

PENGARUH SUHU TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA MATERIAL YANG BERBEDA

Idawati Supu, Baso Usman, Selviani Basri, Sunarmi

Pogram Studi Fisika, Fakultas Sains
Universitas Cokroaminoto Palopo
Email: Idawatisupu@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perpindahan panas terjadi karena perbedaan suhu yang terdapat pada suatu benda. Perpindahan panas dapat berlangsung melalui salah satu dari tiga cara yaitu konduksi, radiasi dan konveksi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap perpindahan panas dari gelas dengan bahan yang berbeda pada suhu ruangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen dimana wadah yang berbeda bahan berisi air dipanaskan pada suhu yang sama, kemudian diukur perubahan suhu setiap 5 menit hingga didapatkan suhu yang sama dengan suhu ruangan. Bila dua benda yang suhunya berbeda diletakkan saling bersentuhan, panas akan mengalir seketika dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya rendah. Perpindahan panas seketika ini selalu dalam arah yang cenderung menyamakan suhu. Jika, jika hal tersebut dibiarkan maka suhu keduanya akan sama dan keduanya dikatakan dalam keadaan kesetimbangan termal dan tidak terjadi perpindahan panas diantara keduanya.

Kata kunci: Suhu, perpindahan panas, konveksi, fluida, kelajuan

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, suhu merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu zat atau benda. Oven yang panas dikatakan bersuhu tinggi, sedangkan es yang membeku dikatakan memiliki suhu rendah. Suhu dapat mengubah sifat zat, contohnya sebagian besar zat akan memuai ketika dipanaskan. Sebatang besi lebih panjang ketika dipanaskan daripada dalam keadaan dingin. Jalan dan trotoar beton memuai dan menyusut terhadap perubahan suhu. Hambatan

listrik dan materi zat juga berubah terhadap suhu. Demikian juga warna yang dipancarkan benda, paling tidak pada suhu tinggi. Kalau kita perhatikan, elemen pemanas kompor listrik memancarkan warna merah ketika panas. Pada suhu yang lebih tinggi, zat padat seperti besi bersinar jingga atau bahkan putih. Cahaya putih dari bola lampu pijar berasal dari kawat tungsten yang sangat panas.

Ketika kita berada dekat benda panas, pada dasarnya terjadi perpindahan kalor dalam bentuk radiasi dari benda

panas tersebut ke tubuh kita, sehingga kita merasakan panas melalui kulit. Perubahan keadaan dari panas menjadi dingin atau sebaliknya selalu berkaitan dengan adanya perpindahan panas atau kalor.

Suhu adalah ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer. Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudahnya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur, satuan suhu adalah Kelvin (K). Skala-skala lain adalah Celcius, Fahrenheit, dan Reamur (Kreith, 1991).

Panas atau kalor adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk panas adalah joule. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari

atom-atom atau molekul penyusunnya. Energi dalam ini berbanding lurus terhadap suhu benda. Ketika dua benda dengan suhu berbeda bergandengan, mereka akan bertukar energi internal sampai suhu kedua benda tersebut seimbang. Jumlah energi yang disalurkan adalah jumlah energi yang tertukar (Purwadi, 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu terhadap perpindahan panas dari gelas dengan bahan yang berbeda pada suhu ruangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu di definisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal (Putra, 2007). Jika panas dialirkan pada suhu benda, maka suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (heat capacity) yang dimiliki oleh

benda penerima tersebut (Lakitan, 2002).

Suatu benda yang dalam keadaan panas dikatakan memiliki suhu yang tinggi, dan sebaliknya, suatu benda yang dalam keadaan dingin dikatakan memiliki suhu yang rendah. Perubahan suhu benda, baik menjadi lebih panas atau menjadi lebih dingin biasanya diikuti dengan perubahan bentuk atau wujudnya. Misalnya, perubahan wujud air menjadi es batu atau uap air karena pengaruh panas atau dingin (Buchori, 2001).

Sejumlah es batu yang dipanaskan akan berubah wujud menjadi air. Bila terus-menerus dipanaskan, maka pada suatu ketika (ketika telah mencapai titik didih) air akan mendidih dan berubah wujud menjadi uap air atau gas. Proses sebaliknya terjadi manakala air yang berada dalam bentuk gas atau uap air didinginkan, maka akan kembali ke bentuk cair, dan ketika terus didinginkan, maka pada saat tertentu (ketika telah mencapai titik beku) air akan membeku dan kembali berwujud padat yaitu es batu (Buchori, 2001).

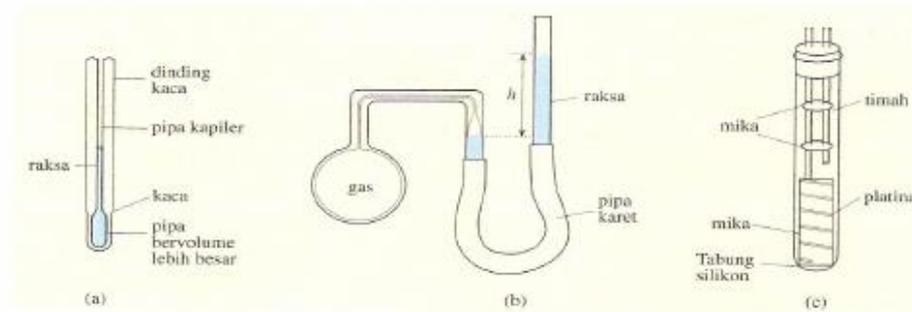
Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu sebuah benda (Lakitan, 2002). Termometer bekerja dengan memanfaatkan

perubahan sifat termometrik suatu benda ketika benda tersebut mengalami perubahan suhu. Perubahan sifat termometrik suatu benda menunjukkan adanya perubahan suhu benda, dan dengan melakukan kalibrasi atau peneraan tertentu terhadap sifat termometrik yang teramati dan terukur, maka nilai suhu benda dapat dinyatakan secara kuantitatif. Tidak semua sifat termometrik benda yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan termometer (Kreith, 1991).

Sifat termometrik yang dapat digunakan dalam pembuatan termometer harus merupakan sifat termometrik yang teratur. Artinya, perubahan sifat termometrik terhadap perubahan suhu harus bersifat tetap atau linier, sehingga peneraan skala termometer dapat dibuat lebih mudah dan termometer tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengukur suhu secara teliti (Kreith, 1991)

Berdasarkan sifat termometrik yang dimiliki suatu benda, jenis-jenis termometer diantaranya termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, termometer bimetal, dan sebagainya. Sedangkan berdasarkan hasil tampilan pengukurannya, termometer dibagi

menjadi termometer analog dan termometer digital (Kreith, 1991).



Gambar 1. Skema berbagai termometer, (a) termometer raksa (alkohol) dalam pipa, (b) termometer gas volume konstan, (c) termometer hambatan platina (sumber: Kreith, 1991)

Untuk dapat mengkuantitatifkan hasil pengukuran suhu dengan menggunakan termometer maka diperlukan angka-angka dan skala-skala tertentu. Penetapan skala yang terpenting adalah penetapan titik tetap bawah dan titik tetap atas sebagai titik acuan pembuatan skala-skala dalam termometer. Untuk penetapan titik tetap bawah sebuah termometer pada umumnya dipilih titik beku air murni pada tekanan normal, yaitu suhu campuran antara es dan air murni pada tekanan normal. Sedangkan penetapan titik tetap atas sebuah termometer umumnya dipilih titik didih air murni, yaitu suhu ketika air murni mendidih pada tekanan normal (Kreith, 1991).

Setidaknya terdapat empat macam skala termometer yang biasa digunakan, yaitu Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan

Kelvin. Titik tetap bawah untuk skala Celcius dan Reamur ditetapkan pada skala 0°C dan 0°R , sedangkan untuk Fahrenheit ditetapkan pada skala 32°F . Ketiga skala titik tetap bawah untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik beku air murni (titik lebur es murni) pada tekanan normal. Adapun titik tetap atas ketiga skala ini berbeda-beda, dimana untuk Celcius ditetapkan pada 100°C , untuk Reamur ditetapkan pada 80°R , dan untuk Fahrenheit ditetapkan pada 212°F . Ketiga skala titik tetap atas untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik didih air murni pada tekanan normal. Pada skala Kelvin, titik tetap bawah ketiga skala termometer ini bersesuaian dengan skala 273 K dan titik tetap atasnya bersesuaian dengan 373 K. Khusus untuk skala Kelvin, titik

tetap bawah tidak didasarkan pada titik beku air, namun didasarkan pada ukuran energi kinetik rata-rata molekul suatu benda. Dalam hal ini, nol Kelvin (tanpa derajat) dinamakan nol mutlak (nol absolut), artinya tidak ada suhu-suhu di bawah suhu nol mutlak, atau ketika nilai suhu mendekati nilai nol mutlak, maka energi kinetik rata-rata partikel mempunyai suatu nilai yang minimum. Oleh karena itu, berdasarkan fakta-tersebut, maka skala Kelvin dinamakan skala suhu mutlak atau skala suhu absolut, atau disebut juga skala termodinamik. Kelvin menjadi satuan standar SI untuk besaran pokok suhu (Kreith, 1991)

Perpindahan panas dapat di definisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang memiliki temperatur lebih rendah. Perpindahan panas pada umumnya dibedakan menjadi tiga cara perpindahan panas yang berbeda yaitu konduksi (*conduction*; juga dikenal dengan istilah hantaran), radiasi (*radiation*; juga dikenal dengan istilah pancaran), dan konveksi (*convection*;

juga dikenal dengan istilah aliran) (Yunus, 2009)

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Ambarita, 2012). Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi. Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan studi dapat ditulis:

$$q_k = -kA \frac{\Delta T}{x} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

q_k = laju perpindahan panas dengan cara konduksi (Watt)

A = luas perpindahan panas (m^2)

ΔT = gradien suhu pada penampang (K)

x = jarak dalam arah aliran panas (m)
 k = konduktivitas thermal bahan
 (W/m.K) (Incroperara, 1982)

Radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di lama ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus-menerus. Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan gejala-gejalanya menyerupai radiasi cahaya. Memang menurut teori elektromagnetik, radiasi cahaya dan radiasi thermal hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing (Holman, 2002).

Untuk mengitung besarnya panas yang dipancarkan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$q_r = eA\sigma(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

q_r = laju perpindahan panas dengan cara radiasi (Watt)
 e = emitansi permukaan kelabu
 A = luas permukaan (m^2)
 σ = konstanta dimensional ($0,174 \cdot 10^{-8}$ BTU/h $ft^2 \text{ } ^\circ C$)
 T_1 = Temperatur Benda kelabu (K)

T_2 = Temperatur Benda hitam yang mengelilinginya (K) (Incroperara, 1982)

Khusus untuk benda hitam sempurna menurut Hukum Steven Bolzman persamaan seperti berikut :

$$q = AT^4\sigma \dots\dots\dots(3)$$

(Incroperara, 1982)

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu rendah didalam fluida di mana mereka akan bercampur dengan, dan memindahkan sebagian energinya pada partikel-partikel fluida lainnya. Dalam

hal ini alirannya adalah aliran fluida maupun energi (Ambarita, 2011).

Energi sebenarnya disimpan di dalam partikel-partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel-partikel tersebut. Mekanisme ini untuk operasinya tidak tergantung hanya pada beda suhu dan oleh karena itu tidak secara tepat memenuhi definisi perpindahan panas. Tetapi hasil bersihnya adalah angkutan energi, dan karena terjadinya dalam arah gradien suhu, maka juga digolongkan dalam suatu cara perpindahan panas dan ditunjuk dengan sebutan aliran panas dengan cara konveksi (Ambarita, 2011).

Perpindahan panas secara konveksi antara batas benda padat dan fluida terjadi dengan adanya suatu gabungan dari konduksi dan angkutan (transport) massa. Jika batas tersebut bertemperatur lebih tinggi dari fluida, maka panas terlebih dahulu mengalir secara konduksi dari benda padat ke partikel-partikel fluida di dekat dinding. Energi yang di pindahkan secara konduksi ini meningkatkan energi di dalam fluida dan terangkut oleh gerakan fluida. Bila partikel-partikel fluida yang terpanaskan itu mencapai daerah yang temperaturnya lebih rendah, maka panas berpindah lagi secara konduksi dari

fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin (Buchori, 2011).

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan:

$$q = hA(T_w - T_f) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)

A = luas penampang (m²)

T_w = Temperatur dinding (K)

T_f = Temperatur fluida (K)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².K) (Incropera, 1982)

Koefisien perpindahan panas konveksi h bervariasi terhadap jenis aliran (aliran laminar atau turbulen), sifat-sifat fisik fluida, temperatur rata-rata, juga dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas konveksi (Stoecker, 1982).

Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan panas konveksi di dalam sebuah geometri khusus. Parameter-parameter ini termasuk skala panjang sistem (L), konduktivitas termal fluida (k), biasanya kecepatan fluida (V), kerapatan (g), viskositas (h), panas jenis (Cp), dan kadang-kadang faktor lain

yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding uniform atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan (T_w) dan temperatur fluida (T_f), tetapi biasanya dianggap bahwa ($\Delta T = T_w - T_f$) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (convection region), maka temperatur-temperatur absolute T_w dan T_f dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi. (Stoecker, 1982).

Bila sebuah fluida lewat di atas sebuah permukaan padat panas, maka tenaga dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh panas hantaran. Tenaga ini kemudian diangkut atau dikonveksikan (convected), ke hilir oleh fluida, dan didifusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut. Jenis proses perpindahan tenaga ini dinamakan perpindahan tenaga konveksi (convection heat transfer). (Stoecker, 1982).

Jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau sistem pengedar (circulating system) yang lain, maka digunakan istilah konveksi yang dipaksakan (forced convection). Bertentangan dengan itu,

jika aliran fluida timbul karena daya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan, maka proses tersebut dinamakan konveksi bebas (free) atau konveksi alami (natural) (Stoecker, 1982).

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection) menurut cara menggerakkan alirannya (Holman, 2002).

Konveksi bebas adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Konveksi bebas dapat terjadi karena ada arus yang mengalir akibat gaya apung, sedangkan gaya apung terjadi karena ada perbedaan densitas fluida tanpa dipengaruhi gaya dari luar sistem. Perbedaan densitas fluida terjadi karena adanya gradien suhu pada fluida. Contoh konveksi alamiah antara lain aliran fluida yang melintasi radiator panas (Holman, 2002).

Konveksi paksa adalah perpindahan panas aliran gas atau cairan yang disebabkan adanya tenaga dari luar. Konveksi paksa dapat pula terjadi karena arus fluida yang terjadi digerakkan oleh suatu peralatan

mekanik (contoh: pompa dan pengaduk), jadi arus fluida tidak hanya tergantung pada perbedaan densitas. Contoh perpindahan panas secara konveksi paksa adalah pelat panas dihembus udara dengan kipas/blower (Gambar 5). Secara umum aliran fluida dapat diklasifikasikan sebagai aliran eksternal dan aliran internal. Aliran eksternal terjadi saat fluida mengenai suatu permukaan benda. Contohnya adalah aliran fluida melintasi plat atau melintang pipa. Aliran internal adalah aliran fluida yang dibatasi oleh permukaan zat padat, misalnya aliran dalam pipa/saluran (Holman, 2002).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen dimana dengan menyiapkan gelas dari bahan yang berbeda yang di isi dengan air panas yang akan diamati perubahan suhunya.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada metode ini yaitu gelas dari bahan yang berbeda (misalnya: kaca, alumunium, besi), gelas ukur, serta pengukur waktu/stopwatch. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu air panas.

Prosedur Kerja

Masukkan 200 ml air panas kedalam setiap gelas kaca kemudian ukur suhu air dalam gelas mula-mula dan catat, lalu ukur suhu air dalam gelas setelah lima menit didiamkan dan catat. Selanjutnya ukur kembali suhu air dalam gelas setiap lima menit sampai didapatkan suhu air yang sama dengan suhu ruangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

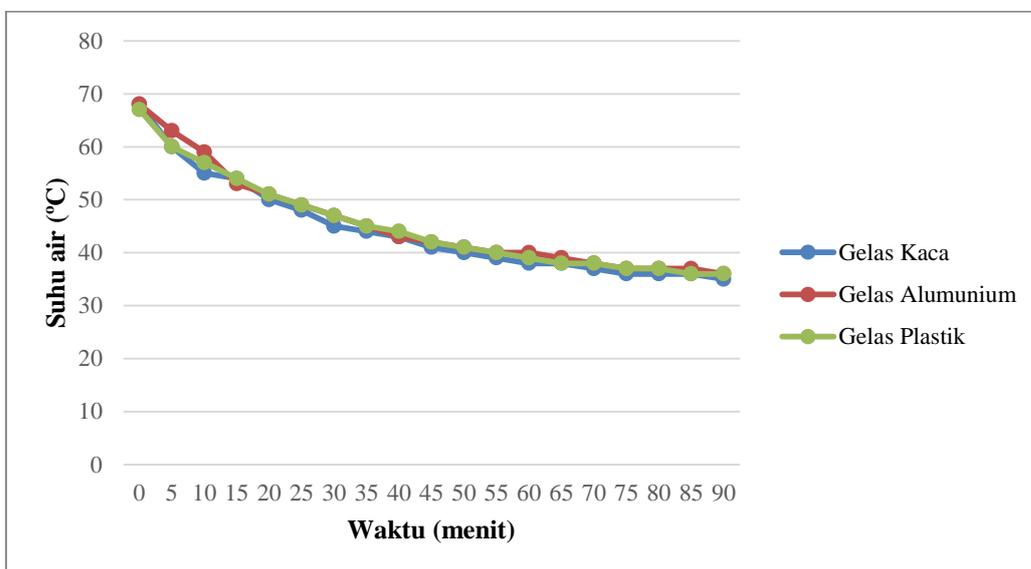
Pengukuran suhu dilakukan setiap 5 menit agar perubahan suhu dapat terlihat jelas.

Tabel 1. Data pengamatan hubungan antara waktu terhadap perubahan suhu air

Waktu (Menit)	Suhu Ruangan (°C)			Suhu Ruangan (°C)
	Gelas Kaca	Gelas Alumunium	Gelas Plastik	
0	68	68	67	32
5	60	63	60	32
10	55	59	57	32
15	54	53	54	32
20	50	51	51	32

25	48	49	49	32
30	45	47	47	32
35	44	45	45	32
40	43	43	44	32
45	41	42	42	32
50	40	41	41	32
55	39	40	40	32
60	38	40	39	32
65	38	39	38	32
70	37	38	38	32
75	36	37	37	32
80	36	37	37	32
85	36	37	36	32
90	35	36	36	32

Berikut ini adalah grafik hubungan antara suhu dan waktu hantaran panas dengan material yang berbeda.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu terhadap perubahan suhu air

Perpindahan suhu adalah proses perpindahan dari suhu yang tinggi ke

suhu yang rendah. Pada penelitian ini digunakan 200 ml air dengan suhu awal

*Pengenalan Enzim Amilase (Alpha-Amylase) dan Reaksi Enzimatiknya
Menghidrolisis Amilosa Pati Menjadi Glukosa*

67°C-68°C yang dimasukkan kedalam gelas dengan bahan yang berbeda dan dihitung proses perpindahan panasnya selama 5 menit sekali. Pada percobaan dengan menggunakan gelas berbahan kaca, rata-rata penurunan suhu yang cepat yaitu sebesar 8°, yaitu pada suhu awal sebesar 68°C terukur selama 5 menit berkurang menjadi 60°C. Akan tetapi, ketika suhu mulai mendekati suhu kamar, kelajuan penurunan suhunya melambat.

Pada perlakuan menggunakan gelas alumunium, didapat kelajuan penurunan suhu lebih kecil dari gelas kaca yaitu sebesar 5°C, dimana yang suhu awalnya 68°C setelah didiamkan selama 5 menit suhunya berkurang menjadi 63°C, akan tetapi, ketika suhu mulai mendekati suhu kamar, rata-rata penurunan suhunya melambat jika dibandingkan dengan gelas kaca. Pada percobaan dengan menggunakan gelas plastik, didapat kelajuan penurunan sebesar 7°C, dimana yang suhu awalnya 67°C dan setelah didiamkan selama 5 menit suhunya berkurang menjadi 60°C, akan tetapi, ketika suhu mulai mendekati suhu kamar, kelajuan penurunan suhunya semakin melambat seperti pada percobaan yang lainnya. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan

kelajuan penurunan suhu pada menit pertama pada gelas dengan bahan yang berbeda yaitu karena sifat konduktifitas dari masing-masing bahan berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat di simpulkan bahwa benda dengan konduktivitas tinggi memiliki laju penurunan suhu yang lambat daripada benda dengan bahan konduktivitas rendah pada suhu yang tinggi, akan tetapi ketika benda mendekati suhu ruangan, kelajuan benda tidak berbeda signifikan untuk masing-masing bahan. Jika benda dengan suhu yang tinggi ditempatkan dalam ruangan yang suhunya lebih rendah, maka suhu benda tersebut akan turun dan selalu dalam arah cenderung menyamakan dengan suhu ruangan, jika hal tersebut dibiarkan maka suhu keduanya akan sama dan keduanya dikatakan dalam keadaan kesetimbang termal dan tidak ada lagi perpindahan panas yang terjadi diantaranya.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarita, Himsar. 2011. *Perpindahan Panas Konveksi dan Pengantar Alat Penukar Kalor*. Medan:

- Departemen Teknik Mesin FT
USU.
- Benda Padat Tiga Dimensi
Keadaan Tunak.* Yogyakarta:
Universitas Sananta Dharma.
- Ambarita, Himsar. 2012. *Perpindahan
Panas Konduksi dan Penyelesaian
Analitik dan Numerik.* Medan:
Departemen Teknik Mesin FT
USU.
- Putra S, M. Kelana. 2007. *Rancangan
Bangunan dan Analisa
Perpindahan Panas
pada Ketel Uap Bertenaga Listrik.*
Medan: USU.
- Buchori, luqman. 2011. *Perpindahan
Panas.* Semarang : UNPID.
- Stoecker, W.F., Jones, J.W. 1982.
*Refrigeration and Air
Conditioning,* New York:
McGraw-Hill.
- Holman, J & P, Jasjfi E. 2002.
Perpindahan Kalor. Jakarta:
Erlangga.
- Yunus, Asyuri Darami. 2009.
Perpindahan Panas dan Massa.
Jakarta: Universitas Darma
Persada.
- Incroperara, F. P. and D. P. Dewitt.
1982. *Fundamental of Heat and
Mass Transfer, Third Edition.*
Singapore: John Wiley & Sons.
- Kreith, Frank. 1991. *Prinsip-Prinsip
Perpindahan Panas Edisi Ketiga.*
Jakarta: Erlangga.
- Lakitan, Benyamin. 2002. *Dasar-Dasar
Klimatologi.* Jakarta: Raja
Grafindo Persada.
- Purwadi, P K. 2001. *Metode ADI dalam
Penyelesaian Persoalan
Perpindahan Panas Konduksi*