

**ANALISA EFEKTIVITAS UDARA PANAS PADA ALIRAN SILANG DENGAN  
MENGUNAKAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENDINGIN  
PRODUK BUAH KOPI**

**Skripsi**

**Oleh :**

**Paisal Ahmad**

**148130001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

## HALAMAN PENESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : ANALISA EFEKTIVITAS UDARA PANAS PADA ALIRAN  
SILANG DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PENUKAR KALOR  
UNTUK PENERING PRODUK BUAH KOPI

Nama : Paisal Ahmad

NPM : 148130001


Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : TEKNIK


Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



(Ir. H. Amir Syam Nst, MT)  
NIP/NIDN: 00251125606



(Muhammad Idris, ST, MT)  
NIP/NIDN: 0106058104

Dekan I

Ka.Prodi Teknik Mesin/ WD



(M. Ch. Djinnah Fauzana, MT)  
NIP/NIDN: 0112096601

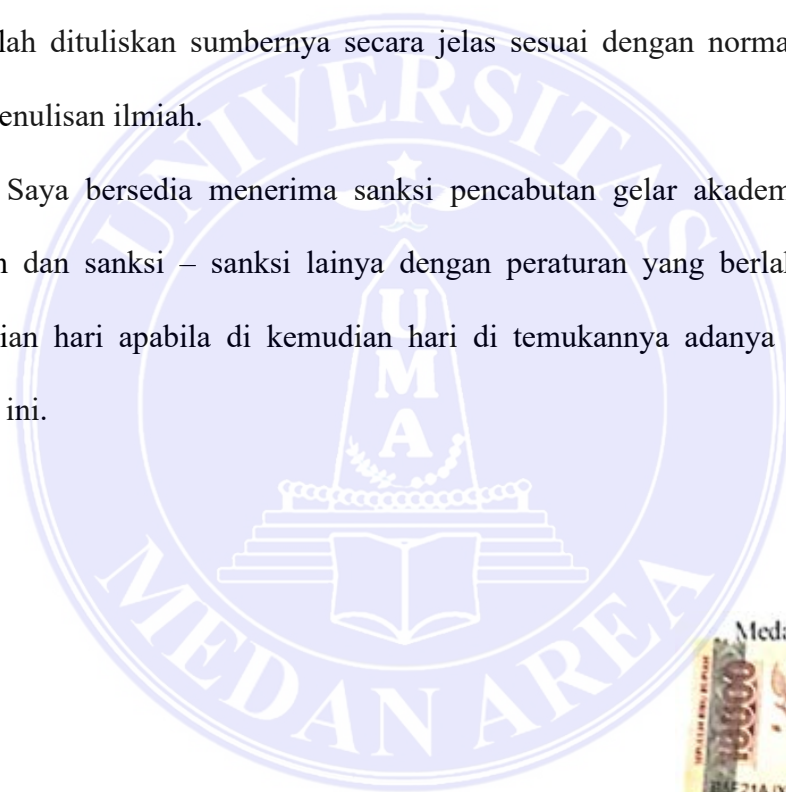


(Muhammad Idris, ST, MT)  
NIP/NIDN: 0106058104

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian - bagian tertentu dalam penulisan skripsi yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma , kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari apabila di kemudian hari di temukannya adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR/SKERIPSI UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Paisal Ahmad

Npm : 148130005

Falkutas : TEKNIK

Program Studi : TEKNIK MESIN

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisa Efektivitas Udara Panas Pada Aliran Silang Dengan Menggunakan Alat Penukar Kalor Untuk Pengering Produk Buah Kopi. Dengan Bebas Royalty Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*data base*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 02 Juni 2021



Paisal Ahmad  
148130001



## RIWAYAT HIDUP

Nama paisal Ahmad atau biasa di kenal sebagai Paisal adalah penulis skripsi ini. Penulis lahir dari orang tua bernama Pasri (Ayah) dan Nur Maidah Pasaribu (Ibu), sebagai anak ke tiga dari empat bersaudara penulis dilahirkan pada

tanggal 15 bulan April 1995 di kota Medan.

Penulis menempu pendidikan di SDN 101766 Bandar setia Kabupaten Deli Serdang (lulus tahun 2008), melanjutkan ke SMP Negeri 17 kota Medan (lulus tahun 2011), melanjutkan ke SMK Swasta Teladan Medan (lulus tahun 2014) kemudian melanjutkan Pendidikan Tinggi di fakultas Teknik dengan masa kuliah selama 7 tahun (14 semester) dan meraih gelar Sarjana Teknik (S.T) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Akhir kata penulis selalu mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Tuhan yang mahaesa atas terselesaikannya skripsi ini dengan judul, Analisa Efektivitas Udara Panas Pada Aliran Silang Dengan Menggunakan Alat Penukar Kalor Untuk Penggering Produk Buah Kopi

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warohmatullaahi Wabarakaatuh*

*Alhamulillah*, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah alat pengering dengan judul “**Analisa Efektivitas Udara Panas Pada Aliran Silang Dengan Menggunakan Alat Penukar Kalor Untuk Pengering Produk Buah Kopi** ” Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya, Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat didalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran sari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun matrial yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui Tulsan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang seluasnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., Selaku rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.



3. Bapak Ir. H. Amir Syam Nst, M.T., dan Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, motivasi dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah bayak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Pasri dan Nur Maidah Pasaribu selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral, dan materi sehingga tugas akhir ini dapat di selesaikan.
7. Sahabat dan teman-teman ikut membantu membuat alat pengering biji kopi dan memberikan bantuan materi, tenaga, semangat, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu Reza Amdana , Tua Parlindungan Simbolon.
8. Ferry Armando Hutagaol , Rangga, Fredy Tua Silaban, Bony Fansius Manurung, yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2014 dari kampus Universitas Medan Area, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis dan semua pembaca.

*Aamiin Ya Rabbal 'Alamin*

Penulis



Paisal Ahmad

148130001





## ABSTRACT

Materials This research is about drying coffee cherries using a cross-flow system which aims to overcome the problem in the rainy season by using a cross-flow heat exchanger to help farmers dry coffee. The heat exchanger is able to transfer the hot fluid in the hot air transfer process directly, where the heated fluid first mixes with (the heater is without) in a vessel where the heating fluid is not directly connected to the heater. The heating of the air is very good, this can be seen from the heat transfer graph where the more the temperature increases, the higher the  $Q$  produced by the cross flow pipe. From the results of testing this tool, it can be said that the heat transfer in the cross flow pipe runs as expected. However, this lata is not able to absorb the heat, it can be seen from the actual  $Q$  which decreases from 1057 to 900 and the heat transfer speed is 0.021 M/s and also the effectiveness obtained is only 42% from what should be 60% to meet the needs of the domestic market according to SNI. .

## ABSTRAK

Bahan Penelitian ini mengenai pengering buah kopi dengan menggunakan sistem aliran silang yang bertujuan untuk mengatasi masalah pada musim hujan dengan menggunakan alat penukar kalor aliran silang agar membantu para petani dalam mengeringkan kopi. Alat penukar kalor mampu memindahkan fluida panas proses perpindahan udara panas secara langsung, dimana fluida dipanaskan terlebih dahulu bercampur dengan (pemanasnya ada tanpa) dalam sebuah bejana dimana fluida pemanasnya tidak terhubung langsung dengan pemanasnya. Pemanasan udara yang dilakukan sangatlah baik hal ini dapat dilihat dari grafik perpindahan panas di mana semakin banyak suhu yang bertambah maka akan semakin tinggi pula  $Q$  yang dihasilkan Oleh pipa aliran silang. Dari hasil pengujian alat ini dapat dikatakan perpindahan panas pada pipa aliran silang berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Akan tetapi alat ini tidak mampu mengikat panasnya itu terlihat dari  $Q$  aktual yang menurun dari 1057 sampai ke 900 dan kecepatan perpindahan panas  $0.021 \text{ M/s}$  dan juga efektivitas yang didapatkan hanya 42 % dari yang seharusnya 60 % untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri menurut SNI.

**Kata kunci:** pengering, alat penukar kalor, buah kopi

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENESAHAN BUKU SKRIPSI.....	I
HALAMAN PERNYATAAN.....	II
RIWAYAT HIDUP.....	III
KATA PENGANTAR.....	II
DAFTAR ISI.....	III
DAFTAR GAMBAR.....	VI
DAFTAR TABEL.....	VII
DAFTAR GRAFIK.....	VIII
BAB I. PENDAHULUAN.....	2
A. Latar Belakang.....	2
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Tujuan Penelitian.....	2
E. Manfaat penelitian.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTKA.....	3
A. Pengeringan.....	5
B. Perpindahan Panas.....	5
C. Jenis Perpindahan Panas.....	6
1. Perpindahan Panas Konduksi.....	6
2. Perpindahan panas konveksi.....	7
3. Perpindahan Panas Radiasi.....	8
4. Perpindahan Panas Konveksi Paksa.....	8
D. Pengaruh Luas Penampang Terhadap Kecepatan.....	9
E. Kecepatan Udara Panas Dengan Menggunakan Blower.....	10
F. Laju Perpindahan Panas.....	10
G. Nilai Kalor.....	11
H. Alat Penukar Kalor.....	11
1. Efektivitas Perpindahan Panas Pada Penukar kalor (APK).....	12
2. Koefisien Perpindahan Panas Kalor menyeluruh Pada Alat kalor 12	
I. Jenis Jenis Alat Penukar Kalor.....	13
1. Penukar panas pipa rangkap (double pipe heat exchanger ).....	14
2. Penukar Panas Plate and Frame.....	15
3. Komponen-komponen Heat Exchanger.....	16

4. Shell .....	16
J. Klasifikasi penukar kalor berdasarkan susunan aliran fluida .....	17
1. Pertukaran panas dengan aliran searah .....	17
2. Pertukaran panas dengan aliran berlawanan arah .....	18
3. Pertukaran Panas Dengan Aliran Silang .....	19
K. Analisa Perpindahan Panas APK .....	20
1. Efektifitas Untuk Mengganalisa Perpindahan Panas .....	20
2. Bilangan Reynold.....	21
3. Logaritmic Mean temperature Difference (LMTD).....	22
L. Kadar Air Bahan .....	22
N. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan.....	23
O. Kopi.....	24
<b>BAB III. METOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
A. Waktu Dan Tempat .....	26
B. Alat dan Bahan .....	26
1. Alat.....	26
2. Bahan .....	31
C. Variabel Penelitian .....	31
1. Variabel Bebas .....	32
2. Variasi Perlakuan .....	32
3. Varibael Terikat .....	32
D. Prosedur Penelitian.....	32
1. penyusunan alat penelitian .....	32
2. Tahap penalitian .....	33
3. Tahap Persiapan Pengujian .....	33
4. Tahap Pengujian.....	33
E. Diagram Alir .....	34
F. Sketsa Penukar Kalor Aliran Silang.....	36
G. Sketsa Alat Pengering .....	37
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
A. Laju Perpindahan Panas .....	38
B. Perhitungan Logaritmic Mean Temperature Difference (LMTD) .....	39
C. Menghitung keseimbangan Energi Panas.....	39
D. Bilangan Reynold.....	40
E. Aliran Silang.....	41

F. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh .....	42
G. Efektivitas Pipa Aliran Silang .....	42
H. Niali Q (Aktual ) Pada Pipa Aliran Silang .....	43
I. Aliran Silang .....	45
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
A. Kesimpulan.....	46
B. Saran .....	46
Daftar Pustaka .....	48
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi.....	6
Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi.....	6
Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi.....	7
Gambar 2.4 Penukar Panas Pipa Rangkap (Doble Pipa Heat Exchanger).....	13
Gambar 2.5 Penukar Panas Plat And Frame.....	13
Gambar 2.6 Bentuk Bentuk Shell Dan Penutupnya.....	14
Gambar 2.7 Aliran Parallel Flow Dan Profil Temperatur.....	15
Gambar 2.8 Aliran Flow Dan Temperatur.....	16
Gambar 2.9 Aliran Flow Dan Profil Temperatur.....	17
Gambar 3.1 Alat Pengering Kopi.....	24
Gambar 3.2 Thermometer.....	24
Gambar 3.3 Blower.....	25
Gambar 3.5 Jangka Sorong.....	26
Gambar 3.6 Blower Tarik.....	28
Gambar 3.7 Buah Kopi .....	28
Gambar 3.8 sketsa aliran kerja pipa panas.....	34
Gambar 3.9 Alat pengering.....	35



## Daftar Grafik

Grafik 4.1 Koefisien pipa aliran silang.....	40
Grafik 4.2 Uji coba efektivitas aliran silang.....	41
Grafik 4.3 Hasil uji coba nilai Q pada pipa aliran silang.....	42
Grafik 4.4 NTU Aliran silang.....	43



## Daftar Tabel

Tabel 4.1 Data awal.....	36
Tabel 4.2 Udara yang di panaskan.....	36
Tabel 4.3 Koefisien pipa aliran silang.....	40
Tabel 4.4 Uji coba efektivitas aliran silang.....	41
Tabel 4.5 Nilai kalor.....	42
Tabel 4.6 NTU aliran silang.....	43









## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A Latar belakang**

Indonesia merupakan negara yang mempunyai 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau hal ini tidak terlalu baik bagi petani kopi untuk mengeringkan buah kopinya secara manual maka dari itu perlukan alat yang dapat membantu para petani kopi dalam proses pengeringan terhadap buah kopi makan diperlukanya adalah alat yang menghasilkan panas tanpa bantuan matahari dan di perlukan alat yang dapat menjadi solusi dari permasalahan pengeringan para petani kopi.

Pengeringan adalah upaya yang harus di lakukan untuk menurunkan kadar air dari buah kopi sampai batas tertentu hal ini dilakukan agar menurunkan kadar jamur terhadap buah kopi yang sering di lakukan petani adalah menjemurnya langsung di bawah sinar matahari hal ini di rasa kurang efektif di karena cuaca yang sulit di tebak maka dari itu di perlukan mesin pengering.

Udara panas merupakan bagian yang sangat penting dalam melakukan proses pengeringan atas dasar hal ini maka di perlukan alat pengering. Alat penukar kalor merupakan solusi dari permasalahan ini karena alat penukar kalor dapat menghantarkan panas secara paksa tanpa bantuan matahari. Alat penukar kalor mampu memindahkan fluida panas proses perpindahan udara panas secara langsung, dimana fluida dipanaskan terlebih dahulu bercampur dengan (pemanasnya ada tanpa) dalam sebuah bejana dimana fluida pemanasnya tidak terhubung langsung dengan pemanasnya.



## **B. Rumusan Masalah**

1. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan perpindahan temperatur terhadap APK aliran silang
2. Menganalisa Efektivitas udara panas pada aliran silang terhadap alat penukar kalor untuk pengering kopi

## **C. Batasan Masalah**

1. Penelitian menggunakan kompor gas sebagai pemanas
2. Fluida yang di alirkan adalah udara panas
3. Sistem aliran yang digunakan pada APK adalah aliran silang
4. Bahan yang dikeringkan adalah buah kopi bukan biji kopi

## **D. Tujuan penelitian**

1. Mengetahui pengaruh kecepatan perpindahan temperatur terhadap APK aliran silang
2. Menganalisa efektivitas temperatur udara panas alat penukar kalor (APK) aliran silang

## **E. Manfaat penelitian**

Penelitian ini bermanfaat dalam memberikan pengalaman untuk menerapkan teori yang didapat diperguruan tinggi secara nyata dalam menyelesaikan masalah dalam kehidupan petani kopi untuk meningkatkan hasil pendapatan dari buah kopi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTKA**

#### **A. Pengeringan**

Pengeringan sangat diperlukan untuk mengurangi kadar air di dalam suatu produk kopi pengeringan sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari akan tetapi pengeringan melalui median menjemur langsung di matahari sangat tidak efisien di karenakan masih bergantung pada cuaca diperlukan alat pengering sebagai solusi dari permasalahan ini

Pengeringan memerlukan perbedaan suhu. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke kopi dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan pangan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan pangan yang dikeringkan.[1]

#### **B. Perpindahan panas**

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi dari satu daerah ke daerah lainnya akibat adanya perbedaan temperatur (gradien suhu). Ketika sebuah fluida dengan temperatur tertentu mengalir melalui sebuah permukaan yang temperaturnya berbeda, maka panas akan dipindahkan dari daerah yang satu ke yang lain.[1]

Perpindahan aliran panas merupakan ilmu terapan dari perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu.

Dalam bentuk proses perpindahan energi proses perpindahan energi tersebut tentu

ada kecepatan. Perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas yang di gunakan untuk mengurangi kadar air pada buah kopi secara efisien laju perpindahan panas antara kedua fluida pada alat penukar kalor bergantung pada besarnya perbedaan temperatur pada lokasi tersebut, dimana bervariasi sepanjang alat penukar kalor[2]

1. Jenis perpindahan panas

Panas adalah yang berpindah dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah.panas tersebut memiliki satuan internasional (SI) yaitu joule Benda-benda di sekitar kita ada yang bisa menghantarkan panas dan tidak dapat menghantarkan panas. Benda yang bisa menghantarkan panas disebut dengan konduktor. Contoh benda konduktor ialah tembaga, besi, air, timah dan almunium sementara itu benda yang tidak bisa menghantarkan panas disebut isolator. Contoh benda isolator palastik, karet, kayu dll Perpindahan kalor dapat di bagi tiga yaitu bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.[3]

2 Perpindahan panas konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas yang mengalir dari suatu titik bertemperatur lebih tinggi ke titik bertemperatur lebih rendah dalam satu medium (padat,cair atau gas) atau antara medium- medium berlainan yang bersinggungan secara langsung dengan persamaan sebagai berikut.

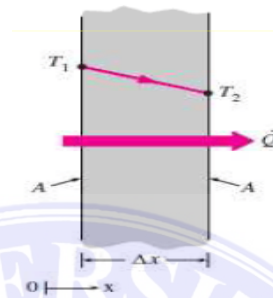
$$q_k = -KA \frac{dt}{dk} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

q : Laju Perpindahan Panas (kj/det,W)

K : Konduktifitas Termal (W/m.°C)

- A : luas penampang ( m<sup>2</sup> )
- dT : perbedaan temperatur (°C, °F )
- dX : perbedaan jarak (m/ det)
- ΔT : Perubahan Suhu (°C, °F)



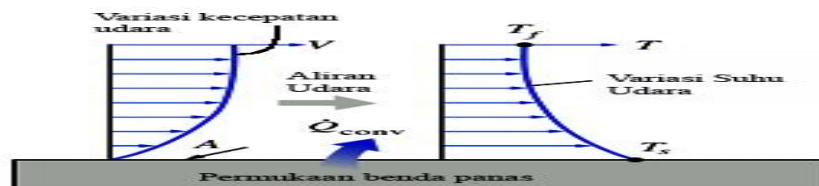
Gambar 2.1 Perpindahan panas konduksi

2 Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas Konveksi adalah proses perpindahan energi panas antara permukaan dengan fluida (cair atau gas) yang mengalir diatas permukaan laluan karena perbedaan temperatur. Ada dua jenis proses konveksi yaitu[4]

$$Q = -hA(T_w - T_\infty) \dots \dots \dots (2.2)$$

- Q : laju perpindahan panas (kj/det atau W)
- h : Koefisien perpindahan Panas Konveksi ( W/ m<sup>2</sup>.°C)
- A : Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas (ft<sup>2</sup>.m<sup>2</sup>)
- T<sub>w</sub> : Temperature Dinding (°C,K)
- T<sub>∞</sub> : Temperature sekeling (°C,K)



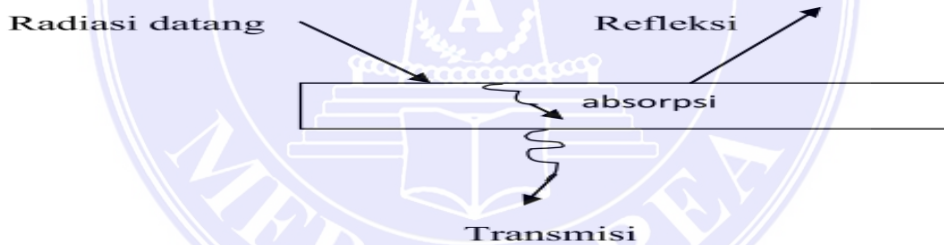
Gambar 2.2 perpindahan panas konveksi

### 3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas Radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektro- magnetik, tanpa memerlukan media perantara. Bila energi radiasi menimpa permukaan atau suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu akan dipantulkan (refleksi), sebahagian diserap (absorpsi), dan sebahagian lagi diteruskan (transmisi).[4] seperti yang di jelaskn pada gambar 2.2

$$Q_{panjaran} = \sigma AT^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

- $Q_{panjaran}$  : laju perpindahan panas (W)
- $\sigma$  : konstanta boltzman ( $5,699.10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$ )
- $A$  : luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )
- $T$  : suhu absolut benda ( $^{\circ}\text{C}$ )



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi

### 4. perpindahan panas konveksi paksa

Konveksi paksa merupakan konveksi yang di akibatkan oleh suhu panas yang mengalir pada permukaan plat, pada keadan tertentu fluida yang segera di alirkan melalui bantuan alat, misalnya kipas angin dan blower [5]

$$Re = \frac{\rho U_x}{\mu} = \frac{U_x}{\nu} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- $R_e$  : bilangan reynold
- $\rho$  : masa jenis fluida ( $\text{Kg/m}^3$ )
- $U$  : kecepatan fluida mengalir ( m / det)
- $x$  : jarak hitung dari sisi terdepan sampai  $x$  (m)
- $\mu$  : viskositas fluida ( $\text{N.det /m}^2$ )
- $\nu$  : viskositas kinematik fluida ( $\text{m}^2/\text{det}$ )

**C. Pengaruh Luas Penampang Terhadap Kecepatan Temperatur Udara Panas**

Luas penampang sangat berpengaruh terhadap perpindahan panas hal ini tidak dapat dipisahkan kerana panjang ukuran penampang dapat mempengaruhi temperatur udara panas yang dikeluarkan. Luas penampang juga dapat mempengaruhi kecepatan perpindahan panas semakin luas penampang yang digunakan maka akan mempegaruhi kualitas temperatur udara yang dikeluarkan [6]

$$A = \frac{\pi \times D_2^1}{4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana

- $A$  : Luas penampang  $M^2$
- $\pi$  : diameter pipa ( $3,14/\frac{22}{7}$ )
- $D_1^2$  : Diameter pipa dalam pipa (M)



#### D. Kecepatan Udara Panas Dengan Menggunakan Blower

Kecepatan udara panas sangat mempengaruhi terhadap laju aliran perpindahan panas dari udara masuk yang dihisap oleh blower tarik maka untuk mengetahui kualitas udara panas yang keluar.[6]

$$v = \pi \times D_0 \times n \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana

$v$  : Kecepatan putaran m/s

$D_0$  : Diameter luar pipa m

$n$  : Kecepatan putaran blower RPM

#### E. Laju Perpindahan Panas

Laju perpindahan panas sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengeringan kopi hal ini tidak dapat diabaikan dikarenakan udara panas yang menjadi sumber untuk pengeringan kopi.[6]

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V \dots\dots\dots(2.8)$$

$\dot{m}$  : laju aliran fluida (kg/s)

$\rho$  : masa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  : luas penampang (m)

$V$  : kecepatan (m/det)

## F Nilai Kalor

Panas nilai kalor ditentukan berdasarkan dari hasil pemanasan atau pembakaran suatu zat panas yang di hasilkan oleh hasil pembakaran tersebut akan bereaksi dengan oksigen dalam bomb kalorimeter yang di bebaskan pada nilai pada pembakaran sempurna energi mekanik akibat gerakan partikel dan dapat memindahkan pans dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Reaksi kimia yang dilepas dan di serap suatu reaksi kimia yang disebut dengan eksperimen kalorimetri. Dengan menggunakan menggunakan hukum hess, reaksi suatu dapat ditentukan berdasarkan data perubahan dari entalpi pembentukan standar, energi ikata dan secara eksperiment proses kalorimetri berlangsung secara adiabatik, yaitu energi yang dilepas atau pun yang masuk atau yang ke dalam kalorimeter.[7]

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima} \dots \dots \dots (2.9)$$

## G. Alat Penukar Kalor

Alat Penukar Kalor ( Heat Exchanger) Alat penukar panas (heat exchanger) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperature yaitu fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas teesebut baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kebanyakan sistem kedua fluida ini tidak mengalami kontak langsung. [3]

### 1. Efektivitas Perpindahan Panas Pada Penukar kalor (APK)

Suatu fluida ke fluida lainnya. Penukar kalor mempunyai banyak jenis berdasarkan fluida peukar kalor dibedakan menjadi tiga macam, yaitu aliran

sejajar (paralel flow), aliran lawan arah (counter flow) dan aliran silang (crossflow). Pada penelitian ini aliran yang digunakan adalah aliran silang (crossflow) dalam usaha mendapatkan laju perpindahan panas yang lebih besar dan meningkatkan nilai.

Efektipiatas penukar kalor, salah satu metode yang digunakan adalah dengan cara menambah luas penampang yang memungkinkan terjadinya perpindahan panas lebih besar, sesuai dengan persamaan pada umumnya penukar kalor dibawah ini[7]

$$Q = U \cdot A \cdot \text{LMTD} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana

Q : Laju perpindahan Panas(°C)

U : Koefisiensi Perpindahan Kalor Menyeluruh (w/m<sup>2</sup>)

LMTD : Perbedaan temperatur rata-rata logaritma (°C)

2. Koefisien Perpindahan Panas Kalor menyeluruh Pada Alat kalor

Perpindahan panas pada alat penukar kalor dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi dari shell yang satu ke shell yang lainnya akibat dari perbedaan suhu yang terjadi pada alat penukar kalor (APK) antar daerah daerah tersebut karena beda suhu yang terdapat dalam alat penukar kalor aliran silang, maka hal aliran panas bersipat universal di dalam Alat Penukar Kalor (APK)

Dimana

$$U = \frac{1}{\sum R_{Total}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Atau

$$U = \frac{1}{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right) \left[ \frac{1}{h_{oi}} + \frac{D_1}{2\pi KL} + \frac{1}{h_{oi} AO} \right]} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana

U : Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $w/m^2$ )

h : Koefisien perpindahan kalor ( $w/m^2$ )

A : Luas penampang APK ( $m^2$ )

L : Panjang tube APK ( $m^2$ )

D : Diameter tube APK (m)

K : Koefisien konduktifitas termal (W/m)

I dan O : Menjelaskan sisi dalam luar tube APK

#### **H. Jenis Jenis Alat Penukar Kalor**

Jenis penukar kalor yang kompak dan efisien untuk menyerap energipanas yang hasil melalui kompor gas disesuaikan dengan kondisi di mana penukar kalor tersebut akan dipasang. Dalam hal ini pengeringan rak biji kopi dipasang dalam ruangan yang cukup luas jadi ukuran penukar kalor disesuaikan dengan karakteristik udara pengering yang dibutuhkan.

Jenis penukar kalor yang kompak dan efisien untuk menyerap energi panas hasil pemanasan udara panas dengan menggunakan kompor gas. Kondisi di mana penukar kalor tersebut akan dipasang. Dalam hal ini pengeringan oven tempat pengering biji kopi akan dipasang dalam ruangan yang cukup luas jadi ukuran penukar kalor disesuaikan dengan karakteristik udara pengering yang dibutuhkan. [8].

Hal ini sering dikategorikan sebagai penukar panas kompak untuk menekankan luas permukaan perpindahan panas yang relatif tinggi terhadap volume. Alat penukar kalor ini mempunyai mempunyai kapasitas dan juga

efektivitas yang tinggi. Namun tekanan kerja relatif rendah dibandingkan dengan tekanan kerja penukar kalor sheel & tube. Hal ini dapat terjadi karena konstruksi alat penukar kalor tipe ini disusun dari plat- plat yang tipis, yang secara skema berdasarkan tipe aliran di dalam alat penukar panas ini, ada 3 macam aliran yaitu

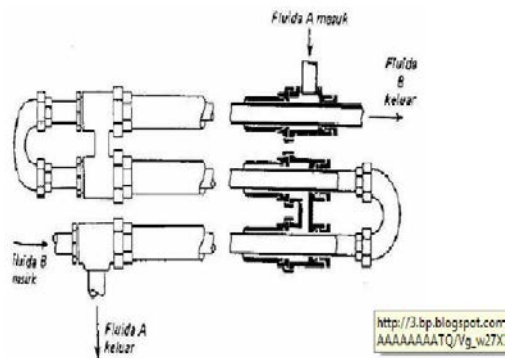
1. Counter current flow (aliran berlawanan Arah)
2. Co current flow ( aliran searah)
3. Cross flow ( aliran silang berlawanan arah )

Selain itu, alat penukar kalor memiliki 4 jenis antara lain

1. Tubular Heat Exchanger
  2. Plate Heat Exchanger
  3. Shell And Tube Heat Exchanger
  4. Jacket Vessel[9]
1. Penukar panas pipa rangkap (double pipe heat exchanger )

Salah satu jenis penukar panas adalah susunan pipa ganda. Dalam jenis penukar panas dapat digunakan berlawanan arah aliran atau arah aliran, baik dengan cairan panas atau dingin cairan yang terkandung dalam ruang annular dan cairan lainnya dalam pipa.

Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam standart yang dikedua ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat. Fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan fluida kedua mengalir di dalam ruang anulus antara pipa luar dengan pipa dalam. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi seperti yang tertera pada gambar 2.8 sebagai berikut ini[10]



Gambar 2.4 Penukar panas jenis pipa rangkap(double pipe heat exchanger )

2. Penukar Panas Plate and Frame (*plate and frame heat exchanger*)

Alat penukar panas pelat dan bingkai terdiri dari paket pelat – pelat tegak lurus, bergelombang, atau profil lain. Pemisah antara pelat tegak lurus dipasang penyekat lunak ( biasanya terbuat dari karet ). Pelat – pelat dan sekat disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat 10 ( kebanyakan segi empat ) terdapat lubang pengalir fluida. Melalui dua dari lubang ini, fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi sebelahnya karena ada sekat seperti yang tertera pada gambar 2.9 [9].



Gambar 2.5 Penukar panas jenis plat and frame

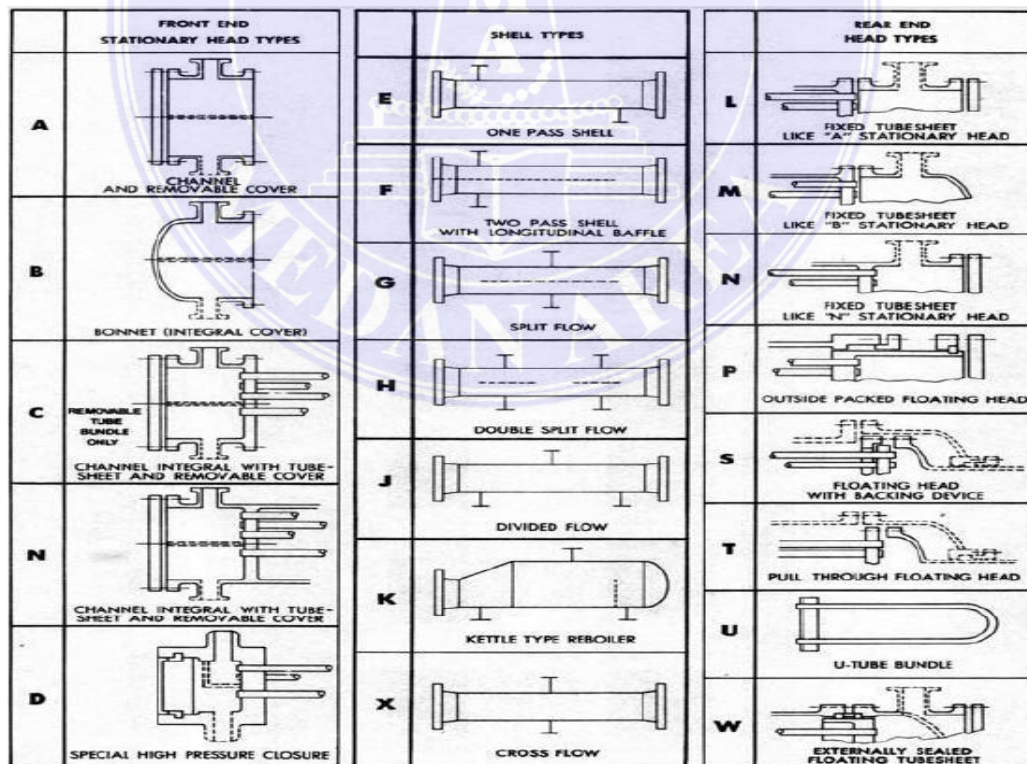


### 3. Komponen-komponen Heat Exchanger

Dalam penguraian komponen-komponen heat exchanger jenis shell and tube akan dibahas beberapa komponen yang sangat berpengaruh pada konstruksi heat exchanger. Untuk lebih jelasnya disini akan dibahas beberapa komponen dari heat exchanger jenis shell and tube.

### 4. Shell

Konstruksi shell sangat ditentukan oleh keadaan tubes yang akan ditempatkan didalamnya. Shell ini dapat dibuat dari pipa yang berukuran besar atau pelat logam yang dirol. Shell merupakan badan dari heat exchanger, dimana didapat tube bundle. Untuk temperatur yang sangat tinggi kadang-kadang shell dibagi dua disambungkan dengan sambungan ekspansi. Bentuk-bentuk shell yang lazim digunakan ditunjukkan pada gambar berikut[10].



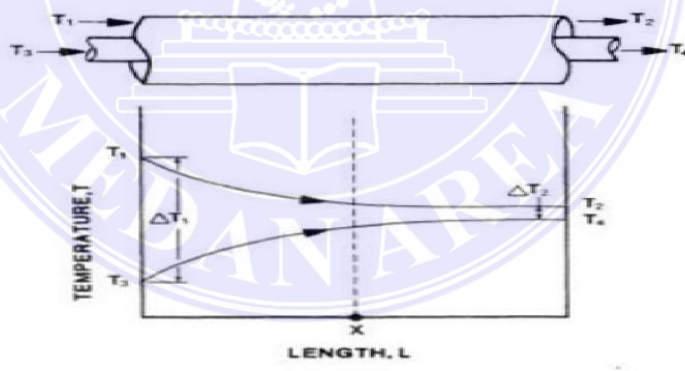
Gambar 2.7. Bentuk-bentuk shell dan penutupnya

**I. Klasifikasi penukar kalor berdasarkan susunan aliran fluida**

Yang dimaksud dengan susunan aliran fluida di sini adalah berapa kali fluida mengalir sepanjang penukar kalor sejak saat masuk hingga meninggalkannya serta bagaimana arah aliran relatif antara kedua fluida (apakah sejajar/parallel, berlawanan arah/counter atau bersilangan/cross)[3].

1. Pertukaran panas dengan aliran searah (co-current/parallel flow)

Yaitu apabila arah aliran dari kedua fluida di dalam penukar kalor adalah sejajar. Artinya kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain mengalir dengan arah yang sama. Karakter penukar panas jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar seperti yang tertera pada gambar berikut [3].



Gambar 2.8 Aliran parallel flow Dan Profil Temperatur

Ada pun persamaan untuk mengetahui udara panas yang di dihasilkan pada APK co-current/parallel flow

Dimana

$$\frac{1-n(1-\epsilon(1+c))}{1+c} \dots\dots\dots(2.13)$$

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian ini di dapat data yang di peroleh pada penelitian secara eksperimen sehingga dapat di ambil kesimpulan

1 Pemanasan udara yang dilakukan mendapatkan suhu 50 °C dan kecepatan sebesar 8,81 kg/s dan LMTD sebesar 6.25°C efektifitas 35 %

2 Dari hasil pengujian alat ini dapat dikatakan kecepatan perpindahan panas pada pipa aliran silang cukup baikjika dibandingkan dengan alat penurur kalor yang lain

#### B. Saran

Alat ini bisa digunakan sebagai contoh pengeringan di dalam bidang penukaran kalor akan tetapi saya tidak menggajurkan hasil dari pengeringan alat ini digunakan sebagai patokan dasar dalam mengurangi kadar air hal ini di karenakan alat ini ini hanya menghasilkan 42 % ini cukup baik akan tetapi alat ini tidak dapat mempertahankan epektivitas dengan baik hal itu bisa dikatakan wajar dikarenakan bayaknya kotoran di dalam pipa aliran silang. Alat ini dapat

menghasilkan kecepatan udara panas  $0.021 \text{ M/s}$  yang di alir ke oven pengering.  
Saya menyarankan agar sering diperhatikan kebersihan pipa aliran silang agar efektivitasnya semakin baik dari waktu ke waktu.



### Daftar Pustaka

- [1] R. Sary, “Kaji Eksperimental Pengeringan Biji Kopi Dengan Menggunakan Sistem Konveksi Paksa,” J. POLIMESIN, vol. 14, no. 2, p. 13, 2017.
- [2] S. Ali et al., “” Ana . Ef. ALAT PENUKAR KALOR PADA MESIN PENDING RAK TELUR DENGAN TUNGKU BERBAHAN BAKAR SEKAM PADI, vol., no. 2, 2018.
- [3] F. J. Bueche, “Teori Dan Soal-Soal Fisika Edisi Kedelapan,” Teor. Dan Soal-Soal Fis. Ed. Kedelapan, pp. 1–374, 2014.
- [4] U. S. Utara, “BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. Pengeringan,” 2015.
- [5] J. T. Pertanian, A. Manokwari, and P. Barat, “C, dan 60,” Tek. PENDINGAN PATI SAGU DENGAN MENGGUNAKAN ALAT PENDING CROSS FLOW Fluid. BED, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [6] S. Syukran, “Kaji Efisiensi Temperatur Penukar Panas Dengan Variasi Aliran Untuk Aplikasi Pending,” J. POLIMESIN, vol. 16, no. 2, p. 39, 2018.
- [7] M. Syahrir, “Kalor Selongsong Aliran Searah Vertikal,” vol. 01, no. 02, pp. 30–35, 2016.
- [8] A. P. Nilai Kalor, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2012..”
- [9] E. Parluhutan Tampubolon et al., “Analisis Vegetasi Di Perkebunan Kopi Rakyat dan PTPN XII dengan Naungan yang Berbeda Analysis Of Vegetation On The People’s Coffee Plantion and PTPN XII With A Different Shade,” J. Produksi Tanam., vol. 7, no. 1, pp. 81–89, 2019.



948  
PROPERTY TABLES AND CHARTS

**TABLE A-9**  
Properties of air at 1 atm pressure

Temp. <i>T</i> , °C	Density $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Specific Heat $c_p$ J/kg·K	Thermal Conductivity $k$ , W/m·K	Thermal Diffusivity $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Dynamic Viscosity $\mu$ , kg/m·s	Kinematic Viscosity $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-6}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Note: For ideal gases, the properties  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$ , and Pr are independent of pressure. The properties  $\rho$ ,  $\nu$ , and  $\alpha$  at a pressure  $P$  (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of  $\rho$  at the given temperature by  $P$  and by dividing  $\nu$  and  $\alpha$  by  $P$ .

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

