**MATERI I**

**PENGUKURAN KONDUKTIVITAS THERMAL PADA BAHAN**

1. **Tujuan Praktikum**
2. Menentukan nilai konduktivitas thermal pada bahan pangan
3. Mengetahui pengaruh suhu terhadap nialai konduktivitas thermal pada bahan
4. Membuktikan nilai konduktivitas panas menggunakan metode numerik
5. **Dasar Teori**
   1. Pindah panas

Pindah panas adalah unit operasi yang terkait dalam proses pemanasan atau pendinginan. Perpindahan panas adalah ilmu memprediksi perpindahan energy yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Perpindahan panas ini tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energy panas itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan lanju pindah panas yang terjadi pada kondisi tertentu (Holman, 1984).

Menurut Incropera (1996), perpindahan panas adalah perpindahan energy yang diakibatkan oleh perbedaan temperature. Transfer energy sebagai panas merupakan suatu system yang memiliki temperature lebih tinggi berpindah ke system dengan temperature yang lebih rendah. Perpindahan temperature akan berenti bila kedua system telah memiliki temperature yang sama. Perpindahan panas ini terjadi melalui tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

* + 1. Pindah Panas Konduksi Unsteady State

Pindah panas konduksi merupakan salah sat mekanisme pindah panas yang terjadi pada proses pemanasan. Menurut Holman (1984), mekanisme konduksi adlah perpindahan dari suhu tinggi ke suhu rendah dalam massa suatu benda.

Proses pindah panas konduksi dibagi menjadi dua kategori, yaitu: perpindahan panas dalam keadaan mantap (steady state), terjadi jika suhu tidak berubah terhadap waktu pada suatu tempat dan pindah panas dalam keadaan tidak mantap (unsteady state, T (x,t)) terjadi jika suhu berubah terhadap waktu pada suatu tempat tertentu (Holman, 1984).

Menurut Incropera et al (2011), laju pindah panas konduksi untuk satu dimensi dengan kondisi pindah panas dalam keadaan mantap (steady state) dapat dirumuskan melalui persamaan Hukum Fourier yaitu :



* 1. Konduktivitas Panas

Konduktivitas panas ( thermal conductivity/k )sebuah benda adalah ukuran kemampuan benda untuk menghantarkan panas. Konduktivitas panas suatu bahan padatan secara teknik bervariasi dengan jenis bahan, suhu dan kadar air (Mohsenin, 1980). Besarnya nilai k bergantung pada densitas (), panas jenis (Cp) dan difusivitas ()panas bahan yang dinyatakan dengan persamaan berikut :

k = 

dengan satuan konduktivitas panas (k) adalah W/m0C ( Pitts dan Sissom,1987)

* 1. Pengukuran Konduktivitas Panas

Pengukuran menurut Wasito (1988) adalah suatu kegiatan dengan maksud membandingkan suatu besaran ( Kuantitas) yang besarnya (harganya) tidak diketahui dengan besaran lain yang besarnya diketahui. Pada umumnya suatu pengukuran membutuhkan suatu cara fisik untuk menentukan suatu besaran (kuantitas) atau variable. Instrumen sebagai sistem fisik diartikan sebagai suatu alat (cara) yang digunakan untuk mengamati, mengukur, atau mengendalikan besaran fisik (Doebelin, 1992). Sedangkan menurut Wasito (1988), piranti (instrument) dapat didefinisikan sebagai sarana untuk mengetahui besar ( harga) suatu besaran atau variabel. Tanpa instrumen, manusia tidak dapat menentukan nilai dari kuantitas atau variabel (Cooper, 1985).

Pengukuran konduktivitas panas (k) ditentukan dari penelitian dengan medium bahan homogen yang bergantung pada sifat lain seperti suhu, tekanan, densitas, panas spesifik, dan difusivitas panas (Pitts and Sissom, 1987). Densitas dan panas spesifik adalah sifat yang digunakan dalam analisis termodinamika. Hasil dari  (J/m3K) disebut sebagai kapasitas panas volumetric yang menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menyimpan energy termal. Rasio konduktivitas termal terhadap kapasitas panas adalah difusivitas panas (m2/s).

 = 

**III. Alat dan Bahan**

* Apel
* Parutan
* Alumunium Foil
* Cawan
* Penggaris
* Timbangan
* Oven
* Stopwatch
* Termometer
* Alat ukur konduktivitas

**IV. Cara kerja**

1. Penentuan kadar air

* Alat dan bahan disiapkan
* Cawan kosong ditimbang
* Bahan diparut dan diletakkan dalam cawan kemudian ditimbang
* Cawan berisi bahan dimasukkan ke oven selama 24 jam
* Timbang berat akhir

1. Penentuan konduktivitas termal

* Siapkan alat dan bahan
* Timbang berat kosong tabung, diameter dalam dan jarak antar lubang
* Bahan dihaluskan dan dimasukkan ke dalam tabung dan ditutup ujungnya dengan aluminium foil, kemudian ditimbang dan dipasang pada pemanas
* Pasang 7 buah thermometer pada tabung dan baca suhu per 15 menit selama 1 jam
* Ukur TA dan To pada termokopel

DHP Konduktivitas Termal

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Menit ke | TA | Suhu Bahan Pada Jarak | | | | | | | TB |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Wadah

Berat wadah = kg Berat Tabung = kg

Berat wadah + bahan awal = kg Panjang Tabung = m

Berat Wadah + bahan dioven = kg Diameter dalam Tabung = m

= m Berat Tabung + bahan = kg

1. Perhitungan Kadar Air (W)

µ1 = Berat basah ( berat wadah+ bahan) – Berat Wadah

Y1 = Berat kering ( berat wadah + bahan dioven) – Berat Wadah

Kadar Air (W) = x100%

1. Perhitungan Densitas Nyata Bahan

V = πr2L

Mb = (Berat Tabung + bahan) – Berat Tabung

ρ = g/cm3

1. Perhitungan Panas Jenis (Cp)

Cp = 0,837 + (0,034+ w1)

1. Perhitungan Difusivitas Bahan (α)

2 =

N =

(i,j) = 2 .

dengan i adalah waktu dan j adalah urutan sensor

α =

1. Perhitungan Konduktivitas Bahan ( k)

k = 

**MATERI II**

**PENGUKURAN KOEFESIEN PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI**

1. **Tujuan Praktikum**
2. Mempelajari koefisien perpindahan kalor konveksi pada fluida.
3. Mempelajari cara penentuan koefisien perpindahan kalor konveksi (h) pada fluida.
4. **Pendahuluan**

Mekanisme fisis konveksi berhubungan dengan konduksi kalor melalui lapisan tipis fluida yang bersinggungan dengan muka perpindahan kalor. Baik dalam konduksi maupun konveksi berlaku hukum Fourier, walaupun dalam hal konveksi untuk menetapkan gradien suhu harus digunakan Mekanika Fluida.

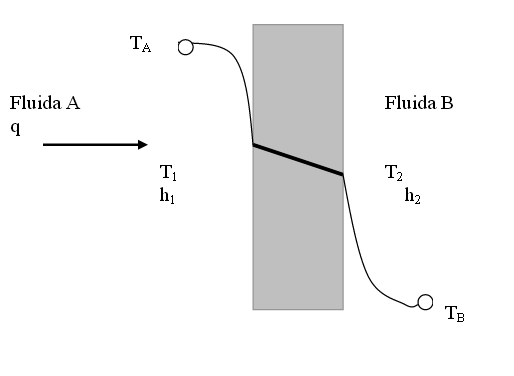
Guna menyatakan pengaruh konveksi secara menyeluruh, kita gunakan hukum Newton tentang pendinginan :

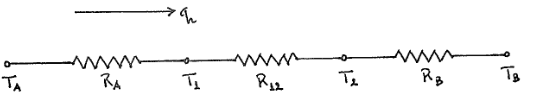
q = *h*A(T1-T2)…………………………………………………………………….(2.1)

Disini Laju perpindahan kalor dihubungkan dengan beda menyeluruh antara dinding fluida dengan luas permukaan (A). Besaran (h) disebut koefisien perpindahan kalor konveksi (Convection heat-transfer coefficient) dan persamaan (2.1) merupakan rumus dasarnya. Perhatikan dinding datar pada gambar, dimana satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi lainnya fluida B yang lebih dingin. Perpindahan kalor dinyatakan oleh :

q = h1A(TA-) = – (T1-) = h2(-)……………………………………(2.2)

q = …………………………………………………………………….(2.3)





**Perpindahan Kalor menyeluruh melalui dinding datar**

Nilai 1/ha digunakan untuk menunjukkan tahanan konveksi. Aliran kalor menyeluruh sebagai hasil gabungan proses konduksi dan konveksi bisa dinyatakan dengan koefisien perpindahan kalor menyeluruh U. Yang dirumuskan dalam hubungan

q = U *x* A *x* 𝞓T *menyeluruh*…………………………………………………………………………………………..(2.4)

A adalah luas bidang aliran kalor, sesuai dengan persamaan (2.3) koefisien perpindahan kalor menyeluruh:

U = ………………………………………………………………………………………………………………….(2.5)

1. **Alat dan Bahan**

* Bejana kaca besar dan kecil
* Heater air
* Termometer/termokopel
* Wadah
* Penggaris
* Fan
* Stopwatch

1. **Cara Kerja**

* Siapkan alat dan bahan
* Ambil air secukupnya
* Air dipanaskan hingga suhu 80°C
* Setelah mencapai suhu tersebut air di tuang ke bejana kecil dan didiamkan selama 5 menit
* Ukur TA, T1, T2, dan TB
* Catat data
* Diulang dengan perlakuan menggunakan fan

1. **Perhitungan**

Tabel Data Hasil Praktikum

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Suhu | Suhu Awal (°C) | Suhu Akhir (°C) | |
| Tanpa Fan | Fan |
| TA |  |  |  |
| T1 |  |  |  |
| T2 |  |  |  |
| TB |  |  |  |

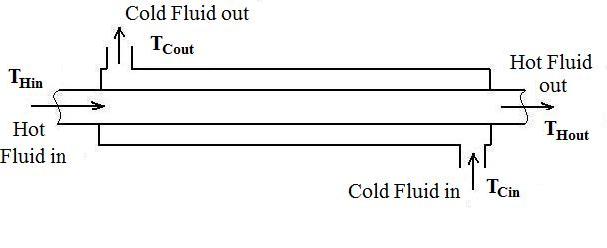
* Luas permukaan kontak dengan air (m2) ˃ A = (4 x l x t) + Aalas
* Laju pindah panas air (W) ˃ Q =
* Koefisien konveksi udara (W/m2 °C) ˃ h2 =
* Koefisien konveksi air (W/m2 °C) ˃ h1 =
* Koefisien konveksi total (W/m2 °C) ˃ U =
* Laju Pindah Panas Total (W) ˃ Qtotal = U A(TA-)

**MATERI III**

**DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER**

1. **Tujuan Praktikum**
2. Mahasiswa dapat menentukan LMTD
3. Mahasiswa dapat menentukan efektivitas heat exchanger
4. **Pendahuluan**

Peralatan yang diguankan untuk memindahkan panas antar fluida yang memiliki temperature berbeda dan dipisahkan oleh dinding padat disebut sebagai *heat exchanger* (HE). Berdasarkan arah aliran, HE dapat dibedakan menjadi dua yaitu *parallel flow* dan *counter flow*. Pada HE aliran *parallel*, fluida panas dan dingin mengalir dengan arah yang sama. Fluida masuk dari sisi yang sama dan mengalir dengan arah yang sama. Perbedaan temperature antara dua fluida menurun secara asimtot sepanjang pertambahan panjang HE. Temperature outlet fluida dingin tidak pernah melebihi fluida panas. HE *counter flow* merupakan kebalikan HE *parallel flow* di mana masukan fluida panas merupakan sisi keluaran fluida dingin. Gambar 1 merupakan skema HE pipa ganda dengan arah aliran *counter flow*.



**Gambar 1**. Counter Flow HE Pipa Ganda

Dengan asumsi:

* HE terisolasi dengan lingkungan sekitar, sehingga hanya terjadi perpindahan panas antara fluida dingin dan panas.
* Perubahan energu kinetic dan potensial diabaikan.
* Panas jenis fluida konstan.
* Keofisien pindah panas menyeluruh konstan.

Maka perpindahan panas yang terjadi mengikuti persamaan:

Dimana:

q= Laju pindah panas (watt)

TA= suhu fluida A (°C)

TB= Suhu fluida B (°C)

hi= Koefisien pindah panas konveksi fluida dalam (W/m2°C)

ho= Koefisien pindah panas konveksi fluida luar (W/m2°C)

ro= Jari-jari luar (m)

n= Jari-jari dalam (m)

k = Konduktivitas Thermal Bahan (W/m°C)

Ai dan Ao menyatakan luas permukaan bagian dalam dan luar tabung. Koefisien pindah panas menyeluruh dapat didasarkan pada salah satu luasan tersebut, baik luasan dalam maupun luasan luar.

**Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD)**

Untuk suatu Double Pipe Heat Exchanger dengan fluida dingin dan panas yang melewatinya, dihitung laju pindah panasnya dengan formula sederhana yaitu **q= UA∆Tm** dimana U adalah koefisien pindah panas menyeluruh, A adalah luas permukaan pindah panas yang didefinisikan pada U, dan Tm adalah perbedaan temperature rata-rata yang melewati HE.

LMTD ditentukan dengan persamaan:

Tho= Suhu fluida panas keluar Thi= Suhu fluida panas masuk

Tco= Suhu fluida dingin keluar Tci= Suhu fluida dingin masuk

= Perbedaan temperatur rata-rata secara logaritmik

**Efektivitas *Heat Exchanger***

Cara untuk mengukur performansi HE adalah dengan menghitung efektivitasnya. Efetivitas HE didefinisikan sebagai rasio pindah panas actual terhadap pindah panas yang dicapai dalam HE counter flow dan diekspresikan sebagai:

= Efektivitas heat exchanger Tci= Suhu fluida dingin masuk

Tho= Suhu fluida panas keluar Thi= Suhu fluida panas masuk

Dengan C adalah laju kapasitas panas (W/oC) da dirumuskan sebagai berikut

= laju aliran fluida (kg/s)

Cp = panas jenis (J/kgoC)

**Metode Praktikum**

**Alat dan bahan:**

1. Unit Heat Exchanger
2. Air
3. Kompor
4. Termometer
5. Stopwatch
6. Gelas ukur 500 ml

**Prosedur Kerja:**

1. Siapkan alat dan Bahan
2. Pastikan kran bejana bawah air tertutup
3. Isi bak penampung dan tabung pemanas hingga batas isi
4. Siapkan gelas ukur pada kedua outlet
5. Nyalakan kontrol panel
6. Setting suhu 50°C pada kontrol panel
7. Panaskan air pada tabung pemanas
8. Buka kran ketika suhu konstan
9. Catat suhu awal
10. Hitung debit aliran kedua fluida
11. Tempatkan gelas ukur pada outlet dan secara bersamaan nyalakan stopwatch dan pompa
12. Ketika mencapai 500 ml, tarik gelas ukur dari aliran fluida dan secara bersamaan matikan stopwatch
13. Catat volume, waktu, dan suhu akhir
14. Ulangi hingga 3 kali
15. Lakukan ulang untuk arah aliran fluida dingin dan sebaliknya

**Tabel Pengamatan**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipe Aliran | Fluida dingin | | | | Fluida panas | | | |
| Paralel flow | Debit | | Tci | Tco | Debit | | Tci | Tco |
| Volume | Waktu | Volume | Waktu |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |