besar dari pada bagian aliran *vapor*. Hal ini dikarenakan luas penampang pada bagian *porous media* yang dilalui *vapor* lebih kecil, sehingga memiliki kecepatan lebih tinggi.

Pada daerah (*part*) B, terdapat 7 spektrum warna yang berbeda – beda dengan distribusi 6 warna pada aliran *vapor* masuk dan 3 warna pada *porous media*. Pada aliran *vapor*, terdapat spektrum warna yang berbeda – beda yang artinya terdapat perbedaan temperatur. Semakin menjauh *vapor* dari *inlet* maka temperatur *vapor* juga semakin rendah. Besarnya batas temperatur maksimum dan minimum tiap spektrum warna terlihat pada keterangan di sebelah kiri gambar. Terdapat perbedaan spektrum warna dibandingkan dengan temperatur 323 K, 333 K, 343 K dan 353 K. Pada *porous media* terdapat spektrum warna yang lebih besar yang menandakan pada daerah tersebut terjadi perpindahan panas yang lebih besar daripada dengan temperatur *vapor* masuk 323 K, 333 K, 343 K dan 353 K

Secara garis besar perbedaan yang mencolok dari kelima spektrum temperatur dari *porous media chamber* jika ditinjau dari temperatur *vapor*nya adalah semakin besar temperatur *vapor* maka dibutuhkan luas permukaan yang lebih besar untuk mentransfer panas pada *porous media*. Ini dibuktikan dengan semakin besar temperatur *vapor* masuk maka spektrum temperatur yang terlihat semakin besar.

4.3.2 Pembahasan spektrum temperatur *porous media chamber* secara melintang.

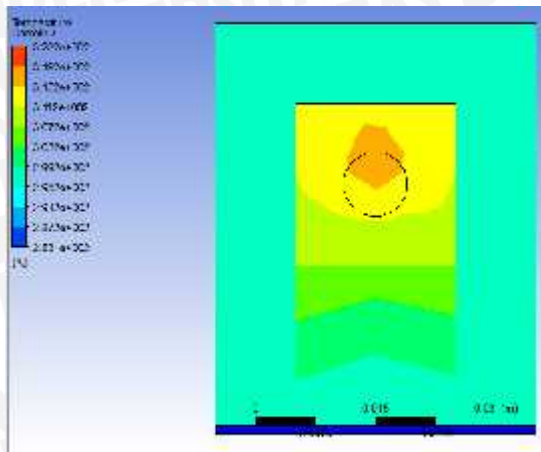
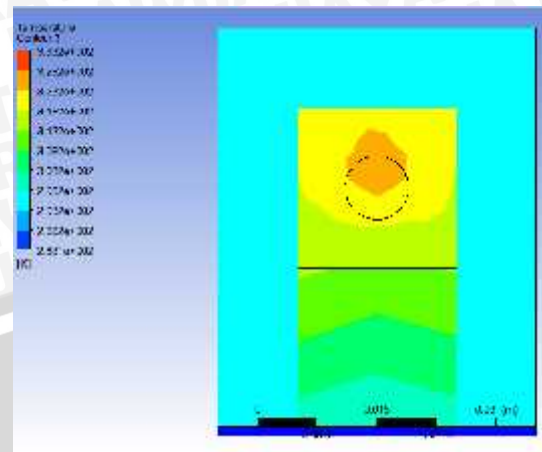
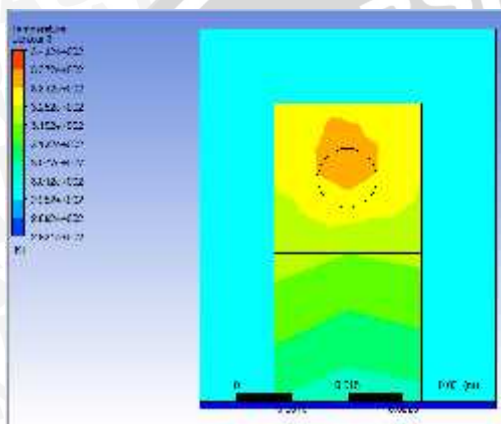
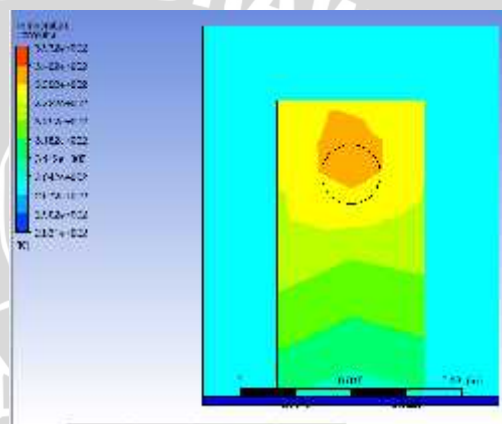
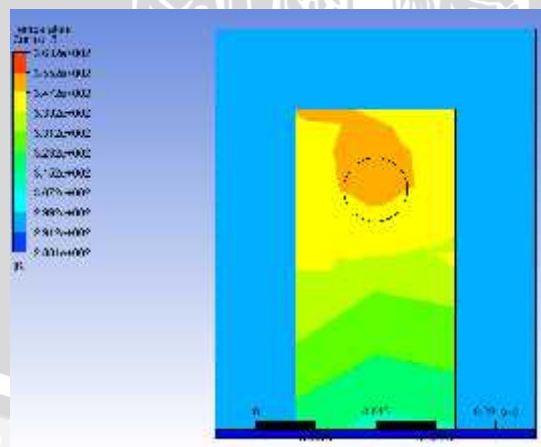
Pada pembahasan kali ini, distribusi temperatur dibagi menjadi 3 *region*, yaitu *region* 1 pada *vapor*, *region* 2 pada permukaan *porous media*, *region* 3 pada daerah tengah *porous media* yang bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pada tiap daerah. Pembagian jarak tiap 20 mm dari *inlet* searah sumbu x. Di bawah ini ditunjukkan pembagian *region* – *region* dan jarak yang dimaksud.



Gambar 4.12 Penampang melintang *porous media chamber*
Sumber : Solidworks Professional 2013

A. Spektrum temperatur pada jarak 20 mm

Pada pembahasan ini diambil contoh penampang dengan jarak 20 mm dari *inlet* hal ini dikarenakan pada penampang samping pada daerah disekitar 20 mm spektrum temperatur pada *porous media* dan *vapor* terdapat spektrum warna terbanyak sehingga diharapkan dapat terlihat pengaruh temperatur *inlet vapor*.

A. Temperatur *vapor* masuk 323 KB. Temperatur *vapor* masuk 333 KC. Temperatur *vapor* masuk 343 KD. Temperatur *vapor* masuk 353 KE. Temperatur *vapor* masuk 363 K

Gambar 4.13 Spektrum pada jarak 20 mm dari *inlet* dengan berbagai variasi temperatur.
Sumber : Ansys ® Workbench 14,5

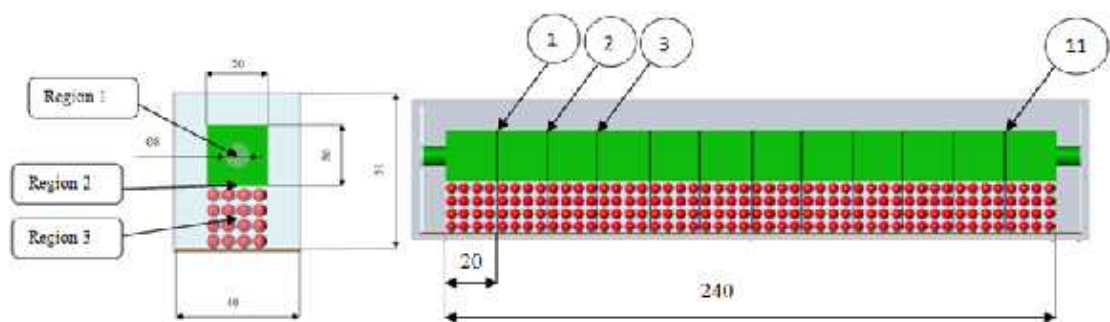
Dari gambar 4.13 di atas dengan adanya perbedaan temperatur *vapor* masuk, terlihat perbedaan spektrum warna yang terjadi. Agar lebih memudahkan melihat adanya

perbedaan, gambar 4.13 dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian *vapor* dan *porous media*. Pada bagian aliran *vapor* dengan temperatur *vapor* masuk yang semakin tinggi, distribusi temperatur pada jarak yang sama, yaitu 20 mm dari *inlet* lebih besar. Dari spektrum warna terlihat bahwa pada temperatur *vapor* masuk 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K terdapat warna jingga, kuning dan hijau muda. Pada bagian aliran *vapor* diatas terlihat jelas bahwa semakin tinggi temperatur *vapor* masuk, spektrum warna jingga dan kuning semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan temperatur *vapor* masuk yang semakin tinggi maka dibutuhkan luas permukaan *porous media* yang lebih besar agar temperatur *vapor* masuk menjadi lebih rendah.

Sedangkan pada *porous media* terlihat pada temperatur *vapor* masuk 323 K, 333 K, 343 K, 353 K, dan 363 K terdapat warna hijau dan biru dengan gradasi warna. Pada gambar di atas terlihat bahwa semakin tinggi temperatur *vapor* masuk maka spektrum temperatur akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan gradasi warna hijau yang semakin besar. Jadi dapat diartikan semakin tinggi temperatur *vapor* masuk, maka spektrum temperatur pada jarak yang sama semakin besar.

B. Spektrum temperatur pada tiap titik.

Pada pembahasan kali ini, distribusi temperatur dibagi menjadi 3 *region* yang bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pada tiap titik, yaitu distribusi temperatur pada *vapor*, permukaan *porous media*, dan *porous media* itu sendiri. Pada gambar 4.14 di bawah ini ditunjukkan pembagian *region* – *region* yang dimaksud.

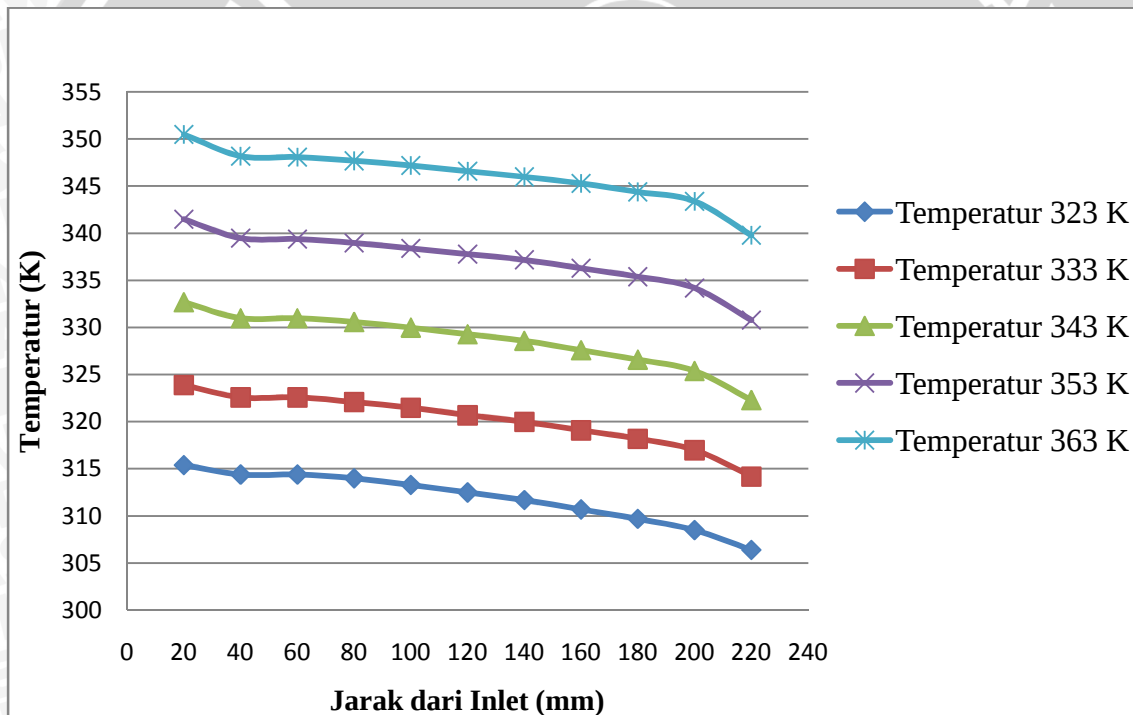


Gambar 4.14 Penampang melintang *porous media chamber*
Sumber : Solidworks Professional 2013

a. Data Hasil Simulasi *Region 1*

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi *Region 1*

No	Jarak (mm)	Spektrum Temperatur (K) dengan Temperatur <i>Vapor</i> Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	315.4	323.9	332.7	341.5	350.5
2	40	314.4	322.6	331	339.5	348.2
3	60	314.4	322.6	331	339.4	348.1
4	80	314	322.1	330.6	339	347.7
5	100	313.3	321.5	330	338.4	347.2
6	120	312.5	320.7	329.3	337.8	346.6
7	140	311.7	320	328.6	337.2	346
8	160	310.7	319.1	327.6	336.3	345.3
9	180	309.7	318.2	326.6	335.4	344.4
10	200	308.5	317	325.4	334.2	343.4
11	220	306.4	314.2	322.3	330.8	339.8



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada *Region 1*

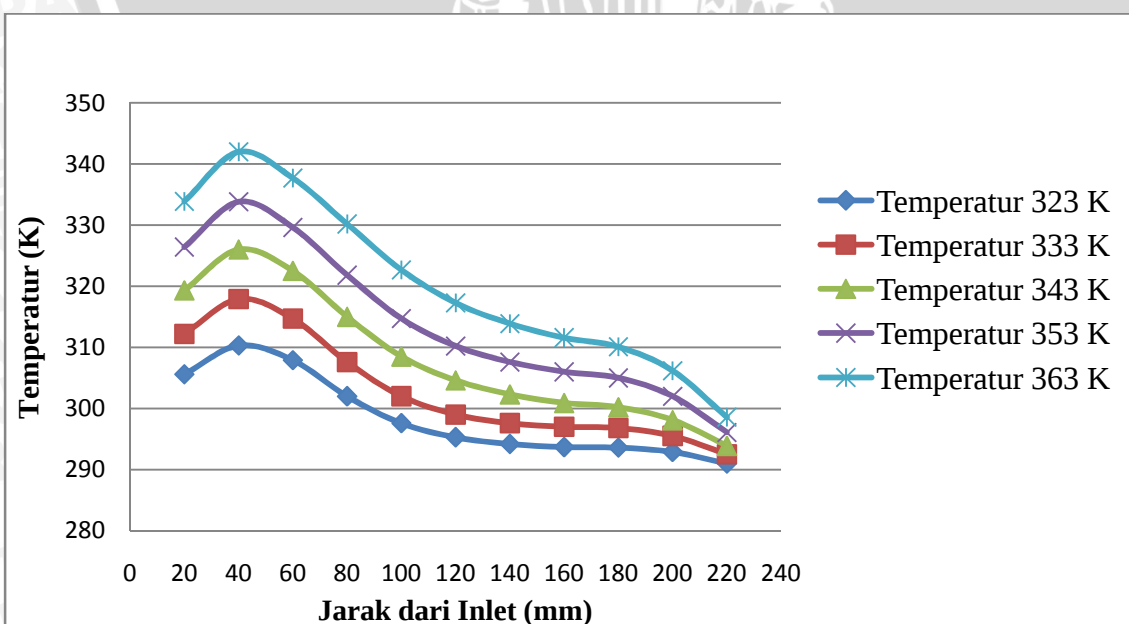
Gambar 4.15 di atas menunjukkan hubungan antara temperatur *vapor* masuk terhadap spektrum temperatur pada *region 1*. *Region 1* merupakan *region* dimana spektrum temperatur pada *vapor* masuk dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas, pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur *vapor* masuk maka spektrum temperatur juga semakin besar. Selain itu, dari gambar 4.15 juga didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran spektrum temperatur dari *inlet*, maka temperaturnya cenderung

menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka temperatur yang didapatkan semakin rendah. Semakin menurunnya temperatur *vapor* masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh *vapor* (*heat source*). Dari tabel 4.1 diatas dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur *vapor* masuk 353 K dan 363 K, yaitu sebesar 10,7 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur *vapor* masuk 323 K sebesar 9 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari *vapor* (*heat source*).

b. Data Hasil Simulasi *Region 2*

Tabel 4.2 Data Hasil Simulasi *Region 2*

No	Jarak (mm)	Spektrum Temperatur (K) dengan Temperatur Vapor Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	305.6	312.2	319.3	326.4	333.9
2	40	310.3	317.9	326	333.8	342
3	60	307.9	314.7	322.5	329.6	337.7
4	80	302	307.6	315	321.8	330.2
5	100	297.6	302	308.5	314.7	322.7
6	120	295.3	299	304.6	310.2	317.3
7	140	294.2	297.6	302.3	307.6	313.9
8	160	293.7	297	300.9	306	311.6
9	180	293.6	296.8	300.2	305	310.1
10	200	292.9	295.5	298.1	302	306.2
11	220	291	292.5	293.9	296.1	298.6



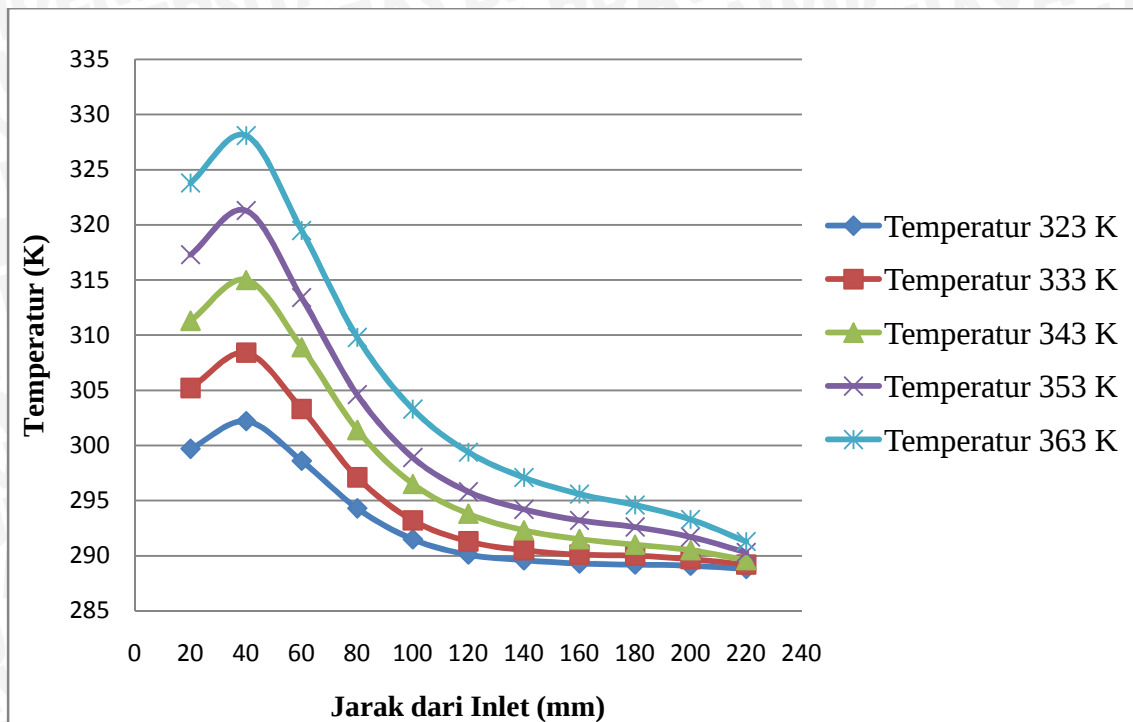
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada *Region 2*

Gambar 4.16 di atas menjelaskan hubungan antara temperatur *vapor* masuk terhadap spektrum temperatur pada *region 2*. *Region 2* merupakan *region* dimana spektrum temperatur pada permukaan *porous media* dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas, pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur *vapor* masuk maka spektrum temperatur juga semakin tinggi. Selain itu, dari gambar 4.16 juga didapatkan informasi bahwa semakin jauh jarak pengukuran spektrum temperatur dari *inlet*, maka spektrum temperaturnya cenderung menunjukkan tren yang menurun dengan artian semakin jauh jarak pengukuran maka spektrum temperaturnya semakin rendah. Semakin menurunnya temperatur *vapor* masuk tersebut dikarenakan *porous media* yang terdapat pada *chamber* mampu memindahkan panas yang dibawa oleh *vapor* (*heat source*). Pada jarak 20 – 40 mm dari keseluruhan grafik terlihat mengalami peningkatan temperatur. Hal ini disebabkan karena *vapor* mengalami *sudden enlargement* pada daerah *inlet*. Sehingga menyebabkan aliran *vapor* belum berkembang penuh yang digambarkan dengan adanya *vortex* pada bagian setelah *inlet*. Hal tersebut mengakibatkan temperatur pada jarak 40 mm memiliki temperatur tertinggi pada *region 2*. Dari tabel 4.2 diatas dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur *vapor* masuk 363 K yaitu sebesar 35,3 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur *vapor* masuk 323 K sebesar 14,6 K. dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa *porous media* mampu memindahkan panas dari *vapor* (*heat source*)

c. Data Hasil Simulasi *Region 3*

Tabel 4.3 Data Hasil Simulasi *Region 3*

No	Jarak (mm)	Spektrum Temperatur (K) dengan Temperatur <i>Vapor</i> Masuk (K)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	299.7	305.2	311.3	317.3	323.8
2	40	302.2	308.4	315	321.3	328.1
3	60	298.6	303.3	308.9	313.4	319.5
4	80	294.3	297.1	301.4	304.6	309.8
5	100	291.5	293.2	296.5	298.9	303.3
6	120	290.1	291.3	293.8	295.8	299.4
7	140	289.6	290.5	292.3	294.2	297.1
8	160	289.3	290.1	291.5	293.2	295.6
9	180	289.2	290	291	292.6	294.6
10	200	289.1	289.7	290.5	291.7	293.3
11	220	288.8	289.2	289.6	290.3	291.3



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Jarak dengan Spektrum Temperatur pada *Region 3*

Gambar 4.17 di atas menunjukkan hubungan antara temperatur *vapor* masuk terhadap spektrum temperatur pada *region 3*. *Region 3* merupakan daerah dimana spektrum temperatur pada *porous media* dengan jarak tertentu. Dari keseluruhan grafik di atas dapat dilihat kecenderungan yang sama. Pada jarak yang sama semakin tinggi temperatur *vapor* masuk maka spektrum temperatur juga semakin tinggi. Pada jarak 40 mm dari keseluruhan grafik terlihat mengalami peningkatan temperatur. Hal ini disebabkan karena *vapor* mengalami *sudden enlargement* pada daerah *inlet*. Sehingga menyebabkan aliran *vapor* belum berkembang penuh yang digambarkan dengan adanya *vortex* pada bagian setelah *inlet*. Dari grafik diatas dapat dilihat semakin jauh *vapor* dari *inlet* maka temperatur *vapor* cenderung semakin menurun. Ini diakibatkan karena *vapor* mengalami perpindahan panas dengan *porous media*. Dari gambar di atas juga dapat dilihat bahwa pada jarak terakhir, besarnya temperatur hampir sama walaupun dengan besar temperatur *vapor* masuk yang berbeda. Sehingga dapat dilihat bahwa beda temperatur terbesar adalah pada temperatur *vapor* masuk 363 K, yaitu sebesar 32,5 K dan beda temperatur terendah yaitu dengan temperatur *vapor* masuk 323 K sebesar 10,9 K. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari *vapor* (*heat source*).

4.3.3 Distribusi laju perpindahan panas pada *porous media*

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

Konduktivitas termal efektif *porous media* dapat dihitung dari :

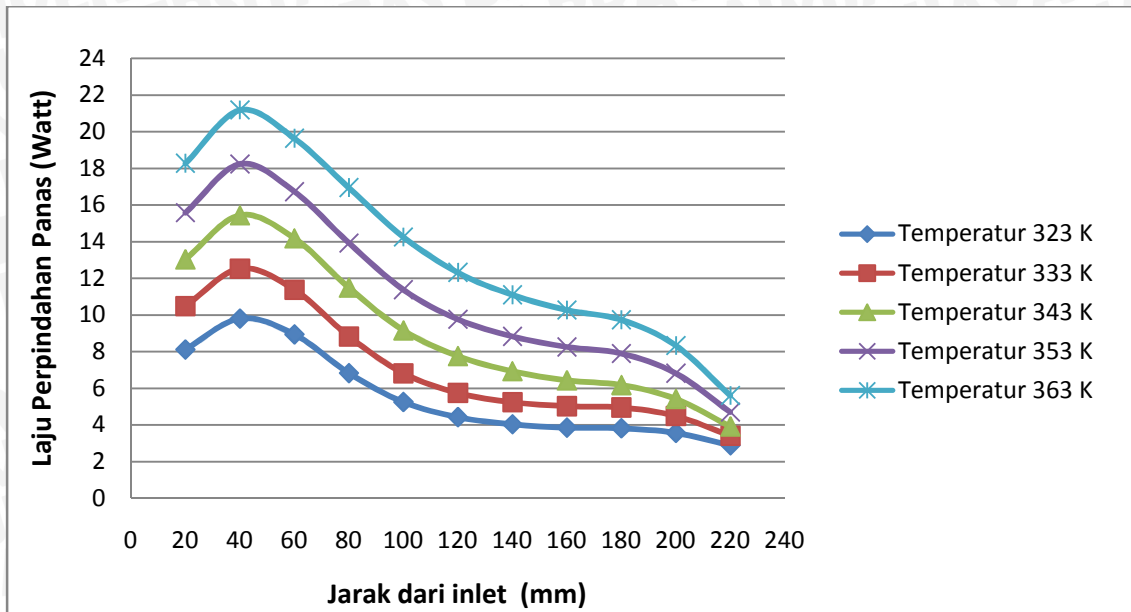
$$Ke = \left[\left(1 - \varepsilon^{\frac{2}{3}} \right) + \left\{ \frac{\left(\varepsilon^{\frac{2}{3}} \right)}{\left[\left(1 - \varepsilon^{\frac{1}{3}} \right) + \varepsilon^{\frac{1}{3}} \left(\frac{kp}{ka} \right) \right]} \right\} \right] kp \quad (4-1)$$

Sedangkan Kemudian, perhitungan perpindahan panas pada *porous media* dapat dihitung dengan rumus perpindahan panas konduksi yaitu :

$$Q = -Ke.A \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} \quad (4-2)$$

Tabel 4.4 Data Hasil Distribusi Laju Perpindahan Panas pada *Porous Media*

No	Jarak (mm)	Distribusi laju perpindahan panas pada <i>porous media</i> (Watt)				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	8.109	10.478	13.025	15.573	18.264
2	40	9.796	12.523	15.429	18.228	21.17
3	60	8.935	11.375	14.173	16.721	19.627
4	80	6.818	8.827	11.482	13.922	16.936
5	100	5.239	6.818	9.15	11.375	14.245
6	120	4.413	5.741	7.75	9.76	12.307
7	140	4.019	5.239	6.925	8.827	11.087
8	160	3.839	5.023	6.423	8.253	10.262
9	180	3.803	4.952	6.172	7.894	9.724
10	200	3.552	4.485	5.418	6.818	8.325
11	220	2.871	3.409	3.911	4.701	5.598



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Jarak dengan Distribusi laju perpindahan panas pada *porous media*

Dari gambar 4.18 menunjukkan grafik hubungan antara jarak terhadap distribusi perpindahan panas pada *porous media* dengan variasi temperatur masuk vapor. Besarnya distribusi perpindahan panas yang ingin diketahui adalah antara permukaan *porous media* dengan plat bawah. Dari keseluruhan gambar 4.18 di atas didapatkan bahwa distribusi perpindahan panas pada *porous media* memiliki kecenderungan yang sama dengan grafik distribusi temperatur pada *region 2* hal ini dikarenakan perhitungan distribusi temperatur pada *porous media* didapatkan dari selisih temperatur antara permukaan *porous media* dengan plat tembaga sebagai *heat sink*. Dari gambar 4.18 memiliki kecenderungan semakin jauh jarak dari jarak *inlet* maka temperatur semakin menurun hal ini disebabkan karena *vapor* sudah mengalami pendinginan ketika melewati *porous media* sehingga semakin jauh jarak dari *inlet* maka temperatur juga semakin menurun. Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa pada jarak terakhir, besarnya perpindahan panas yang dihasilkan di *porous media* hampir sama walaupun dengan besarnya temperatur *vapor* masuk yang berbeda. Sehingga dapat diketahui bahwa beda perpindahan panas terbesar yaitu pada temperatur *vapor* masuk 363 K sebesar 12,67 W, sedangkan beda temperatur terendah yaitu pada temperatur *vapor* masuk 323 K sebesar 5,24 W. Dari data tersebut dapat disimpulkan *porous media* mampu memindahkan panas dari *vapor* (*heat source*).

4.3.4 Regime perpindahan panas konveksi pada vapor chamber

Dalam pembahasan kali ini, ingin mengetahui *regime* perpindahan panas konveksi yang terjadi pada *vapor chamber*, yaitu *regime* perpindahan panas antara *vapor chamber* dengan permukaan *porous media*. Di bawah ini ditunjukkan jenis *regime* perpindahan panas tersebut.

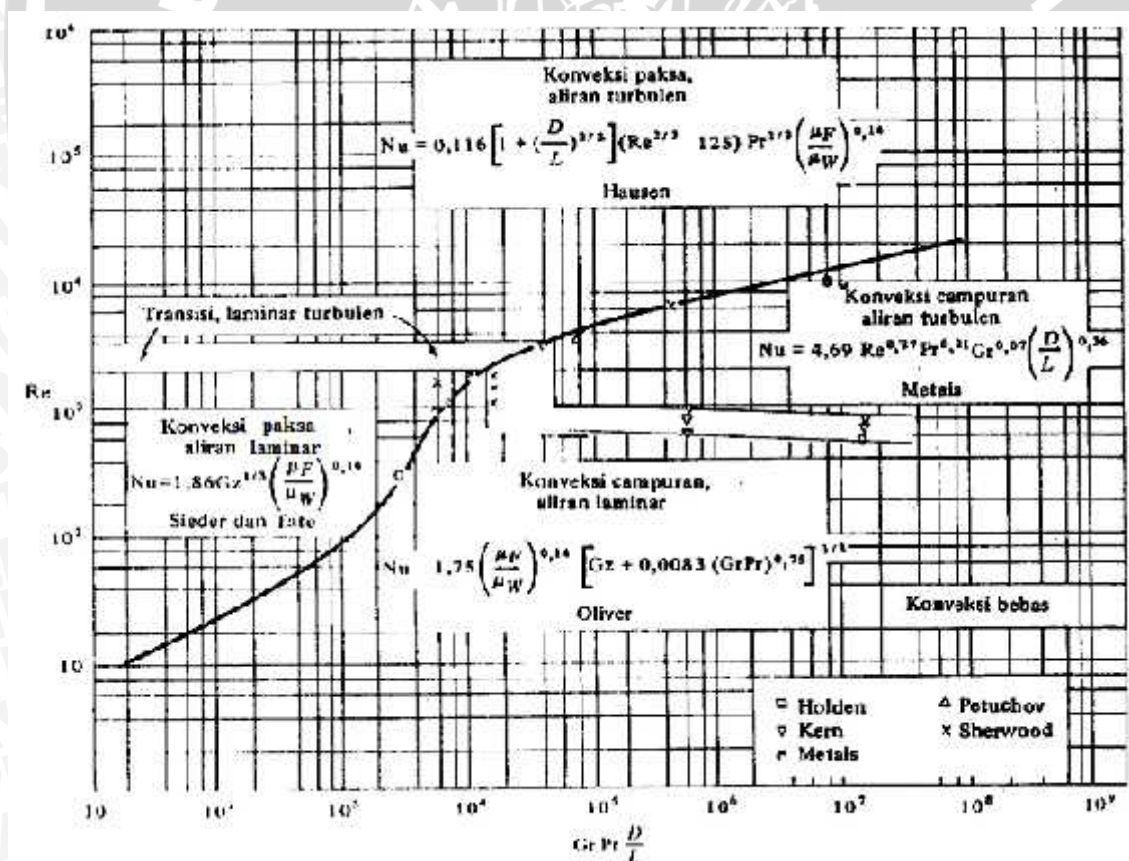
Perhitungan *regime* perpindahan panas pada *porous media* dapat dihitung dengan Grashof number dengan rumus :

$$Gr = \frac{g\beta(T_1 - T_2)d^3}{\nu^2} \quad (4-3)$$

Yang kemudian, karakteristik aliran pada *vapor chamber* dapat dihitung dari:

$$Re = \frac{\nu D}{u} \quad (4-4)$$

Setelah itu *regime* aliran dan perpindahan panas pada *vapor chamber* dapat diklasifikasi dengan salah satu parameter yaitu $(Gr Pr \frac{D}{L})$ dan *Reynold number* yang dapat dilihat pada grafik dibawah.



Gambar 4.19 Grafik Hubungan bilangan Reynold dengan angka $(Gr Pr \frac{D}{L})$

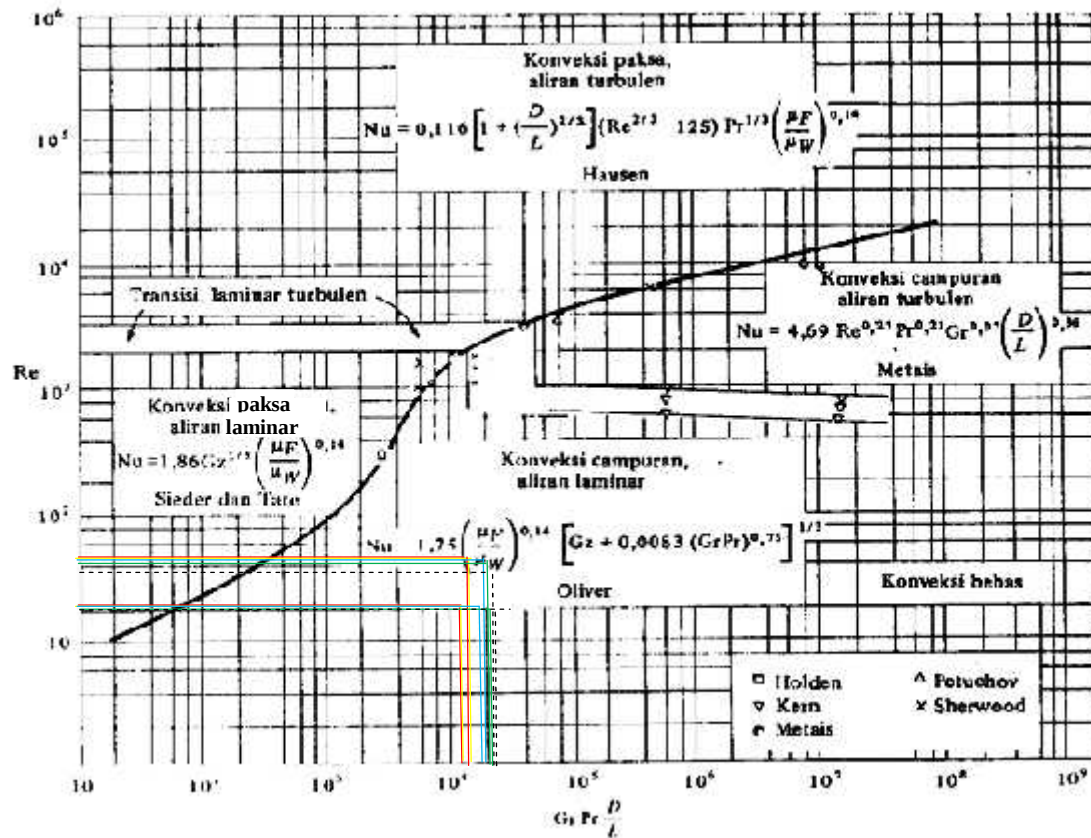
Sumber : JP, Holman ; 1991: 325

Tabel 4.5 Data Hasil *Local Reynold Number* pada *Vapor Chamber*

No	Jarak (mm)	Reynold Number				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	67.014	64.881	62.774	60.791	58.549
2	40	33.495	32.434	31.396	30.424	29.308
3	60	33.561	32.517	31.48	30.536	29.426
4	80	33.769	32.754	31.703	30.752	29.657
5	100	33.971	32.965	31.923	30.973	29.902
6	120	34.127	33.131	32.091	31.136	30.107
7	140	34.25	33.244	32.22	31.255	30.261
8	160	34.38	33.358	32.357	31.38	30.397
9	180	34.499	33.462	32.478	31.491	30.525
10	200	34.66	33.63	32.657	31.681	30.706
11	220	35.24	34.309	33.37	32.433	31.48

Tabel 4.6 Data Hasil *Local (Gr Pr $\frac{D}{L}$)* pada *Vapor Chamber*

No	Jarak (mm)	Nilai (Gr Pr D/L) pada vapor chamber				
		323 K	333 K	343 K	353 K	363 K
1	20	18966.323	25175.495	30430.033	34736.431	37829.096
2	40	16281.329	22083.803	26939.073	31103.151	34149.415
3	60	17099.173	23132.424	28036.745	32308.787	35349.077
4	80	18708.418	25032.341	30108.365	34415.775	37364.157
5	100	19498.312	26380.612	31750.004	36224.675	39392.346
6	120	19436.453	26657.45	32476.342	37242.817	40759.862
7	140	18934.713	26468.801	32669.877	37656.93	41512.082
8	160	17973.885	25792.355	32297.71	37523.154	41857.064
9	180	16847.468	24960.353	31672.406	37183.794	41792.865
10	200	15680.756	24198.596	31343.244	37280.397	42402.973
11	220	13818.002	22322.175	29991.382	36628.81	42504.149



Keterangan :

- 323 K : —————
- 333 K : —————
- 343 K : —————
- 353 K : —————
- 363 K : - - - - -

Gambar 4.20 Grafik hubungan bilangan Reynold dengan $(Gr Pr \frac{D}{L})$ pada *vapor chamber*
Sumber : JP, Holman; 1991: 325

Pada pembahasan kali ini, terlihat pada tabel 4.5 merupakan tabel *local reynold number* pada *vapor chamber*. Dan tabel 4.6 merupakan tabel *local* $(Gr Pr \frac{D}{L})$ pada *vapor chamber*. Pada pembahasan kali ini dipilih pada *local reynold number* dan *local* $(Gr Pr \frac{D}{L})$ pada jarak 20, 120 dan 220 untuk mempermudah pembahasan. Dari gambar 4.20 dapat dilihat bahwa garis warna merah mewakili temperatur *vapor* masuk 323 K, garis warna kuning mewakili temperatur *vapor* masuk 333 K, garis warna biru mewakili temperatur *vapor* masuk 343 K, garis warna hijau mewakili temperatur *vapor* masuk 353 K, garis putus – putus mewakili temperatur *vapor* masuk 363 K. Pada temperatur *vapor* masuk 323 K terlihat bahwa ketiga titik pada gambar 4.20 terletak pada *regime* konveksi campuran dengan aliran laminar. Pada temperatur *vapor* masuk 333 K terlihat bahwa ketiga titik

pada warna kuning terletak pada *regime* konveksi campuran dengan aliran laminar. Pada temperatur *vapor* masuk 343 K terlihat bahwa ketiga titik pada gambar 4.20 terletak pada *regime* konveksi campuran dengan aliran laminar. Pada temperatur *vapor* masuk 353 K terlihat bahwa ketiga titik pada terletak pada *regime* konveksi campuran dengan aliran laminar. Dan pada temperatur *vapor* masuk 363 K terlihat bahwa ketiga titik yang diwakili dengan garis putus - putus terletak pada *regime* konveksi campuran dengan aliran laminar. Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa pada temperatur masuk *vapor* 323 K – 363 K pada *vapor chamber porous media*, aliran yang terjadi pada *vapor chamber* merupakan aliran laminar, dan proses perpindahan panas yang terjadi yaitu *regime* konveksi campuran.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, temperatur *vapor* memiliki pengaruh terhadap spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media*. Semakin tinggi temperatur *vapor*, spektrum temperatur dan perpindahan panas pada *porous media* pada jarak yang sama, semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur *vapor* masuk, dibutuhkan luas permukaan bidang kontak yang semakin besar pula untuk mentransfer panas pada *porous media*.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh temperatur *vapor* terhadap kondensat yang terbentuk pada *porous media*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi permeabilitas *porous media*.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Yunus A. 2011. *Heat and Mass Transfer: Fundamental and Applications Fourth Edition*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- Firman, T. 2008. *Dasar-Dasar CFX menggunakan Fluent*. Informatika Bandung, Bandung.
- Halli, Ahlul. 2012. *Koefisien Perpindahan Panas Menggunakan Profil Kotak pada Alat Penukar Kalor*. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Hermana J, Boedisantoso. 2010. *Kondensasi*. Surabaya : Buku Ajar.
- Holman, J.P. 1988. *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.
- Jiang P, Lu X. 2006. *Numerical Simulation of Fluid Flow and Convection Heat Transfer in Sintered Porous Plate Channels*. College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China
- Incropera, Frank P & David P, Dewitt. 2002. *Fundamental of Heat an Mass Transfer*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Kreith, Frank. 1997. *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*, terjemahan A. Priyono. Bandung : Erlangga
- Mahdi, Raed A, et al. 2014. *Convection Heat Transfer and Fluid Flow in Porous Media with Nanofluid*. Department of Mechanical Engineering, University Tenaga Nasional, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.
- Oousthuisen, Patrick H. 1999. *Heat and Mass Transfer*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.
- Rong, Fumei, et al. 2013. *Numerical Study of Heat Enhancement in a Pipe Filled with Porous Media by Axisymmetric TLB Model Based on GPU*. School of Science, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, People's Republic of China
- Siswanto, Eko. 2013. *Fluks Termal dalam Porous Media saat Mengkondensasi Uap*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 Tahun 2013 35-42
- Streeter, Victor L. 1999. *Mekanika Fluida : Eight Edition*. Jakarta : Erlangga.
- Stoecker, W. F. 1958. *Refrigeration and Air Conditioning*. New York : Mc. Graw Hill, Ltd.

- Syaichurrozi, Iqbal, et al. 2014. *Study of Plate and Frame Heat Exchanger Performance : The Effects of Inlet Temperature Againsts The Overall Heat Transfer Coefficient*. Jurusan Teknik mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia.
- White, Frank M. 1994. *Mekanika Fluida : Second Edition*. Jakarta : Erlangga.



LAMPIRAN 1

TABEL PROPERTIES OF POROUS MEDIA CHAMBER

Tabel A-16 Properties Water Vapor

TABLE A-16

Temp $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat $c_p, \text{J/kg}\cdot\text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m}\cdot\text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m}\cdot\text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
Nitrogen, N_2							
-50	1.5299	957.3	0.02001	1.365×10^{-5}	1.390×10^{-6}	9.091×10^{-4}	0.5655
0	1.2498	1035	0.02384	1.843×10^{-5}	1.640×10^{-6}	1.312×10^{-3}	0.7121
50	1.0564	1042	0.02746	2.494×10^{-5}	1.874×10^{-6}	1.774×10^{-3}	0.7114
100	0.9144	1041	0.03040	3.241×10^{-5}	2.094×10^{-6}	2.289×10^{-3}	0.7066
150	0.8058	1043	0.03416	4.058×10^{-5}	2.300×10^{-6}	2.851×10^{-3}	0.7025
200	0.7214	1040	0.03757	4.921×10^{-5}	2.494×10^{-6}	3.457×10^{-3}	0.7026
300	0.5956	1070	0.04309	6.758×10^{-5}	2.849×10^{-6}	4.783×10^{-3}	0.7078
400	0.5075	1096	0.04848	8.727×10^{-5}	3.164×10^{-6}	6.242×10^{-3}	0.7163
500	0.4416	1120	0.05358	1.083×10^{-4}	3.451×10^{-6}	7.816×10^{-3}	0.7215
1000	0.2681	1113	0.07938	2.440×10^{-4}	4.504×10^{-6}	1.713×10^{-2}	0.7022
1500	0.1925	1266	0.11753	4.833×10^{-4}	5.561×10^{-6}	2.889×10^{-2}	0.5969
2000	0.1502	1297	0.18950	9.543×10^{-4}	5.426×10^{-6}	4.278×10^{-2}	0.4483
Oxygen, O_2							
-50	1.7475	984.4	0.02007	1.201×10^{-5}	1.614×10^{-6}	9.246×10^{-4}	0.7694
0	1.4277	928.7	0.02432	1.865×10^{-5}	1.916×10^{-6}	1.342×10^{-3}	0.7198
50	1.2068	921.7	0.02867	2.577×10^{-5}	2.194×10^{-6}	1.818×10^{-3}	0.7063
100	1.0451	931.8	0.03254	3.342×10^{-5}	2.451×10^{-6}	2.346×10^{-3}	0.7019
150	0.9216	947.6	0.03637	4.164×10^{-5}	2.694×10^{-6}	2.923×10^{-3}	0.7019
200	0.8242	964.7	0.04014	5.048×10^{-5}	2.923×10^{-6}	3.546×10^{-3}	0.7025
300	0.6804	997.1	0.04751	7.003×10^{-5}	3.250×10^{-6}	4.923×10^{-3}	0.7030
400	0.5793	1025	0.05463	9.204×10^{-5}	3.744×10^{-6}	6.463×10^{-3}	0.7023
500	0.5044	1048	0.06148	1.163×10^{-4}	4.114×10^{-6}	8.156×10^{-3}	0.7010
1000	0.3063	1121	0.09198	2.678×10^{-4}	5.732×10^{-6}	1.871×10^{-2}	0.5986
1500	0.2199	1165	0.11901	4.643×10^{-4}	7.130×10^{-6}	3.243×10^{-2}	0.5985
2000	0.1716	1201	0.14705	7.139×10^{-4}	8.417×10^{-6}	4.907×10^{-2}	0.5873
Water Vapor, H_2O							
-50	0.9839	1892	0.01353	7.271×10^{-6}	7.187×10^{-6}	7.305×10^{-4}	1.3047
0	0.8038	1874	0.01673	1.110×10^{-5}	8.954×10^{-6}	1.114×10^{-3}	1.3033
50	0.6794	1874	0.02052	1.596×10^{-5}	1.078×10^{-5}	1.587×10^{-3}	0.9944
100	0.5884	1887	0.02439	2.187×10^{-5}	1.265×10^{-5}	2.150×10^{-3}	0.9830
150	0.5184	1904	0.02861	2.891×10^{-5}	1.454×10^{-5}	2.806×10^{-3}	0.9712
200	0.4640	1935	0.03326	3.705×10^{-5}	1.650×10^{-5}	3.556×10^{-3}	0.9599
300	0.3821	1997	0.04246	6.480×10^{-5}	2.043×10^{-5}	5.340×10^{-3}	0.9401
400	0.3262	2066	0.05467	8.114×10^{-5}	2.444×10^{-5}	7.498×10^{-3}	0.9240
500	0.2840	2137	0.06637	1.103×10^{-4}	2.847×10^{-5}	1.002×10^{-2}	0.9108
1000	0.1725	2471	0.13623	3.196×10^{-4}	4.762×10^{-5}	2.761×10^{-2}	0.8639
1500	0.1238	2736	0.21301	6.288×10^{-4}	5.411×10^{-5}	5.177×10^{-2}	0.8233
2000	0.0966	2928	0.29183	1.032×10^{-3}	7.808×10^{-5}	8.084×10^{-2}	0.7833

Note: For ideal gases, the properties c_p , k , μ , and Pr are independent of pressure. The properties ρ , ν , and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values at P at the given temperature by P and by dividing ν and α by P .

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Originally based on various sources.

Tabel *Local Reynold Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 323 K

No	Jarak (mm)	Kecepatan (m/s)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	Re
1	20	0.04831	1.44179E-05	0.02	67.01396668
2	40	0.02416	1.44262E-05	0.02	33.49468942
3	60	0.02416	1.43978E-05	0.02	33.56071202
4	80	0.02416	1.43091E-05	0.02	33.7687206
5	100	0.02416	1.4224E-05	0.02	33.97084919
6	120	0.02416	1.41589E-05	0.02	34.12689066
7	140	0.02416	1.41081E-05	0.02	34.2498888
8	160	0.02416	1.40549E-05	0.02	34.37956081
9	180	0.02416	1.40064E-05	0.02	34.49856423
10	200	0.02416	1.39413E-05	0.02	34.65950284
11	220	0.02435	1.38195E-05	0.02	35.23994459

Tabel *Local Reynold Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 333 K

No	Jarak (mm)	Kecepatan (m/s)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	Re
1	20	0.04833	1.4898E-05	0.02	64.88125743
2	40	0.02417	1.49039E-05	0.02	32.4344689
3	60	0.02417	1.48661E-05	0.02	32.51702746
4	80	0.02417	1.47585E-05	0.02	32.75411713
5	100	0.02417	1.46639E-05	0.02	32.96542177
6	120	0.02417	1.45905E-05	0.02	33.1310675
7	140	0.02417	1.45409E-05	0.02	33.24422817
8	160	0.02417	1.44912E-05	0.02	33.35816449
9	180	0.02417	1.44463E-05	0.02	33.46192477
10	200	0.02417	1.43741E-05	0.02	33.62984388
11	220	0.02437	1.42062E-05	0.02	34.30890935

Tabel *Local Reynold Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 343 K

No	Jarak (mm)	Kecepatan (m/s)	V Kinematik (m ² /s)	D _{duct} (m)	Re
1	20	0.04833	1.53982E-05	0.02	62.77364228
2	40	0.02417	0.000015397	0.02	31.39572644
3	60	0.02417	1.53556E-05	0.02	31.48034636
4	80	0.02417	1.5248E-05	0.02	31.70250797
5	100	0.02417	1.51428E-05	0.02	31.92284103
6	120	0.02417	1.50635E-05	0.02	32.09074098
7	140	0.02417	1.50032E-05	0.02	32.21973405
8	160	0.02417	1.49394E-05	0.02	32.35745009
9	180	0.02417	1.48838E-05	0.02	32.47827587
10	200	0.02417	1.48022E-05	0.02	32.65730218
11	220	0.02437	1.46059E-05	0.02	33.37005934

Tabel *Local Reynold Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 353 K

No	Jarak (mm)	Kecepatan (m/s)	V Kinematik (m ² /s)	D _{duct} (m)	Re
1	20	0.04834	1.59038E-05	0.02	60.79057935
2	40	0.02418	1.58953E-05	0.02	30.42402063
3	60	0.02418	1.58369E-05	0.02	30.53629848
4	80	0.02418	1.57257E-05	0.02	30.75213973
5	100	0.02418	1.56134E-05	0.02	30.97339961
6	120	0.02418	1.55318E-05	0.02	31.13611071
7	140	0.02418	1.54727E-05	0.02	31.25508962
8	160	0.02418	1.54112E-05	0.02	31.37979611
9	180	0.02418	1.53568E-05	0.02	31.49094586
10	200	0.02418	1.52646E-05	0.02	31.68122763
11	220	0.02438	1.5034E-05	0.02	32.43321085

Tabel *Local Reynold Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 363 K

No	Jarak (mm)	Kecepatan (m/s)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	Re
1	20	0.04835	1.6516E-05	0.02	58.54913488
2	40	0.02418	1.65006E-05	0.02	29.30809621
3	60	0.02418	1.64344E-05	0.02	29.42606845
4	80	0.02418	1.63063E-05	0.02	29.65720357
5	100	0.02418	1.61726E-05	0.02	29.90240445
6	120	0.02418	1.60628E-05	0.02	30.10677915
7	140	0.02418	1.59812E-05	0.02	30.26057035
8	160	0.02418	1.59094E-05	0.02	30.39710461
9	180	0.02418	1.58428E-05	0.02	30.5249024
10	200	0.02418	1.57494E-05	0.02	30.7059609
11	220	0.02438	1.54892E-05	0.02	31.47992783

Tabel *Local Grashof Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 323 K

No	Jarak (mm)	T _∞ chamber (K)	T contact (K)	T _∞ -Tw (K)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	L duct (m)	Gr	Tw (K)	Tf (K)	Gr Pr D/L	Pr
1	20	315.4	305.6	15.5	1.44179E-05	0.02	0.02	19020.87	299.9	307.65	18966.32299	0.997132
2	40	314.4	310.3	13.325	1.44262E-05	0.02	0.02	16328.41	301.075	307.7375	16281.32895	0.997117
3	60	314.4	307.9	13.925	1.43978E-05	0.02	0.02	17147.7	300.475	307.4375	17099.17268	0.99717
4	80	314	302	15	1.43091E-05	0.02	0.02	18758.37	299	306.5	18708.41815	0.997337
5	100	313.3	297.6	15.4	1.4224E-05	0.02	0.02	19547.23	297.9	305.6	19498.31157	0.997497
6	120	312.5	295.3	15.175	1.41589E-05	0.02	0.02	19482.83	297.325	304.9125	19436.45326	0.99762
7	140	311.7	294.2	14.65	1.41081E-05	0.02	0.02	18978.07	297.05	304.375	18934.7132	0.997715
8	160	310.7	293.7	13.775	1.40549E-05	0.02	0.02	18013.24	296.925	303.8125	17973.88475	0.997815
9	180	309.7	293.6	12.8	1.40064E-05	0.02	0.02	16882.81	296.9	303.3	16847.46796	0.997907
10	200	308.5	292.9	11.775	1.39413E-05	0.02	0.02	15711.72	296.725	302.6125	15680.75622	0.998029
11	220	306.4	291	10.15	1.38195E-05	0.02	0.02	13842.11	296.25	301.325	13818.00187	0.998258

Tabel *Local Grashof Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 333 K

No	Jarak (mm)	T _∞ chamber (K)	T contact (K)	T _∞ -Tw (K)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	L duct (m)	Gr	Tw (K)	Tf (K)	Gr Pr D/L	Pr
1	20	323.9	312.2	22.35	1.4898E-05	0.02	0.02	25270.79	301.55	312.725	25175.4947	0.996229
2	40	322.6	317.9	19.625	1.49039E-05	0.02	0.02	22167.65	302.975	312.7875	22083.80323	0.996218
3	60	322.6	314.7	20.425	1.48661E-05	0.02	0.02	23218.59	302.175	312.3875	23132.42388	0.996289
4	80	322.1	307.6	21.7	1.47585E-05	0.02	0.02	25120.48	300.4	311.25	25032.34122	0.996492
5	100	321.5	302	22.5	1.46639E-05	0.02	0.02	26468.77	299	310.25	26380.61231	0.99667
6	120	320.7	299	22.45	1.45905E-05	0.02	0.02	26742.83	298.25	309.475	26657.4504	0.996807
7	140	320.0	297.6	22.1	1.45409E-05	0.02	0.02	26551.09	297.9	308.95	26468.80126	0.996901
8	160	319.1	297	21.35	1.44912E-05	0.02	0.02	25870.11	297.75	308.425	25792.35496	0.996994
9	180	318.2	296.8	20.5	1.44463E-05	0.02	0.02	25033.48	297.7	307.95	24960.3527	0.997079
10	200	317.0	295.5	19.625	1.43741E-05	0.02	0.02	24266.19	297.375	307.1875	24198.59604	0.997215
11	220	314.2	292.5	17.575	1.42062E-05	0.02	0.02	22377.43	296.625	305.4125	22322.17514	0.997531

Tabel *Local Grashof Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 343 K

No	Jarak (mm)	T_{∞} chamber (K)	$T_{contact}$ (K)	$T_{\infty}-T_w$ (K)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	L duct (m)	Gr	T_w (K)	T_f (K)	Gr Pr D/L	Pr
1	20	332.7	319.3	29.375	1.53982E-05	0.02	0.02	30574.11	303.325	318.0125	30430.03299	0.995288
2	40	331.0	326	26	0.000015397	0.02	0.02	27066.56	305	318	26939.07277	0.99529
3	60	331.0	322.5	26.875	1.53556E-05	0.02	0.02	28167.22	304.125	317.5625	28036.74469	0.995368
4	80	330.6	315	28.35	1.5248E-05	0.02	0.02	30242.33	302.25	316.425	30108.36494	0.99557
5	100	330.0	308.5	29.375	1.51428E-05	0.02	0.02	31884.93	300.625	315.3125	31750.00435	0.995768
6	120	329.3	304.6	29.65	1.50635E-05	0.02	0.02	32609.47	299.65	314.475	32476.34202	0.995917
7	140	328.6	302.3	29.525	1.50032E-05	0.02	0.02	32800.06	299.075	313.8375	32669.87692	0.996031
8	160	327.6	300.9	28.875	1.49394E-05	0.02	0.02	32422.5	298.725	313.1625	32297.71006	0.996151
9	180	326.6	300.2	28.05	1.48838E-05	0.02	0.02	31791.44	298.55	312.575	31672.40616	0.996256
10	200	325.4	298.1	27.375	1.48022E-05	0.02	0.02	31456.2	298.025	311.7125	31343.24369	0.996409
11	220	322.3	293.9	25.325	1.46059E-05	0.02	0.02	30088.31	296.975	309.6375	29991.3819	0.996779

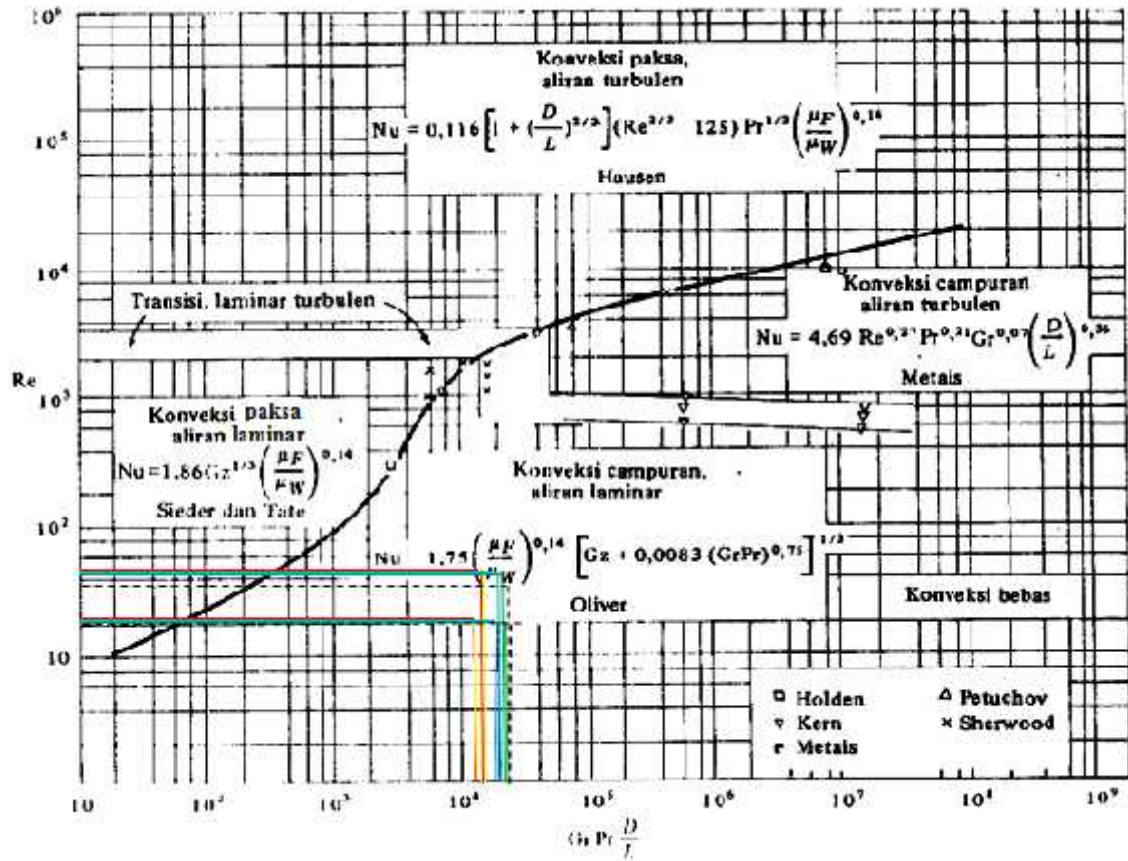
Tabel *Local Grashof Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 353 K

No	Jarak (mm)	T_{∞} chamber (K)	$T_{contact}$ (K)	$T_{\infty}-T_w$ (K)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	L duct (m)	Gr	T_w (K)	T_f (K)	Gr Pr D/L	Pr
1	20	341.5	326.4	36.4	1.59038E-05	0.02	0.02	34934.45	305.1	323.3	34736.43111	0.994332
2	40	339.5	333.8	32.55	1.58953E-05	0.02	0.02	31279.92	306.95	323.225	31103.15058	0.994349
3	60	339.4	329.6	33.5	1.58369E-05	0.02	0.02	32488.7	305.9	322.65	32308.78715	0.994462
4	80	339.0	321.8	35.05	1.57257E-05	0.02	0.02	34600.14	303.95	321.475	34415.77537	0.994671
5	100	338.4	314.7	36.225	1.56134E-05	0.02	0.02	36411	302.175	320.2875	36224.67514	0.994883
6	120	337.8	310.2	36.75	1.55318E-05	0.02	0.02	37428.6	301.05	319.425	37242.8169	0.995036
7	140	337.2	307.6	36.8	1.54727E-05	0.02	0.02	37840.55	300.4	318.8	37656.93015	0.995148
8	160	336.3	306	36.3	1.54112E-05	0.02	0.02	37701.74	300	318.15	37523.15369	0.995263
9	180	335.4	305	35.65	1.53568E-05	0.02	0.02	37356.92	299.75	317.575	37183.79374	0.995366
10	200	334.2	302	35.2	1.52646E-05	0.02	0.02	37447.44	299	316.6	37280.3973	0.995539
11	220	330.8	296.1	33.275	1.5034E-05	0.02	0.02	36776.91	297.525	314.1625	36628.80997	0.995973

Tabel *Local Grashof Number* pada *vapor chamber* dengan variasi temperatur 363 K

No	Jarak (mm)	T_{∞} chamber (K)	$T_{contact}$ (K)	$T_{\infty}-T_w$ (K)	V Kinematik (m ² /s)	D duct (m)	L duct (m)	Gr	T_w (K)	T_f (K)	Gr Pr D/L	Pr
1	20	350.5	333.9	43.525	1.6516E-05	0.02	0.02	38092.24	306.975	328.7375	37829.09576	0.993092
2	40	348.2	342	39.2	1.65006E-05	0.02	0.02	34385.88	309	328.6	34149.41453	0.993123
3	60	348.1	337.7	40.175	1.64344E-05	0.02	0.02	35589.05	307.925	328.0125	35349.07737	0.993257
4	80	347.7	330.2	41.65	1.63063E-05	0.02	0.02	37607.99	306.05	326.875	37364.15716	0.993517
5	100	347.2	322.7	43.025	1.61726E-05	0.02	0.02	39638.61	304.175	325.6875	39392.34562	0.993787
6	120	346.6	317.3	43.775	1.60628E-05	0.02	0.02	41005.5	302.825	324.7125	40759.86226	0.99401
7	140	346.0	313.9	44.025	1.59812E-05	0.02	0.02	41755.31	301.975	323.9875	41512.08158	0.994175
8	160	345.3	311.6	43.9	1.59094E-05	0.02	0.02	42096.16	301.4	323.35	41857.06412	0.99432
9	180	344.4	310.1	43.375	1.58428E-05	0.02	0.02	42026.06	301.025	322.7125	41792.86491	0.994451
10	200	343.4	306.2	43.35	1.57494E-05	0.02	0.02	42632.04	300.05	321.725	42402.97325	0.994627
11	220	339.8	298.6	41.65	1.54892E-05	0.02	0.02	42712.74	298.15	318.975	42504.14865	0.995116

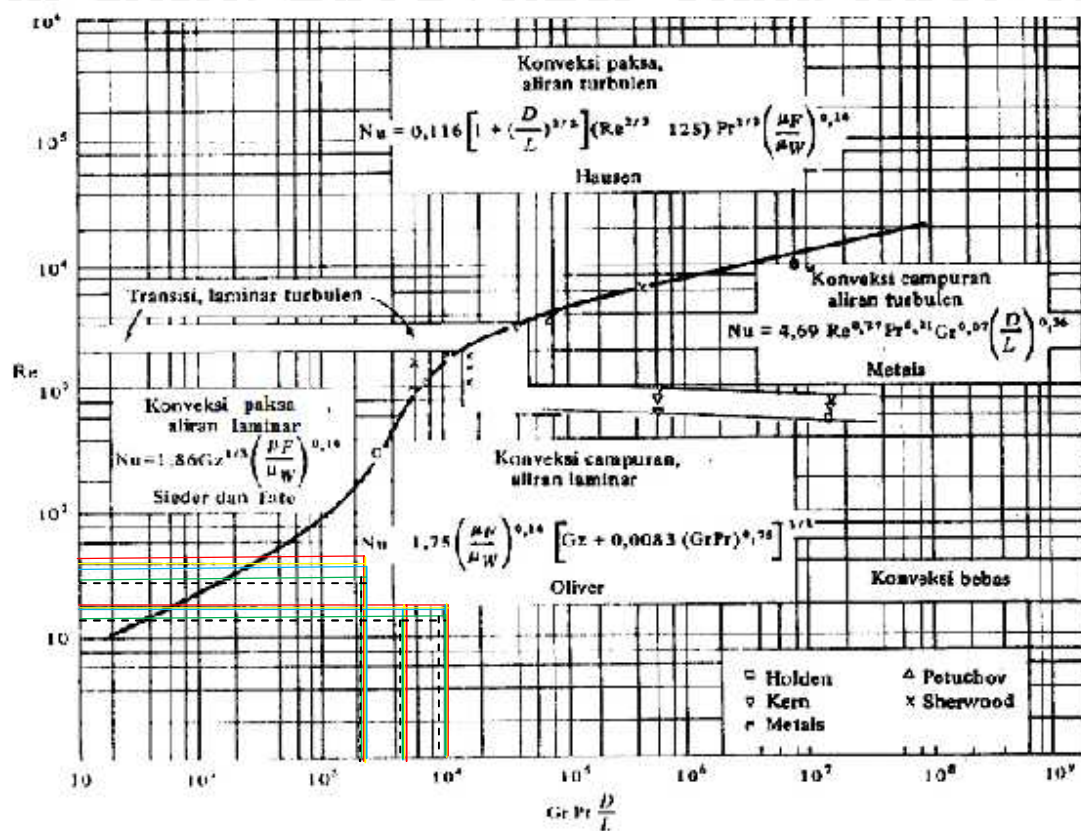
Gambar Grafik Hubungan bilangan Reynold dengan angka $(Gr Pr \frac{D}{L})$ pada vapor chamber : (a) Dengan temperatur *ambient* 298 K (b) Dengan temperatur *ambient* sama dengan temperatur vapor



(a)

Keterangan :

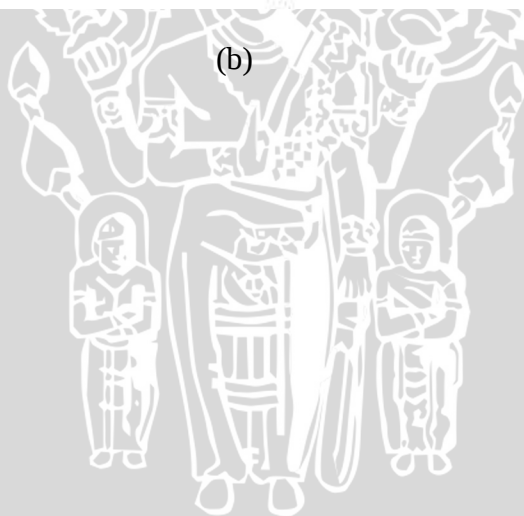
- 323 K : —————
- 333 K : —————
- 343 K : —————
- 353 K : —————
- 363 K : - - - - -



(b)

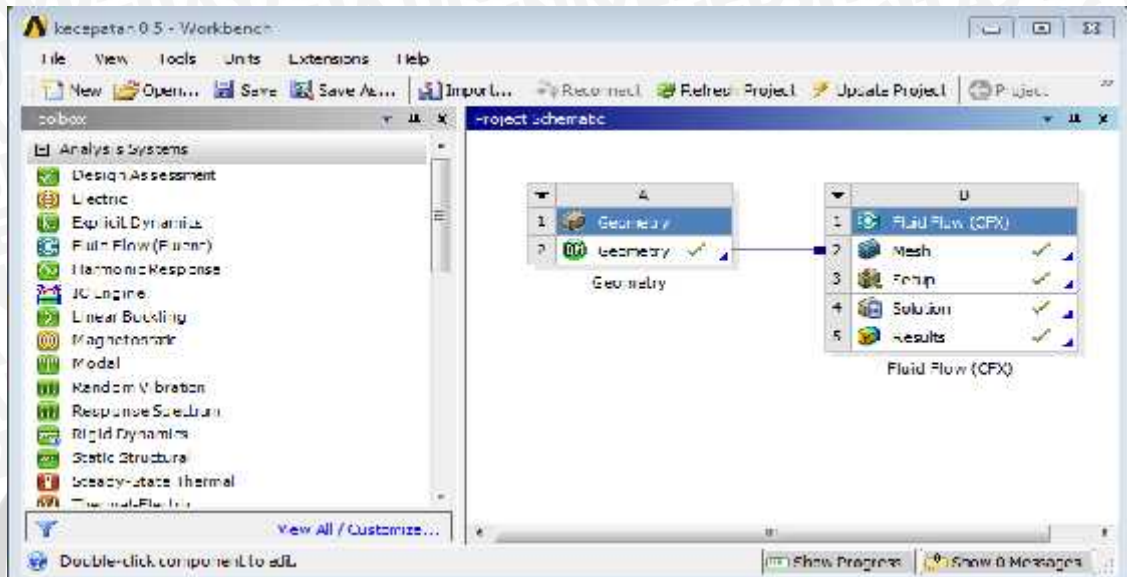
Keterangan :

- 323 K : —————
- 333 K : —————
- 343 K : —————
- 353 K : —————
- 363 K : - - - - -

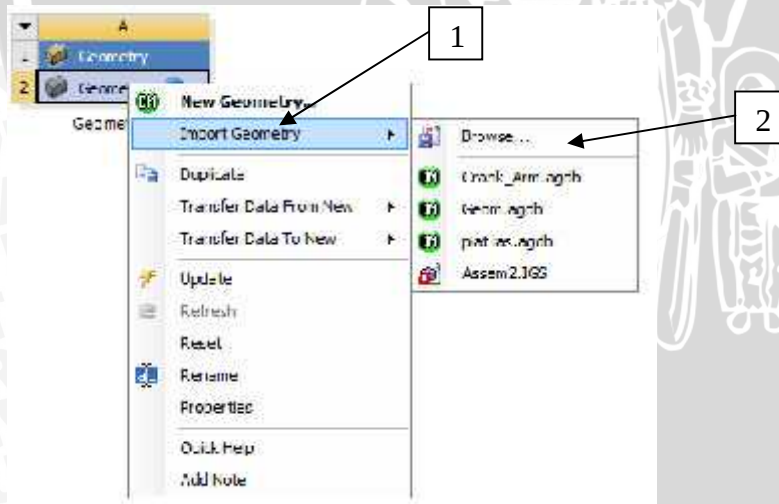


LAMPIRAN 2 TUTORIAL ANSYS 14.5

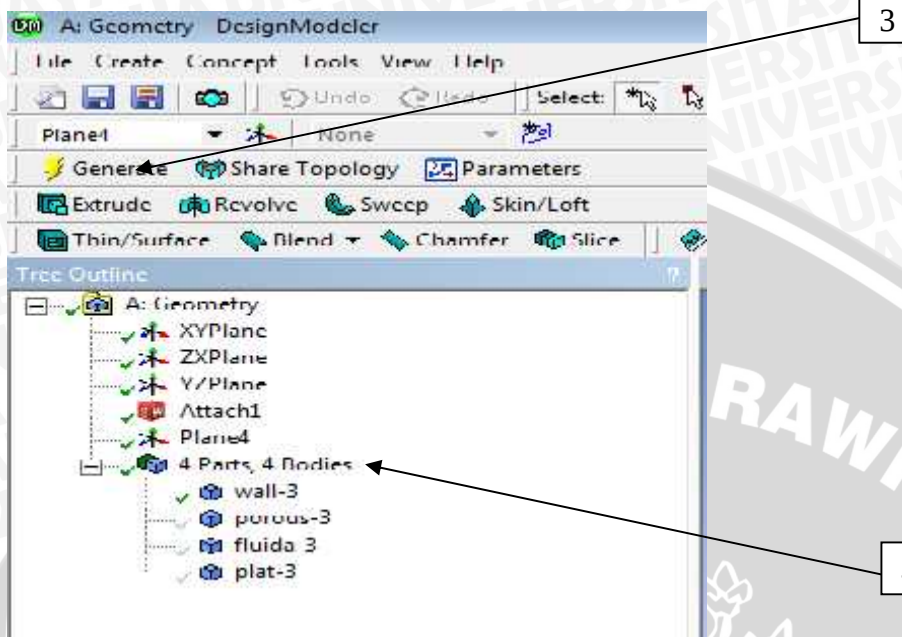
Pada fitur Ansys 14,5 pilih geometri dan CFX pada toolbox.



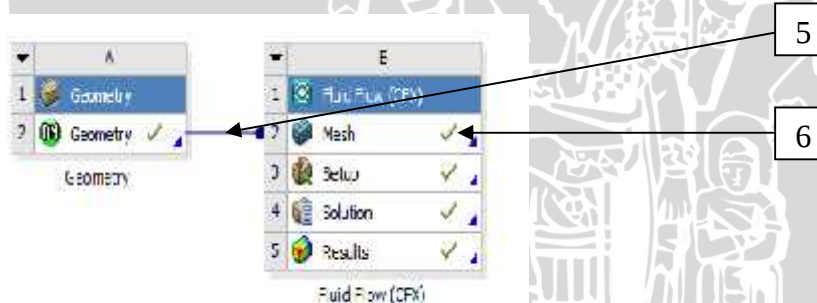
1. Klik kanan pada geometri sehingga akan muncul tampilan seperti berikut
2. Pilih import geometri dan browse dan pilih file yang tersimpan pada drive hardisc.



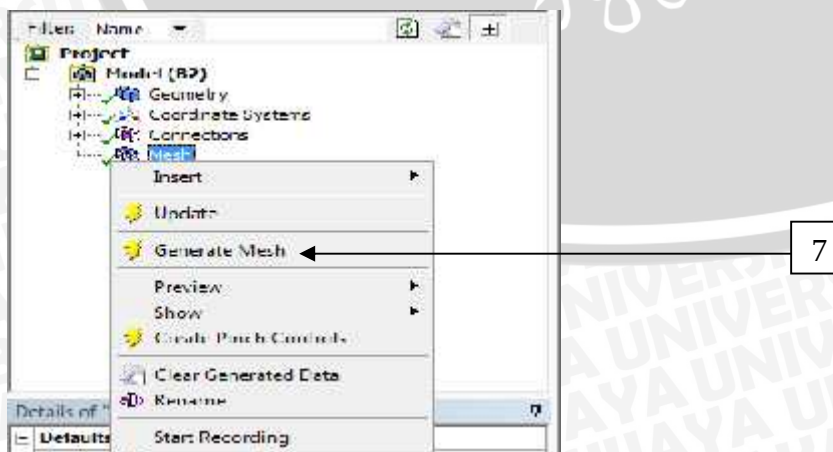
3. Double klik pada generate untuk mengunggah file gambar pada ansys 14,5
4. Berilah nama pada parts yang ada pada geometri sesuai dengan porous media chamber.



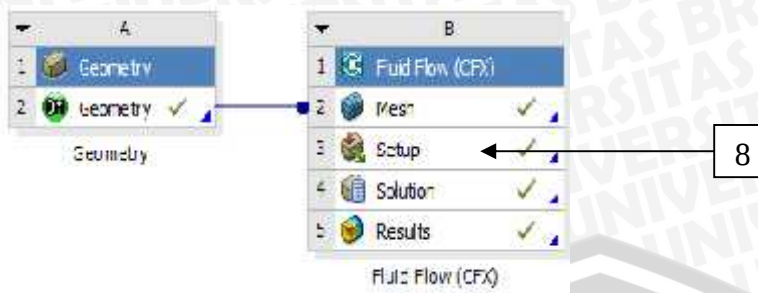
5. Drag dari geometri ke mesh pada project schematic.
6. Double klik pada mesh.



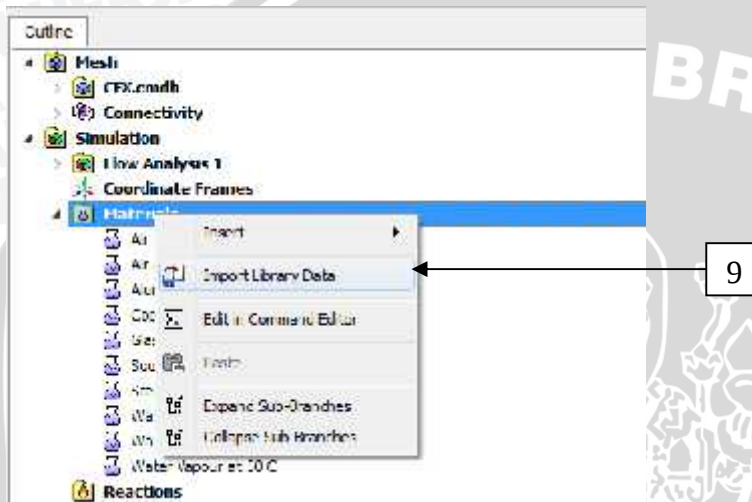
7. Klik kanan pada mesh setelah itu pilih Generate Mesh



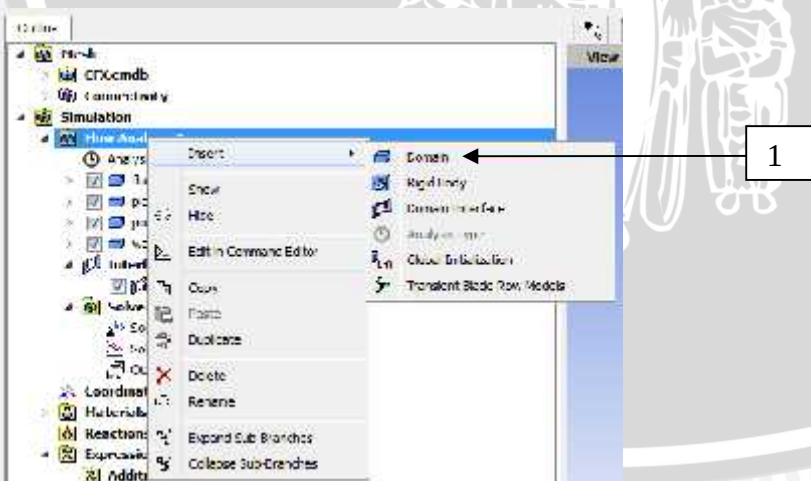
8. Setelah itu klik kanan pada setup dan pilih edit



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



10. Klik kanan pada flow analysis setelah itu pilih insert dan domain berilah nama fluida. Ulangi langkah 10 dan berilah nama plat, porous, dan wall.

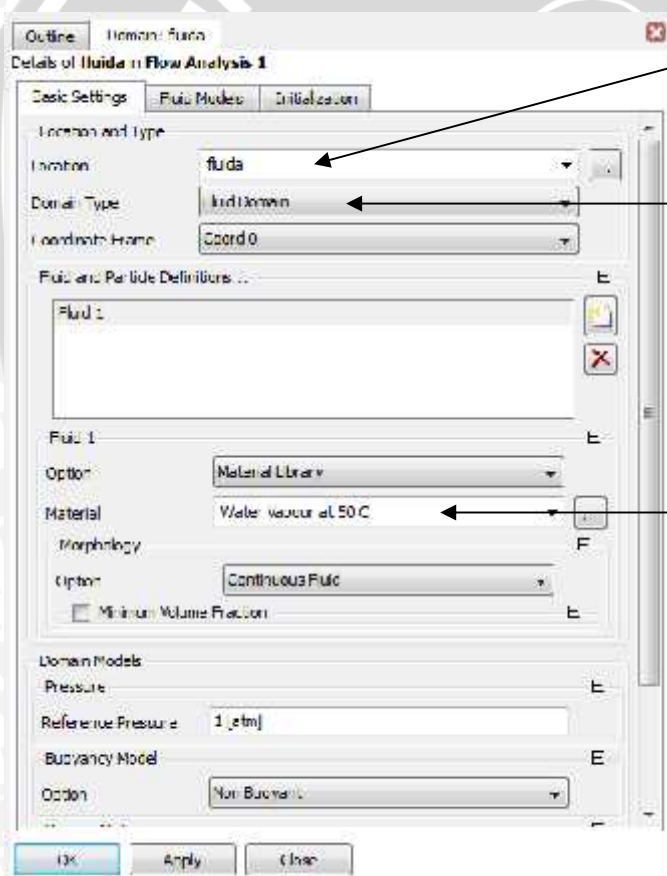


11. Klik pada fluida dan pilih domain.



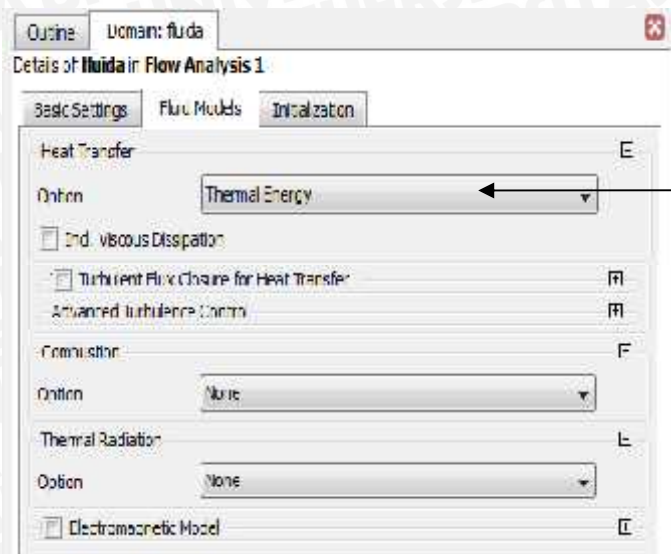
12. Masukkan properti pada domain fluida yaitu:

- Location pilih fluida
- Domain type pilih fluid domain
- Material pilih water vapor.



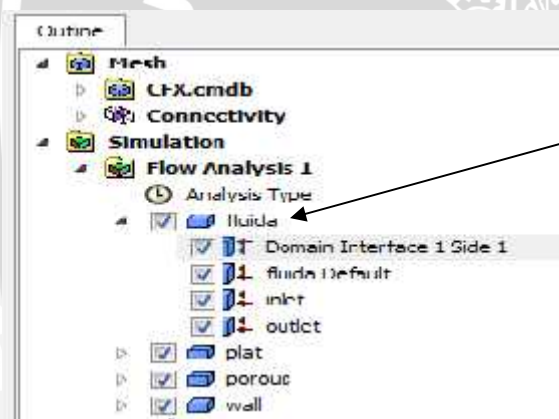
13. Pilih fluid model masukan properti pada fluid model yaitu:

a. Pada heat transfer pilih thermal energy



13. a

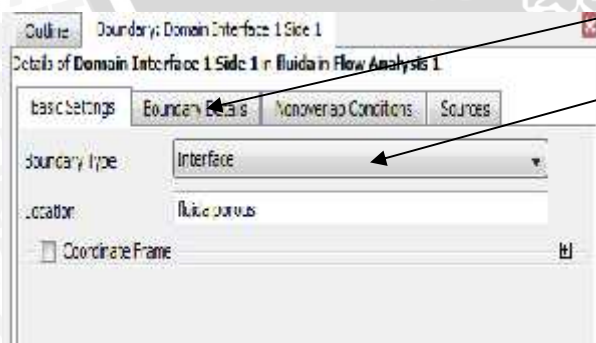
14. Klik domain interface pada fluida.



14

15. Pilih boundary type interface dan location fluida porous.

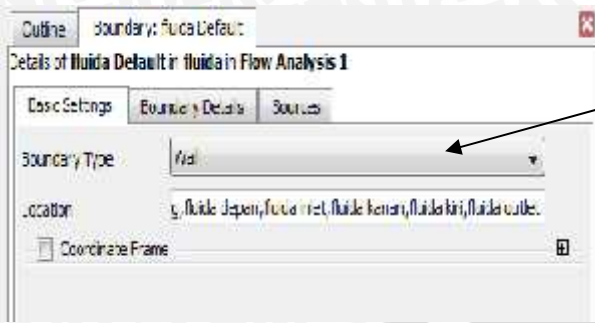
16. Setelah itu pilih boundary detail.



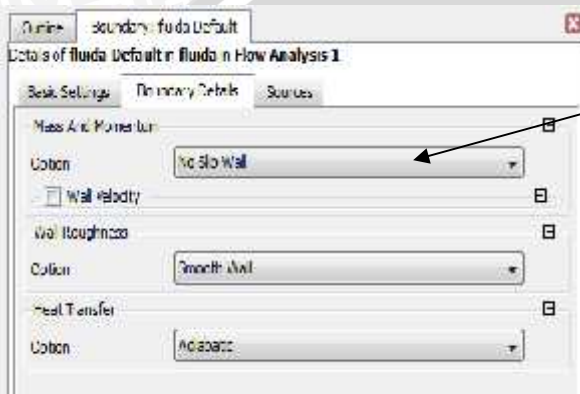
16

15

17. Pada basic setting pada bondary type pilih wall dan location pilih pada fluida

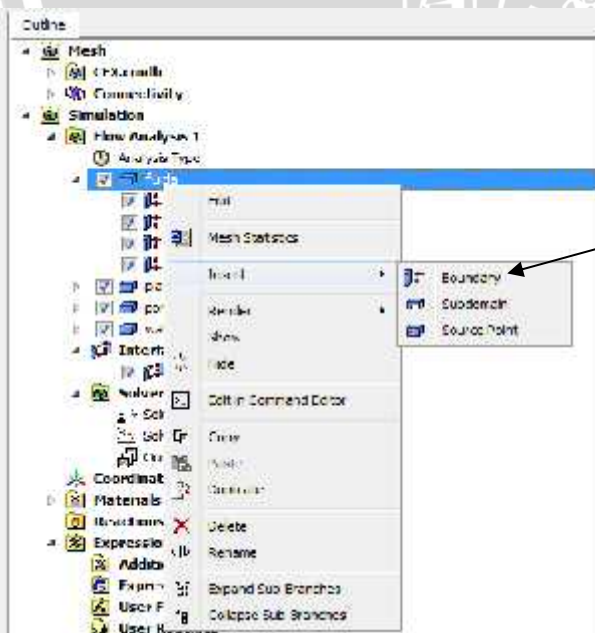


18. Klik pada boundary details pada mass and momentum pilih no slip wall, pada wall Rougness pilih smooth wall, dan pada heat transfer pilih adiabatic.

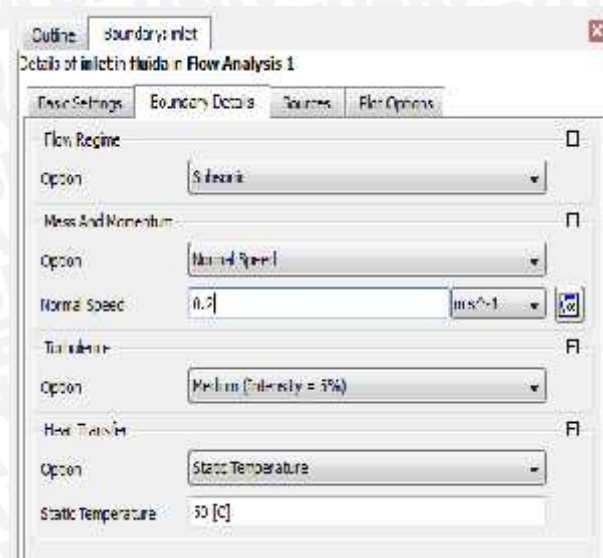


19. Klik kanan pada fluida dan pilih insert setelah itu pilih boundary setelah itu beri nama inlet.

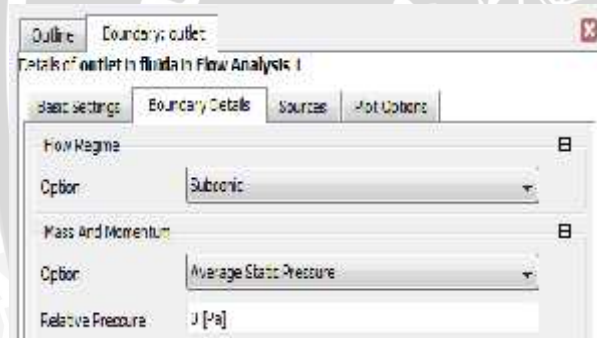
20. Ulangi langkah 19 dan beri nama outlet.



21. Klik inlet pada fluida dan pada boundary details masukan kecepatan seperti gambar berikut.



22. Klik Outlet pada fluida dan pada boundary details masukan tekanan seperti gambar berikut.

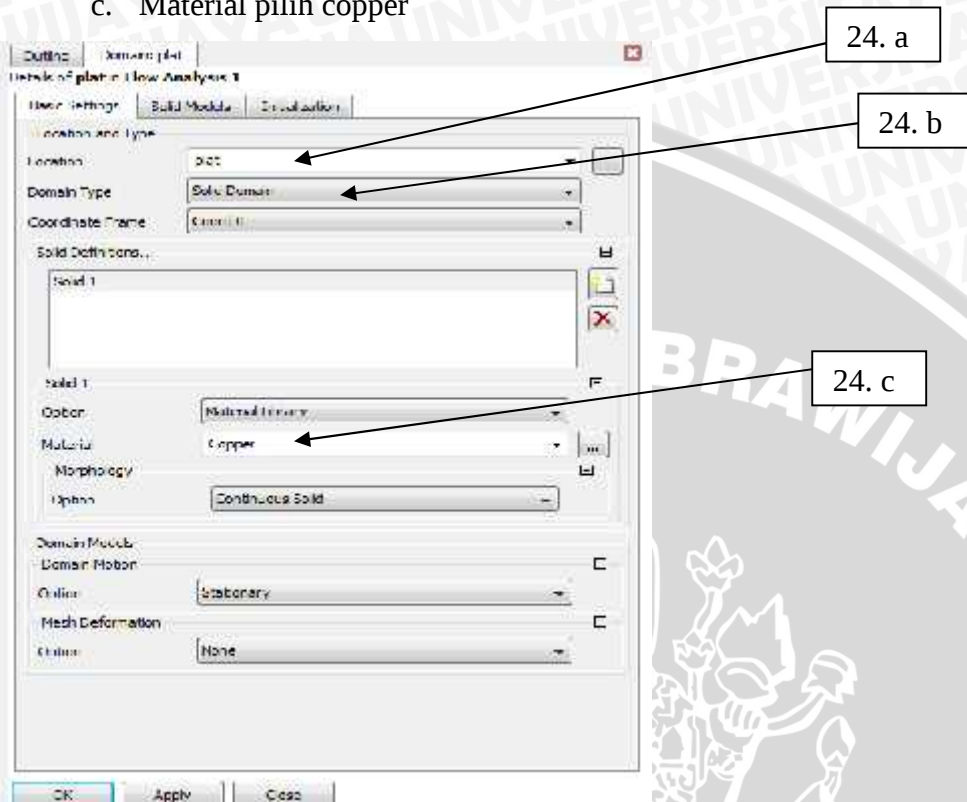


23. Klik pada plat dan pilih domain.



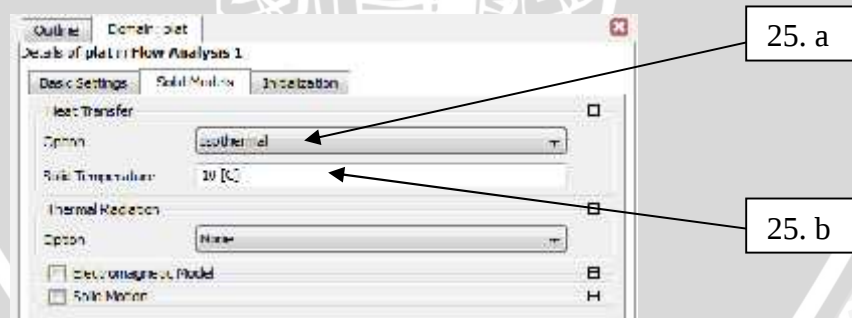
24. Masukan properti pada domain plat yaitu:

- Location pilih plat
- Domain type pilih solid domain
- Material pilih copper

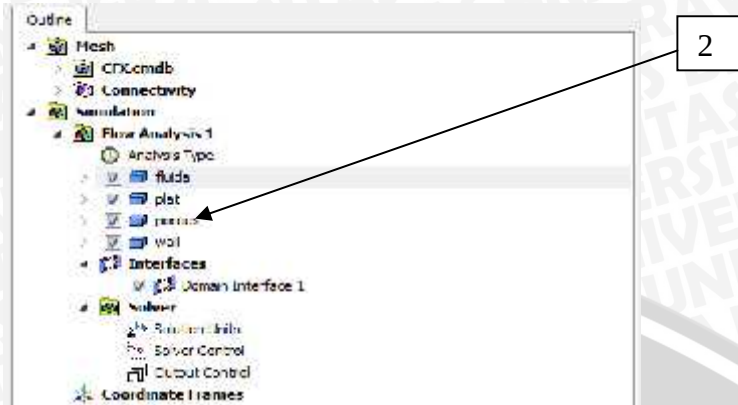


25. Pilih plat masukan properti pada solid model yaitu:

- Pada heat transfer pilih isothermal
- Masukan temperatur pada Solid temperatur

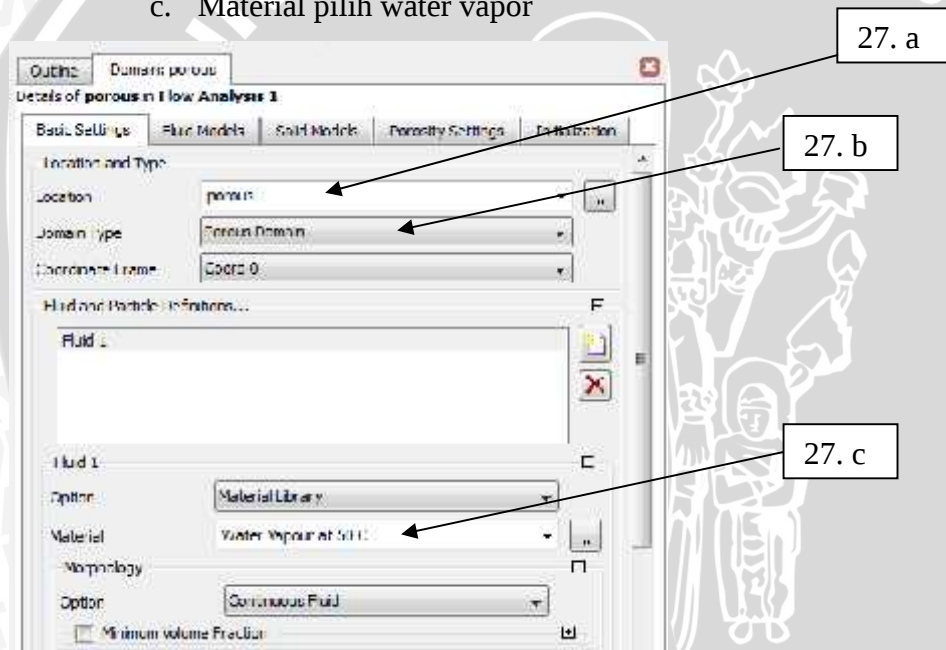


26. Klik pada porous dan pilih domain.

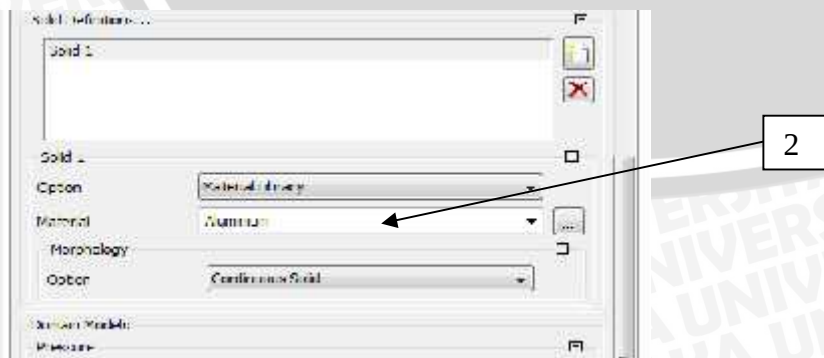


27. Masukkan properti pada domain porous yaitu:

- a. Location pilih porous
- b. Domain type pilih porous domain
- c. Material pilih water vapor

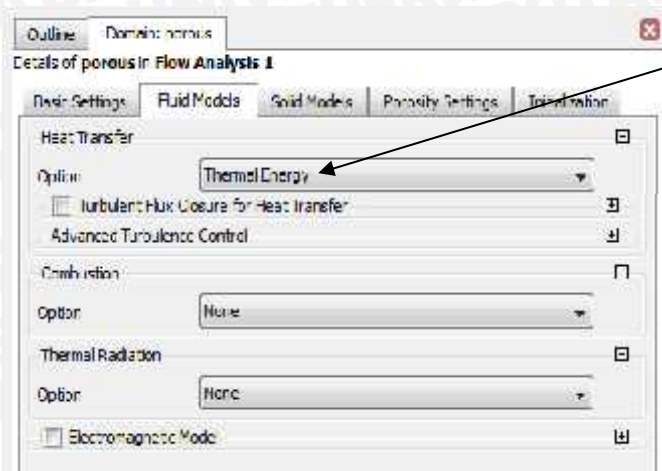


28. Pada solid definisi pilih material aluminium.



29. Masukan properti pada domain fluid models yaitu:

a. Heat transfer pilih thermal energy

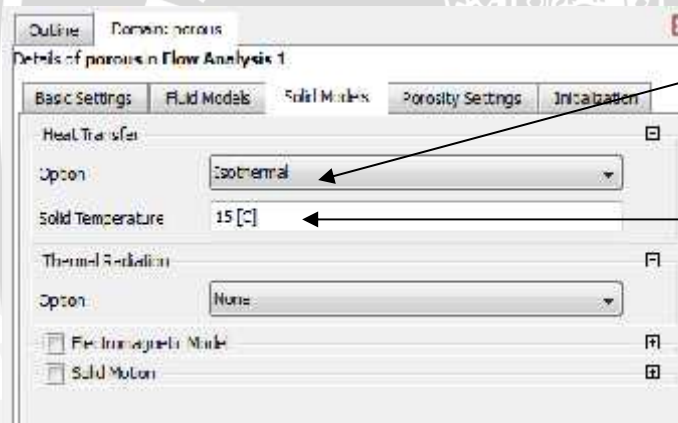


29. a

30. Masukan properti pada solid porous yaitu:

a. Heat transfer pilih isothermal

b. Masukkan temperatur pada solid temperatur.

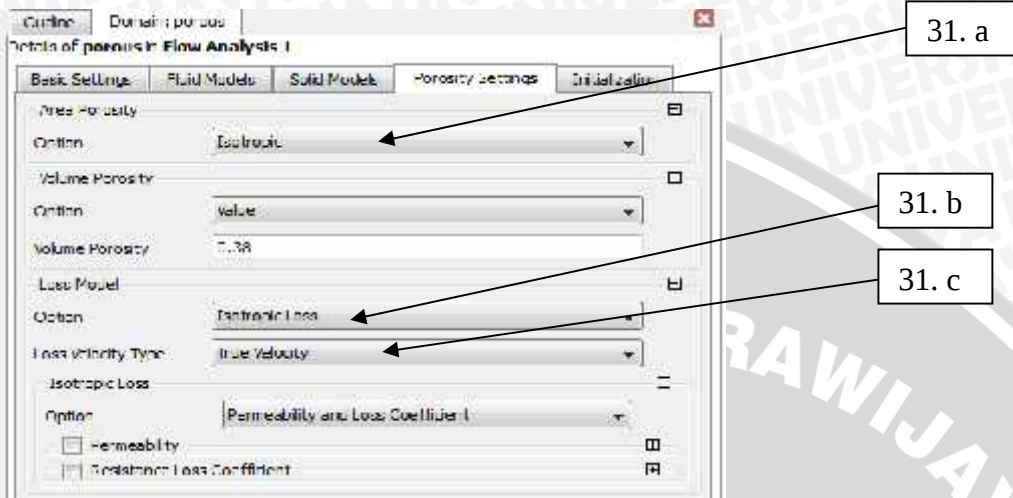


30. a

30. b

31. Masukan properti pada porosity setting yaitu

- volume porosity 0,38
- loss model pilih isotropic loss
- loss velocity type pilih true velocity.

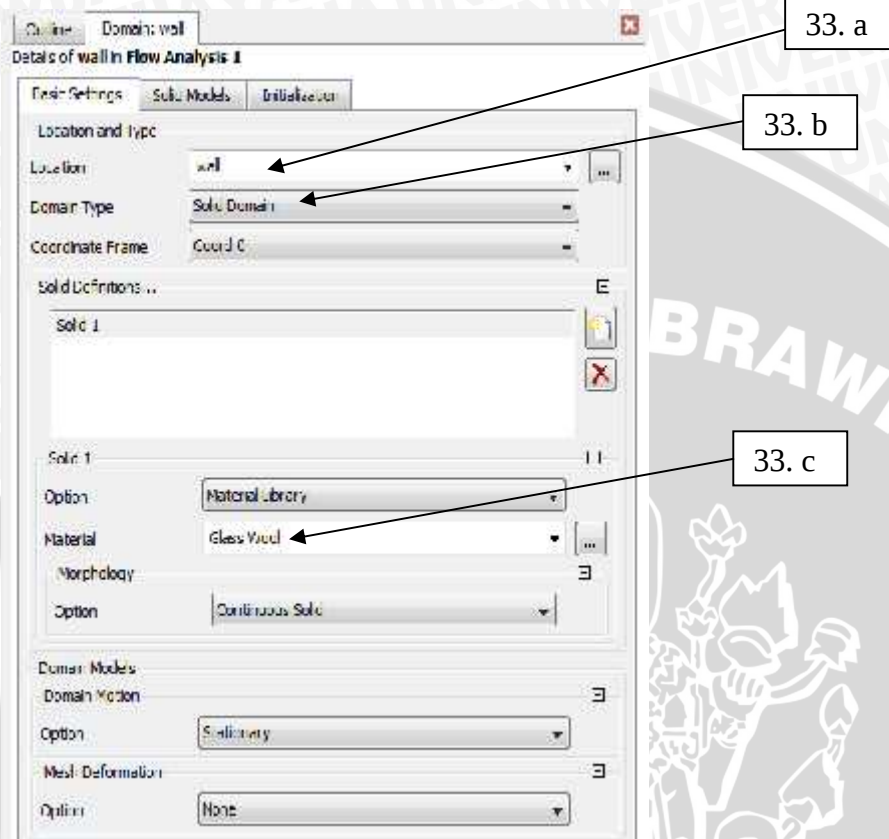


32. Klik pada wall dan pilih domain.



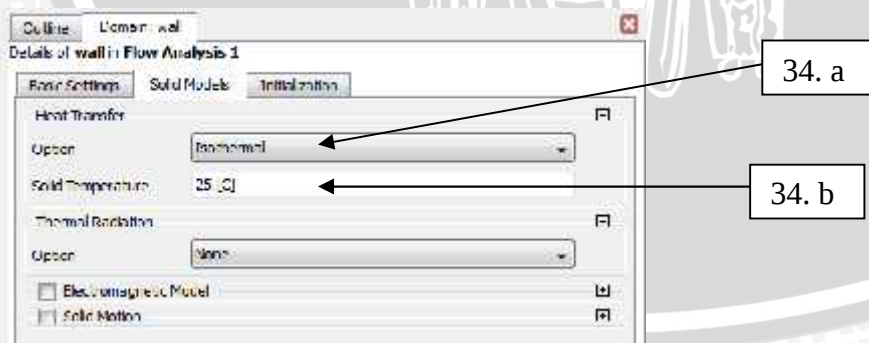
33. Masukan properti pada domain wall yaitu:

- Location pilih wall
- Domain type pilih solid domain
- Material pilih glass wool

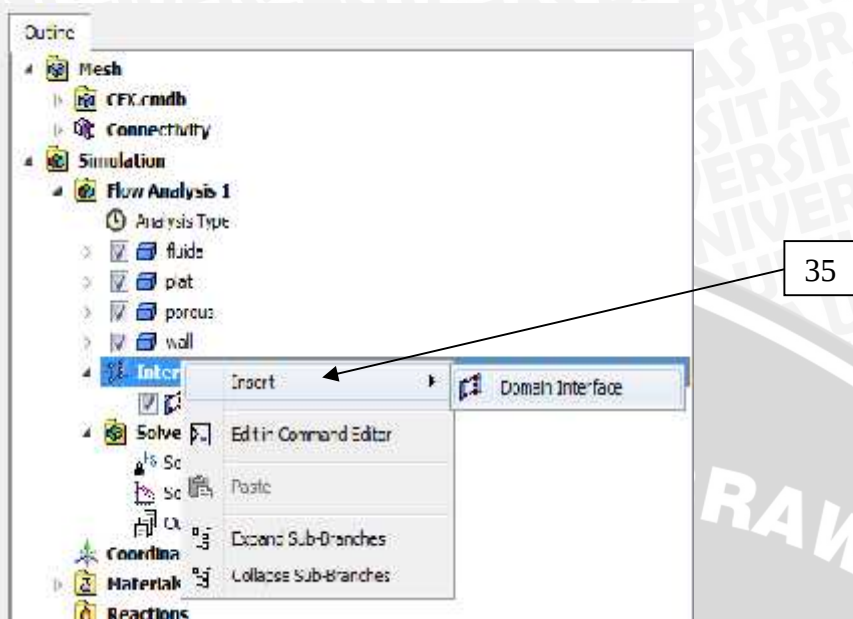


34. Pilih solid model pada wall.

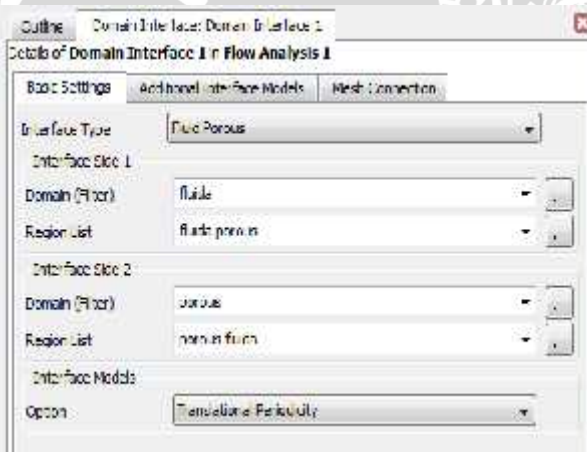
- Heat transfer pilih isothermal
- Masukkan temperatur pada solid temperatur.



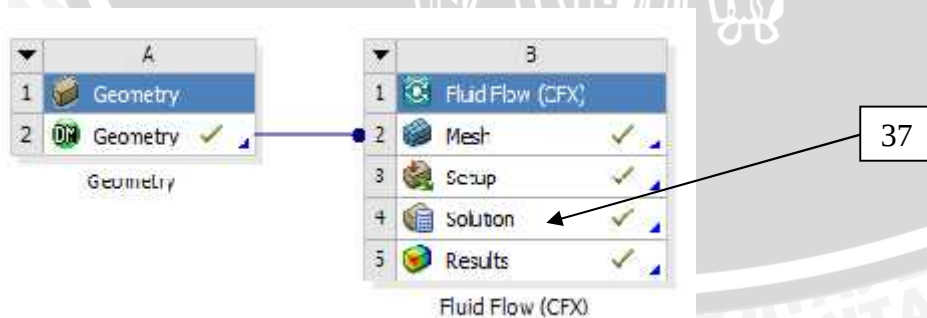
35. Klik kanan pada interface pilih insert dan pilih domain Interface



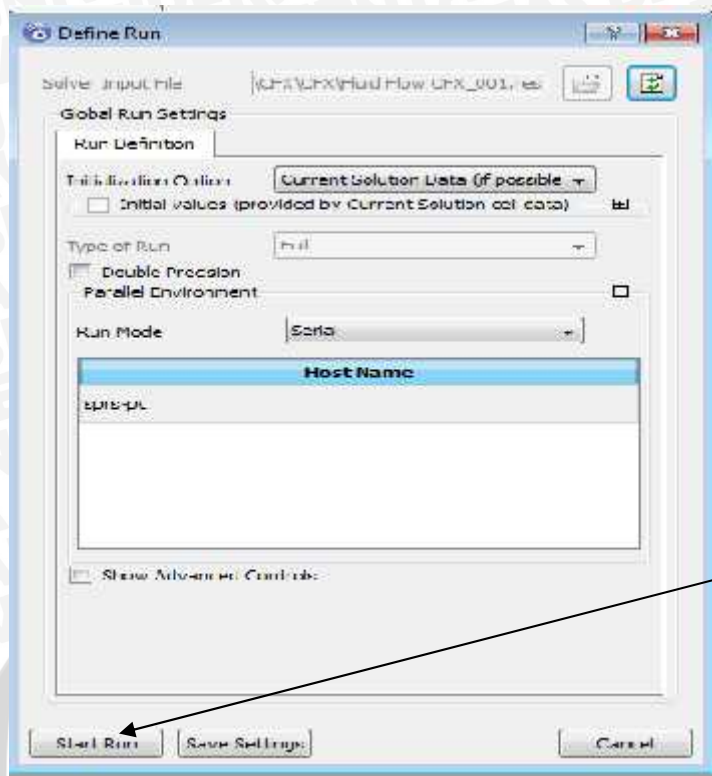
36. Double klik pada domain Interface masukan property seperti gambar berikut.



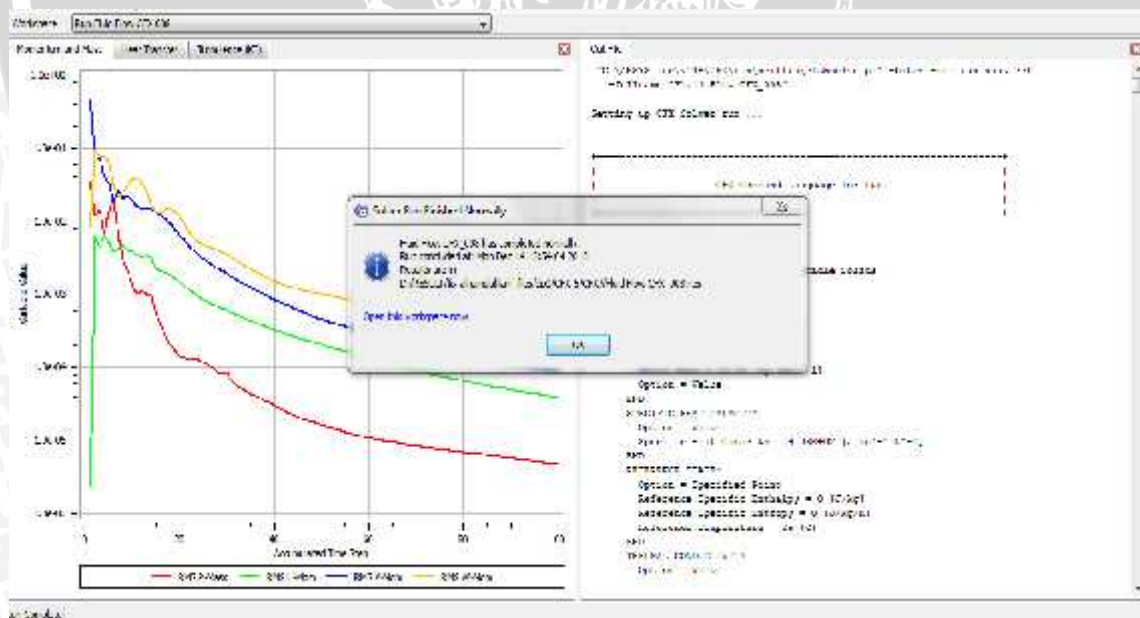
37. Double klik pada solution.



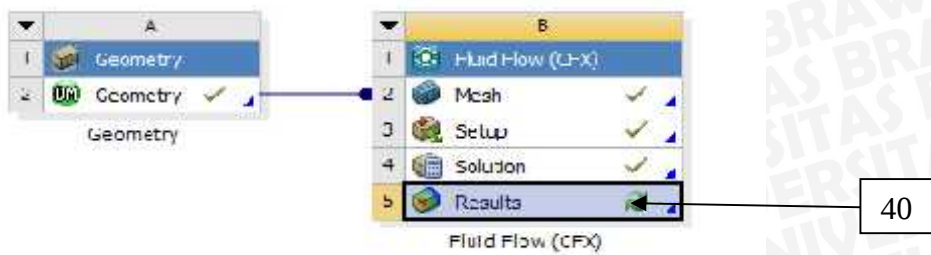
38. Pilih start run



39. Klik ok jika muncul peringatan seperti berikut lalu close.



40. Double klik pada result untuk melihat hasil dari proses simulasi.



41. Hasil yang ditunjukkan pada result dalam bentuk 3d.

