

BIDANG PROSES PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN :

BERITA ACARA PERKULIAHAN

Periode Semester Genap 2020/2021

MATAKULIAH :

PERPINDAHAN KALOR DAN MASSA-1

LAMPIRAN BERITA ACARA PERKULIAHAN :

1. Presensi Kehadiran Dosen dan Materi Ajar (SAP)
2. Presensi Kehadiran Kuliah Mahasiswa
3. Presensi Kehadiran Ujian Tengah Semester (UTS)
4. Hasil Evaluasi Belajar Mahasiswa (Nilai Akhir)
5. Contoh Hand-out Bahan Ajar

**Program Studi Teknik Mesin – S1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
J a k a r t a
2 0 2 1**

**Acara Perkuliahan (~~Tatap Muka~~/E-learning)/Kehadiran
Dosen Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri – ISTN Jakarta**

Matakuliah / sks	: Perpindahan Kalor dan Massa 1 / 2	Kelas	: A
Dosen	: Ir. Komarudin, MT.	Hari/Jam	: Senin / 08.00-10.00

Pertemuan ke	Tanggal	Materi Kuliah	Jam Masuk/Keluar	Jml Mhs	Tanda Tangan Dosen
1	16 Maret 2021	Konsep-konsep Dasar tentang pembentukan panas, perpindahan panas dan mekanisme, Rencana Pembelajaran Semester, Pola Evaluasi, Komponen-komponen Evaluasi Hasil Belajar	08.00 – 10.00	11	
2	23 Maret 2021	<u>Modul 1 : Konsep Dasar Tentang Perpindahan Panas</u> Materi ini menjelaskan tentang prinsip-prinsip tentang energi panas dan variable yang mempengaruhi terbentuknya energi panas dan mekanisme perpindahannya <u>Tugas 1 : Forum Diskusi</u> Berikan pendapat anda tentang Penjelasan Materi Tersebut dan Jelaskan Aplikasi pemakaian pada proses apa saja yang terkait dengan materi serta mengapa dibutuhkan perencanaan yang akurat baik dari sisi Proses Perpindahan Panas	08.00 – 10.00	11	
3	30 Maret 2021	<u>Modul 2 : Mekanisme Perpindahan Panas (Konduksi) sesi 1</u> Materi ini menjelaskan tentang mekanisme Peperindahan Panas yang terjadi terutama pada pelat sejajar dan konsep dasar dan analisis perpindahan panas yang terjadi pada pelat <u>Tugas 2 : Forum Diskusi :</u> Berikan pendapat anda tentang Penjelasan Materi Tersebut dan Jelaskan Aplikasi pemakaian pada proses apa saja yang terkait dengan materi, bagaimana pengaruh	08.00 – 10.00	11	

		terhadap laju aliran kalor jika dindingnya semakin tebal tetapi bahan yang digunakan lunak dan sebaliknya buktikan dengan persamaan dan tunjukan bagian/variabel mana yang dimaksud			
4	06 April 2021	<p>Tugas 3 : Quiz : Jawab soal dalam lampiran berikut ini dan dikerjakan sesuai alokasi waktu mulai hari ini senin, 06 April 2020, jam (16:00 - 20:00) WIB dan dikumpulkan dalam bentuk format pdf pada kertas A4 denganditulis pada lembar jawaban : Judul : Tugas 3 Perpan Kelas A Reguler Pagi - Nama/NIM : - Penentuan nilai masing2 temperatur dan nilai k (konduktivitas panas berdasarkan 2 digit dibelakang nomor pokok)</p>	08.00 – 10.00	11	
5	13 April 2021	<p>Pertemuan 5 : Modul 2 Mekanisme Perpindahan Panas Konduksi (sesi 1A) Materi ini menjelaskan mekanisme Konduksi Pada Plat Sejajar berlapis Seri, Paralel, Seri Paralel dan Silinder (pipa). Silahkan dipelajari jika ada yang ingin ditanyakan kita diskusikan melalui zoom dan jadwalkan waktunya</p>	08.00 – 10.00	11	
6	20 Apr27il 2021	<p>Tugas 4 : Forum Diskusi Jelaskan mengapa dinding- yang di aliri panas harus dilapisi atau diisolasi baik pada dinding paralel maupun pada silinder/pipa pengaruh apa yg terjadi jika tidak dilapis, buktikan bahwa semakin besar lapisan pada dinding akan semakin kecil temperatur yg diserap pada bagian yg paling dingin dengan menggunakan rumus laju perpindahan panas (besar Temperatur) Forum dibuka jam 10.00 s.d 14.00, agar diselesaikan dalam forum e-</p>	08.00 – 10.00	11	

		<i>learning</i> sy tdk menerima hasil penyelesaian tugas dalam bentuk media lainnya			
7	27 April 2021	Ujian Tengah Semester (UTS)	08.00 – 10.00	11	
8	04 Mei 2021	Ujian Tengah Semester (UTS) Susulan	08.00 – 10.00	11	
9	11 Mei 2021	<p><u>Modul 2 Sesi 2</u></p> <p>Materi ini menjelaskan tentang perambatan (konduksi) panas pada benda padat yang terjadi dari pusat material yang kemudian menjalar ke sisi benda pada padat nya secara merata misalkan perambatan panas panas proses pemanasan air yang sumbernya panasnya dialirkan dari energi panas listrik melalui sebuah batang kawat padat kemudian direndam kedalam air dengan demikian akan menghasilkan panas selanjutnya terjadi kenaikan temperatur pada permukaan kawat dan diserap oleh air sehingga dapat dihitung besar kenaikan temperatur dan waktu dibutuhkan untuk mendidihkan air tersebut. Sistim ini disebut sebagai sistem dengan sumber kalor atau kalor yang dibangkitkan dari pusat</p>	08.00 – 10.00	11	
10	08 Juni 2021	Materi ini menjelaskan tentang konsep perpindahan kalor Konduksi konveksi pada sistim konduktor yang melapisi sistem yaitu sebuah isolasi sebagai penahan panas untuk menjaga kestabilan temperatur pada sistimnya dalam hal ini untuk mendapatkan ukuran dari sebuah ketebalah (tebal kritik) dan bahan isolasi yang akan digunakan. Yang berikutnya adalah sistim sirip atau Fin yang terdapat pada alat penukar panas (misalkan	08.00 – 10.00	11	

		pada blok mesin sebuah motor roda dua atau penukar panas kapasitas besar, dan lainnya) dalam hal ini untuk mendapatkan besaran efektifitas dan efisiensi dari sirip terhadap proses penyerapan panas.			
11	15 Juni 2021	<p><u>Modul 3 : Materi 1 Konveksi (Pendahuluan)</u></p> <p>Materi ini menjelaskan tentang mekanisme perpindahan panas konveksi secara umum yaitu mekanisme dan macam perpindahannya, konsep dasar, variabel-variabel yang mempengaruhi dalam penyelesaian analisis dan langkah-langkahnya, contoh kasus mekanisme konveksi secara umum.</p>	08.00 – 10.00	11	
12	22 Juni 2021	<p><u>Modul 3 : Materi 2 : Konveksi Paksa Aliran Luar</u></p> <p>Materi ini menjelaskan tentang prinsip-prinsip dasar dalam analisis laju aliran kalor secara konveksi terutama laju aliran fluida pada pelat dalam aliran luar dipermukaan pelat baik yang berinteraksi dengan fluida (udara maupun cairan) yang bergerak mengalir dipermukaan nya. secara garis besar mekanisme penentuan laju aliran kalornya adalah terutama dalam menentukan nilai koefisien perpindahan panas konveksinya, yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan sifat fisik fluida berdasarkan temperatur film (rata-rata) antara temperatur fluida dengan permukaan padatnya 2. Berdasarkan temperatur tersebut tentukan sifat-sifat fisik (massa jenis, viskositas, koefisien konduktivitas termal, bilangan Prandtl, dst) dari tabel sifat fisik fluida tersebut) 3. Tentukan jenis aliran berdasarkan bilangan Reynold 4. Tentukan nilai nilai Nu (Nusselt 	08.00 – 10.00	11	

		number) 5. Hitung nilai h (koefisien konveksi) 6. Hitung besar laju aliran kalor konveksi			
13	29 Juni 2021	<u>Modul 3 : Materi 3 : Aliran Silang</u> Materi ini menjelaskan dan membahas tentang konveksi paksa aliran fluida luar yang mengalir menyilang diantara saluran atau pipa-pipa pada sistim peralatan alat penukar panas baik pada pipa tunggal maupun pada sistim kerumunan pipa. Analisisnya adalah mendapatkan besaran penurunan tekanan akibat hambatan pada aliran yang menyilang pipa-pipa, besar laju perpindahan kalor dan spesifikasi pompa.	08.00 – 10.00	11	
14	06 Juli 2021	<u>Modul 3 Materi 4 Konveksi Aliran Didalam Saluran Tertutup</u> Materi ini menjelaskan tentang analisis konveksi paksa aliran didalam sistim saluran tertutup, dimana pembahasannya mengenai pola dan besar distribusi laju perpindahan panas didalam saluran tertutup, temperatur rata-rata yang terdistribusi, spesifikasi dari ukuran pipa/saluran tertutup dan kapasitas pompa yang dibutuhkan	08.00 – 10.00	11	
15	13 Juli 2021	Tugas 5 : Rangkuman Materi Review dan Kisi-kisi	08.00 – 10.00	11	
16	27 Juli 2021	Ujian Akhir Semester (UAS)	08.00 – 10.00	11	

Mengetahui,
Ka. Program Studi Teknik Mesin



Ir. Uco Mulyo Sugeng, MT.

Jakarta, 09 Agustus 2021
Dosen Pengampu,



Ir. Komarudin, MT.

**DAFTAR HADIR MAHASISWA
SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2020/2021**

Program Studi : Teknik Mesin S1
Matakuliah : Perpindahan Kalor dan Massa-1
Kelas / Peserta : A
Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah
Dosen : Komarudin, Ir.MT

No	NIM	N A M A	Pertemuan																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	15210026	Muhammad Riffat Fadhillah	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	UAS	
2	16210021	Syarul Ridho Fauzi	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
3	16210035	Salman Alfarisyi	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
4	17210004	Muhammad Febryan Syawali	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
5	19210001	Rizieq Alifqu	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
6	19210002	Yuga Rizki Permana	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
7	19210003	Hamim Yudhi Setiaanggara	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
8	19210004	Wisnu Bintang Ryanto	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
9	19210006	Thaha Aghna	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
10	19210007	Naufal Razaq Ramadhan	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS
11	19210008	Muatiawan Fikri	v	v	v	v	v	v	v	v	UTS	v	v	v	v	v	v	v	v	UAS

Jakarta, 09 Agustus 2021

Dosen Pengajar



Komarudin, Ir.MT

Nilai Hasil Evaluasi Belajar Mahasiswa

Mata Kuliah :

PERPINDAHAN KALOR DAN MASSA – 1

Kelas A

Dosen :

Ir. Komarudin, MT.

**Program Studi Teknik Mesin – S1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
J a k a r t a
2 0 2 1**

DAFTAR NILAI
SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2020/2021

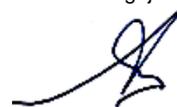
Program Studi : Teknik Mesin S1
Matakuliah : Perpindahan Kalor dan Massa 1
Kelas / Peserta : A
Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah
Dosen : Komarudin, Ir.MT

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	15210026	Muhammad Riffat Fadhillah	100	65	60	70	0	0	69	B
2	16210021	Syarul Ridho Fauzi	100	60	85	65	0	0	73.5	B+
3	16210035	Salman Alfarisyi	100	62	85	70	0	0	75.9	A-
4	17210004	Muhammad Febryan Syawali	100	20	0	65	0	0	40	E
5	19210001	Rizieq Alifqu	100	0	0	0	0	0	0	
6	19210002	Yuga Rizki Permana	100	70	90	75	0	0	81	A
7	19210003	Hamim Yudhi Setiaanggara	100	50	85	70	0	0	73.5	B+
8	19210004	Wisnu Bintang Ryanto	100	75	85	75	0	0	80.5	A
9	19210006	Thaha Aghna	100	64	75	60	0	0	69.3	B
10	19210007	Naufal Razaq Ramadhan	100	70	90	75	0	0	81	A
11	19210008	Muftiawan Fikri	100	70	90	75	0	0	81	A

Rekapitulasi Nilai							
A	4	B+	2	C+	0	D+	0
A-	1	B	2	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	1

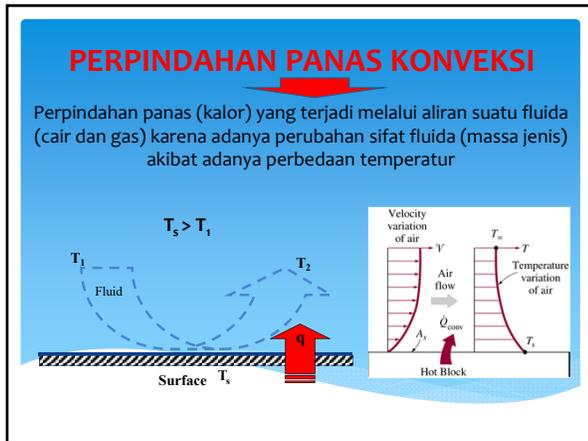
Jakarta, 09 August 2021

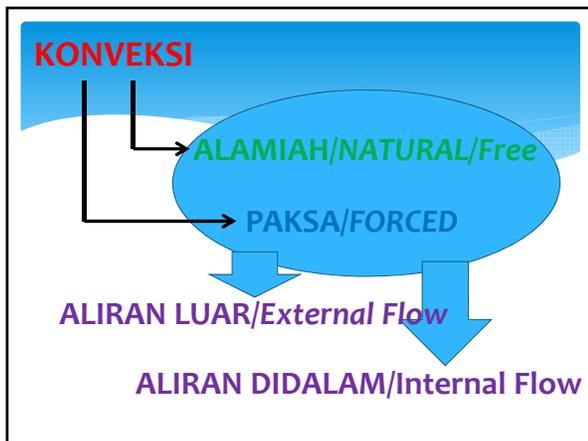
Dosen Pengajar

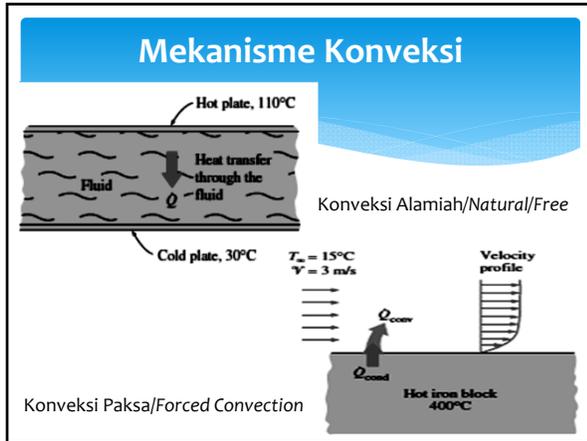


Komarudin, Ir.MT











Besaran Laju Aliran Panas Konveksi

$$q_{conv} = h(T_s - T_\infty) \quad (W/m^2)$$

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (W)$$

Dimana :

- h = koefisien perpindahan panas konveksi, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- A_s = luas permukaan perpindahan panas, m^2
- T_s = temperature of the surface, $^\circ C$
- T_∞ = temperature fluida pada permukaan terjauh, $^\circ C$

KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI (h)

Dilihat dari unit nya, koefisien perpindahan panas konveksi h dapat didefinisikan sebagai laju perpindahan panas antara permukaan padat dan cairan per satuan luas penampang permukaan akibat perbedaan suhu yang tergantung pada beberapa variabel, dengan demikian sulit untuk menentukannya

PRINSIP DASAR DALAM PENENTUAN NILAI h

1. Klasifikasi Aliran Fluida

- Aliran Internal
- Aliran Luar/External
- Aliran *Viscous* versus *Inviscid*
- Aliran Mampu Mampat (*Compressible*)
- Aliran Tak Mampu Mampat (*Incompressible*)
- Aliran Alamiah/Natural (*or Unforced*)
- Aliran Paksa (*Forced*)

PRINSIP DASAR DALAM PENENTUAN NILAI h (*cont.*)

2. Sifat Fisik Fluida dan Permukaan

1. Permukaan Bidang Konduksi/Benda Padat (termasuk kekasaran)
2. Kecepatan Aliran
3. Sifat Fisik Fluida :
 1. Viscosity
 2. Density
 3. Conductivity
 4. Specific heat
4. Perbedaan Temperatur

PRINSIP DASAR DALAM PENENTUAN NILAI h (cont.)

3. Beberapa Metoda Analisis

1. Analisa dimensional yang digabungkan dengan Eksperimental.
2. Penyelesaian matematis terhadap persamaan-persamaan lapisan batas.
3. Analisa pengira-iraan terhadap lapisan batas dgn metode integral.
4. Analogi antara perpindahan panas, massa dan momentum.

PRINSIP DASAR DALAM PENENTUAN NILAI h (cont.)

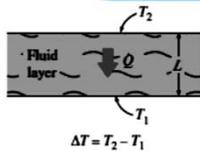
4. Bilangan Tak Berdimensi

Dari beberapa analisis yang dilakukan analisis pertama yang lebih sering digunakan

- ❖ Bilangan Nusselt
- ❖ Bilangan Prandtl
- ❖ Bilangan Reynold
- ❖ Bilangan Grashof
- ❖ Dan lain-lain

Bilangan Nusselt

□ **Bilangan Nusselt Pada Plat Datar**



$$Nu = \frac{hL_c}{k}$$

L_c = Panjang Karakteristik
 k = konduktivitas termal fluida

□ **Bilangan Nusselt Pada Silinder/Tabung**

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad D = \text{Diameter Karakteristik}$$

Semakin besar bilangan Nusselt, proses konveksi menjadi lebih efektif

Bilangan Prandtl

Ketebalan relatif dari kecepatan dan lapisan batas termal digambarkan dengan parameter bilangan Prandtl

$$Pr = \frac{\text{Molecular diffusivity of momentum}}{\text{Molecular diffusivity of heat}} = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k}$$

TABLE B-2
Typical ranges of Prandtl numbers for common fluids

Fluid	Pr
Liquid metals	0.004-0.030
Gases	0.7-1.0
Water	1.7-13.7
Light organic fluids	5-50
Oils	50-100,000
Glycerin	2000-100,000

Bilangan Reynold

Transisi aliran dari laminar menjadi turbulen tergantung pada geometri permukaan, kekasaran permukaan, streaming pada kecepatan bebas, suhu permukaan, dan jenis cairan.

✓ Aliran diatas permukaan : $Re = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{viskositas}} = \frac{V.L.\rho}{\mu} = \frac{V.L}{\nu}$

- Re < 1x10⁵ Aliran Laminer
- Re > 1x10⁶ Aliran Turbulen
- Re = 5x10⁶ Aliran Transisi/kritis

✓ Aliran didalam saluran/pipa : $Re = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{viskositas}} = \frac{V.D.\rho}{\mu} = \frac{V.D}{\nu}$

- Re < 2300 Aliran Laminer
- Re > 2300 Aliran Turbulen
- Re = 2300 Aliran Transisi/kritis

Pembentukan Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran pada ruang terbuka

Aliran dalam saluran tertutup

(a) Laminar flow

(b) Turbulent flow

2. Kondisi Lapisan Batas Termal (Thermal Boundary Layer)

koefisien perpindahan panas konveksi lokal dan bilang Nusseltnya

$$h_x = \frac{q_s}{T_s - T_\infty} = \frac{-k(\partial T/\partial y)|_{y=0}}{T_s - T_\infty} = 0.332 \text{ Pr}^{1/3} k \sqrt{\frac{u_\infty}{\nu x}}$$

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k} = 0.332 \text{ Pr}^{1/3} \text{ Re}^{1/2} \quad \text{Pr} > 0,6$$

2. Kondisi Lapisan Batas Termal (Thermal Boundary Layer) (cont.)

Hubungan antara lapisan batas kecepatan dengan lapisan batas termal

$$\delta/\delta_t \cong \text{Pr}^{1/3}$$

Maka diperoleh tebal lapisan termalnya menjadi :

$$\delta_t = \frac{\delta}{\text{Pr}^{1/3}} = \frac{5,0x}{\text{Pr}^{1/3} \sqrt{\text{Re}_x}}$$

Untuk perubahan sifat fluida yang bervariasi, maka ditentukan berdasarkan pada temperatur film yaitu :

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

Dimana : T_s = temperatur permukaan; T_∞ = temperatur fluida

Hubungan Persamaan Kefisien Gesekan Dan Koefisien Konveksi

Gesekan dan koefisien perpindahan panas rata-rata ditentukan dengan mengintegrasikan C_f , x dan Nu_x di atas permukaan plat sepanjang x dari 0 ke L , dimana koefisien gesek dapat dinyatakan sebagai fungsi dari bilangan Reynolds itu sendiri, sedangkan bilangan Nusselt sebagai fungsi bilangan Reynolds dan Prandtl, yang dinyatakan sebagai,

$$C_f = f_1(\text{Re}_L) \quad \text{and} \quad Nu = g_3(\text{Re}_L, \text{Pr})$$

Data eksperimen untuk perpindahan panas menggunakan relasi yang sederhana dalam bentuk :

$$Nu = C \cdot \text{Re}_L^m \cdot \text{Pr}^n$$

Untuk bilangan Nusselt lokal : $Nu = \text{fungsi}(x^m, \text{Re}_L, \text{Pr})$
 Untuk bilangan Nusselt rata-rata : $Nu = \text{fungsi}(\text{Re}_L, \text{Pr})$

Dimana m dan n konstanta eksponensial (biasanya antara 0 – 1) dan konstanta C tergantung bentuk/geometri.

Jawab :

Besar koefisien perpindahan panas konveksi dari persamaan :

$$C_{f,x} \frac{Re_L}{2} = Nu_x Pr^{-1/3} \quad \text{or} \quad \frac{C_{f,x}}{2} = \frac{h_x}{\rho C_p V} Pr^{2/3} = j_H$$

Dari sifat fluida pada temperature 20°C dan tekanan 1 atm, diperoleh :

$$\rho = 1.204 \text{ kg/m}^3, \quad C_p = 1.007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}, \quad Pr = 0.7309$$

Udara mengalir sepanjang 3 meter pada 2 sisi pelat, maka luas penampang pelat :

$$A_s = 2WL = 2(2 \text{ m})(3 \text{ m}) = 12 \text{ m}^2$$

Gaya hambat pada pelat datar yang terjadi: $F_f = C_f A_s \frac{\rho V^2}{2}$

Koefisien gesek diperoleh :

$$C_f = \frac{F_f}{\rho A_s V^2 / 2} = \frac{0.86 \text{ N}}{(1.204 \text{ kg/m}^3)(12 \text{ m}^2)(7 \text{ m/s})^2 / 2} \left(\frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ N}} \right) = 0.00243$$

Maka koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata diperoleh :

$$h = \frac{C_f \rho^3 V C_p}{2 Pr^{2/3}} = \frac{0.00243 (1.204 \text{ kg/m}^3)(7 \text{ m/s})(1007 \text{ J/kg} \cdot \text{°C})}{0.7309^{2/3}} = 12.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$
