

PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA 1

Penyusun :

Rifkah Akmalina



Jl. Surya Kencana No. 1 Pamulang
Gd. S, Ruang 212 Universitas Pamulang
Tangerang Selatan – Banten

PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA 1

Penulis:

Rifkah Akmalina

Nomor Cetak: M261-15082022-01

Editor:

Zakki Rosmi Mubarak

Tata Letak:

Ramdani Putra

Desain Sampul:

Putut Said Permana

Penerbit:

Unpam Press

Redaksi:

Jl. Surya Kencana No. 1

Pamulang – Tangerang Selatan

Telp. 021 7412566

Fax. 021 74709855

Email: unpampress@unpam.ac.id

Cetakan pertama, 15 Agustus 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan cara apapun tanpa ijin penerbit

DATA PUBLIKASI UNPAM PRESS

| Lembaga Penerbit dan Publikasi Universitas Pamulang

Gedung A. R. 212 Kampus 1 Universitas Pamulang

Jalan Surya Kencana Nomor 1 Pamulang Barat, Tangerang Selatan, Banten

Website: www.unpam.ac.id | Email: unpampress@unpam.ac.id

Praktikum Operasi Teknik Kimia 1 / Rifkah Akmalina -1STed

Non ISBN.

1. Praktikum Operasi Teknik Kimia 1 I. Rifkah Akmalina

M261-15082022-01

Ketua Unpam Press: Pranoto

Koordinator Editorial: Aden

Koordinator Hak Cipta: Susanto

Koordinator Produksi: Dameis Surya Anggara

Koordinator Publikasi: Kusworo, Heri Haerudin

Koordinator Dokumentasi: Ramdani Putra, Nara Dwi Angesti

Desain Cover: Putut Said Permana

Cetakan pertama, 15 Agustus 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin penerbit.

MATA KULIAH
PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA 1

IDENTITAS MATA KULIAH

Program Studi	: Teknik Kimia S-1
Mata Kuliah / Kode	: Praktikum Operasi Teknik Kimia 1 / TKM0371
Sks	: 1 Sks
Prasyarat	: -
Deskripsi Mata Kuliah	: Mata kuliah ini merupakan mata kuliah praktikum pada program studi Teknik Kimia yang mempelajari tentang pengenalan alat praktikum operasi teknik kimia, pengeringan, <i>mixing</i> , <i>size reduction</i> , sedimentasi, <i>heat exchanger</i> aliran searah, dan <i>heat exchanger</i> aliran berlawanan
Capaian Pembelajaran	: Setelah menyelesaikan mata kuliah ini mahasiswa mampu mengoperasikan unit proses operasi teknik kimia pada skala laboratorium, serta mampu menganalisis hal-hal yang terkait dengan satuan operasi (<i>unit operation</i>) berdasarkan data percobaan yang diperoleh
Penyusun	: Rifkah Akmalina, S.T., M.T.

**Ketua Program Studi
Teknik Kimia**

Ir. Wiwik Indrawati, M.Pd.
NIDN. 0429036203

Penyusun

Rifkah Akmalina, S.T., M.T.
NIDN. 0418079201

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan bahan ajar yang berjudul Praktikum Operasi Teknik Kimia 1. Bahan ajar ini disusun dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terkait dengan pelaksanaan praktikum operasi teknik kimia.

Struktur bahan ajar ini diantaranya terdiri dari tujuan praktikum, dasar teori, alat dan bahan, prosedur kerja, data percobaan, dan analisis data. Secara umum, masing-masing dari struktur tersebut digunakan untuk memberikan informasi atau pengetahuan kepada mahasiswa tentang pelaksanaan masing-masing topik praktikum secara runtun. Sehingga diharapkan mahasiswa memperoleh informasi yang lengkap, baik secara teori maupun dalam menganalisis data percobaan yang diperoleh.

Penulis sadar bahwa dalam bahan ajar ini masih terdapat kekurangan, baik isi maupun tulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga hasil penulisan bahan ajar ini bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Tangerang Selatan, 22 Juli 2022

Penyusun

Rifkah Akmalina, S.T., M.T.

NIDN. 0418079201

DAFTAR ISI

PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA 1	i
PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA 1	ii
DATA PUBLIKASI UNPAM PRESS	iii
IDENTITAS MATA KULIAH	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
PERTEMUAN 1	1
Pengenalan Alat Praktikum Operasi Teknik Kimia.....	1
A. Tujuan Praktikum.....	1
B. Tempat Praktikum.....	1
C. Dasar Teori.....	1
D. Alat dan Bahan	2
E. Prosedur Kerja.....	2
F. Diagram Alir	3
G. Data Percobaan.....	3
H. Analisis Data.....	4
I. Referensi	4
PERTEMUAN 2	5
Pengeringan	5
A. Tujuan Praktikum.....	5
B. Tempat Praktikum.....	5
C. Dasar Teori.....	5
D. Alat dan Bahan	6
E. Prosedur Kerja.....	7

F. Diagram Alir	8
G. Data Percobaan.....	8
H. Analisis Data.....	10
I. Referensi	12
PERTEMUAN 3	13
<i>MIXING</i>	13
A. Tujuan Praktikum.....	13
B. Tempat Praktikum.....	13
C. Dasar Teori.....	13
D. Alat dan Bahan	14
E. Prosedur Kerja.....	15
F. Diagram Alir	16
G. Data Percobaan.....	17
H. Analisis Data.....	18
I. Referensi	22
PERTEMUAN 4	23
<i>SIZE REDUCTION</i>	23
A. Tujuan Praktikum.....	23
B. Tempat Praktikum.....	23
C. Dasar Teori.....	23
D. Alat dan Bahan	25
E. Prosedur Kerja.....	25
F. Diagram Alir	26
G. Data Percobaan.....	27
H. Analisis Data.....	28
I. Referensi	29
PERTEMUAN 5	31
<i>SEDIMENTASI</i>	31

A. Tujuan Praktikum.....	31
B. Tempat Praktikum.....	31
C. Dasar Teori.....	31
D. Alat dan Bahan	32
E. Prosedur Kerja.....	33
F. Diagram Alir	34
G. Data Percobaan.....	34
H. Analisis Data.....	35
I. Referensi	37
PERTEMUAN 6	38
<i>HEAT EXCHANGER</i> ALIRAN SEARAH	38
A. Tujuan Praktikum.....	38
B. Tempat Praktikum.....	38
C. Dasar Teori.....	38
D. Alat dan Bahan	40
E. Prosedur Kerja.....	40
F. Diagram Alir	41
G. Data Percobaan.....	41
H. Analisis Data.....	42
I. Referensi	44
PERTEMUAN 7	45
<i>HEAT EXCHANGER</i> ALIRAN BERLAWANAN	45
A. Tujuan Praktikum.....	45
B. Tempat Praktikum.....	45
C. Dasar Teori.....	45
D. Alat dan Bahan	46
E. Prosedur Kerja.....	47
F. Diagram Alir	48

G. Data Percobaan.....	48
H. Analisis Data.....	49
I. Referensi	51
RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 : Peralatan praktikum operasi teknik kimia beserta komponennya	3
Tabel 1.2 : Prinsip kerja peralatan praktikum operasi teknik kimia	4
Tabel 2.1 : Pengamatan massa singkong dalam interval waktu pengeringan 10 menit	9
Tabel 2.2 : Hasil perhitungan kandungan air dalam singkong	10
Tabel 2.3 : Hasil perhitungan laju pengeringan	11
Tabel 3.1 : Data pengamatan waktu alir dan massa sampel larutan garam	17
Tabel 3.2 : Hasil perhitungan densitas sampel larutan garam	18
Tabel 3.3 : Hasil perhitungan viskositas sampel larutan garam	19
Tabel 3.4 : Hasil perhitungan bilangan Reynolds dan bilangan Froude	20
Tabel 4.1 : Klasifikasi peralatan <i>size reduction</i>	24
Tabel 4.2 : Data untuk menentukan ukuran partikel awal	27
Tabel 4.3 : Data untuk menentukan ukuran partikel akhir	27
Tabel 4.4 : Hasil analisis data	29
Tabel 5.1 : Data pengamatan percobaan sedimentasi	35
Tabel 5.2 : Hasil analisis data untuk suspensi CaCO_3 dalam air	36
Tabel 6.1 : Data pengamatan pada <i>heat exchanger</i> aliran searah	42
Tabel 7.1 : Data pengamatan pada <i>heat exchanger</i> aliran berlawanan	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Kurva total <i>moisture content</i> dan laju pengeringan terhadap waktu pengeringan (McCabe <i>et al.</i> , 1993)	6
Gambar 3.1 : Grafik hubungan antara bilangan Power dengan bilangan Reynolds untuk <i>three-blade propellers</i> (McCabe <i>et al.</i> , 1993).....	21
Gambar 5.1 : Mekanisme sedimentasi <i>batch</i> (Geankoplis, 1993)	32
Gambar 6.1 : Profil temperatur pada <i>heat exchanger</i> aliran searah (Çengel, 2003)	39
Gambar 7.1 : Profil temperatur pada <i>heat exchanger</i> aliran berlawanan (Çengel, 2003)	45

PERTEMUAN 1

PENGENALAN ALAT PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA

A. Tujuan Praktikum

1. Memahami satuan operasi (*unit operation*) secara umum
2. Memahami prinsip kerja peralatan atau unit proses operasi teknik kimia pada skala laboratorium

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

C. Dasar Teori

Unit operation (satuan operasi) didefinisikan sebagai suatu proses yang tidak melibatkan reaksi kimia. *Unit operation* hanya terkait dengan perubahan secara fisik suatu material dalam prosesnya. Dalam hal ini, perubahan fisik juga termasuk perubahan fase seperti evaporasi, kondensasi, kristalisasi, dll. Distilasi juga termasuk *unit operation* karena proses kondensasi dan evaporasi terjadi di dalam kolom.

Peralatan *unit operation* juga berkaitan dengan operasi mekanik seperti *size reduction*, pemisahan secara fisik, *mixing*, dan *grinding*. Secara umum, *unit operation* dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Operasi aliran fluida (*fluid flow*): *pumping*, kompresi, fluidisasi
2. Operasi mekanik: *size reduction*, *size enlargement*, *mixing*, agitasi, *blending*, filtrasi, dll
3. Transfer massa: distilasi, evaporasi, kristalisasi, *leaching*, absorpsi, adsorpsi, ekstraksi, dll
4. Transfer panas, yang melibatkan mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi.

Menurut Brown (2005), satuan operasi memiliki beberapa konsep fundamental yang penting untuk dipahami yaitu neraca massa, neraca energi, *ideal contact*, dan

laju operasi. Dengan mengaplikasikan pengetahuan dan kemampuan dalam hal satuan operasi, maka *engineer* mampu mendesain, membuat, dan mengoperasikan pabrik dalam industri kimia.

Sementara itu, menurut Foust (1980), ilmu terkait kesetimbangan, *driving force*, pemisahan, serta operasi kontinyu dan *batch* juga merupakan beberapa konsep dasar dari *unit operation* yang harus dipahami.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. *Oven*
- b. Rangkaian alat *mixing*
- c. *Grinder* dan *sieve shaker*
- d. Rangkaian alat sedimentasi
- e. *Heat exchanger*

2. Bahan

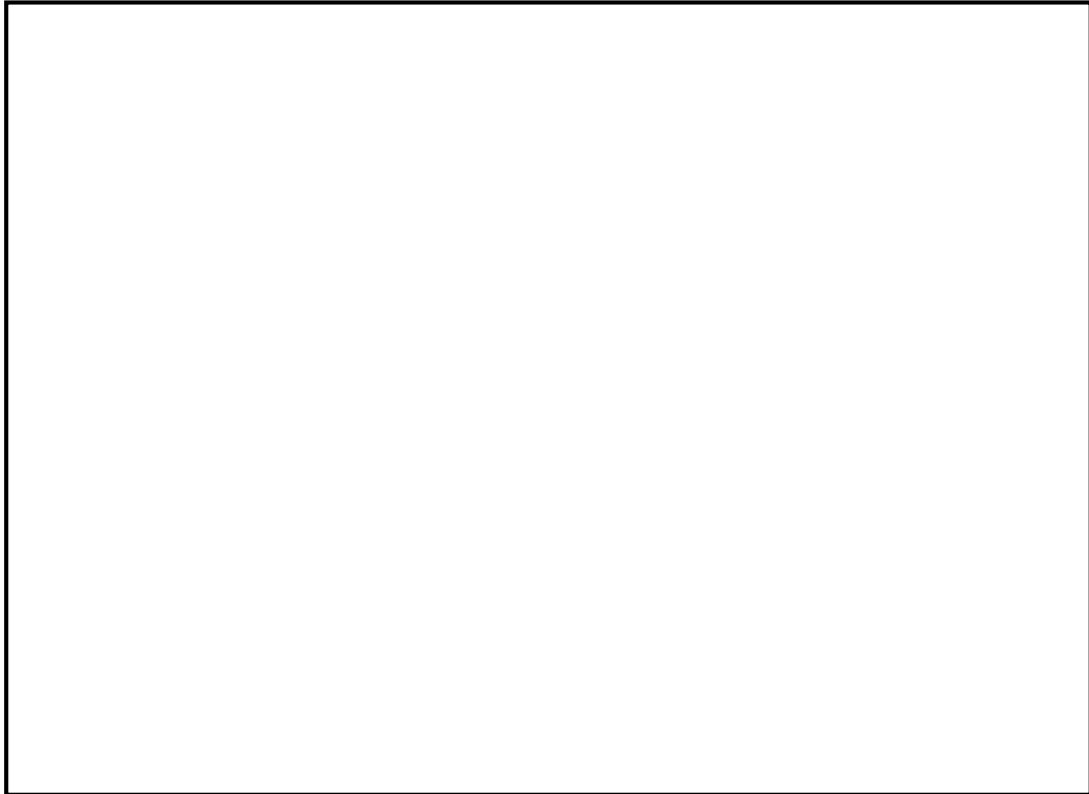
- a. Singkong
- b. Air
- c. Garam
- d. Biji jagung
- e. CaCO_3

E. Prosedur Kerja

1. Amati masing-masing alat yang terdapat di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses
2. Perhatikan komponen penting yang terdapat pada masing-masing alat tersebut, kemudian pelajari fungsinya
3. Pelajari dan pahami prinsip kerja dari masing-masing alat tersebut

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.

**G. Data Percobaan**

Tabel 1.1 Peralatan praktikum operasi teknik kimia beserta komponennya

No.	Alat	Komponen
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

H. Analisis Data

Tabel 1.2 Prinsip kerja peralatan praktikum operasi teknik kimia

No.	Alat	Komponen dan fungsinya	Prinsip kerja alat
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

I. Referensi

Brown, G. G. (2005). *Unit operations*. Cbs Publishers & Distribu.

Foust, A. S. (1980). *Principles of unit operations* (2d ed). New York. Wiley.

PERTEMUAN 2

PENGERINGAN

A. Tujuan Praktikum

1. Mempelajari hubungan antara kandungan air dalam bahan dengan waktu pengeringan
2. Mempelajari hubungan antara laju pengeringan dengan waktu pengeringan
3. Mempelajari hubungan antara laju pengeringan dengan kandungan air dalam bahan

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

C. Dasar Teori

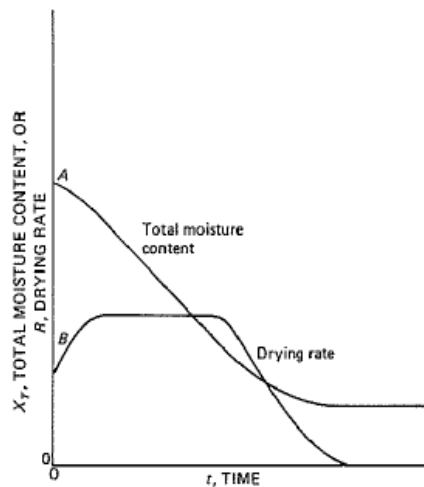
Secara umum, pengeringan (*drying*) adalah suatu proses untuk menghilangkan sejumlah air dari suatu bahan (Geankoplis, 1993). Air yang terkandung dalam suatu bahan dapat dikurangi melalui proses penguapan menggunakan energi panas.

Proses pengeringan dapat diklasifikasikan dalam dua metode: 1) *batch*, dimana bahan diletakkan di dalam peralatan *drying* dan proses pengeringan berlangsung selama periode waktu tertentu; dan 2) kontinyu, dimana bahan dimasukkan secara kontinyu ke dalam *dryer*, kemudian bahan yang telah dikeringkan dikeluarkan secara kontinyu.

Kandungan air (*moisture content*) dalam suatu bahan akan menurun selama proses pengeringan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.1 (grafik A). Pada waktu yang singkat dimana bahan dipanaskan hingga suhu vaporisasi, grafik menjadi linier lalu kurva membentuk garis horizontal.

Grafik B pada Gambar 1.1 menunjukkan laju proses pengeringan (*drying rate*). Garis horizontal pada kurva tersebut merupakan laju pengeringan konstan (*constant-rate period*), kemudian diikuti dengan kurva yang menurun (*falling-rate period*). Pada

akhirnya, ketika bahan mencapai kondisi *equilibrium moisture content*, maka laju pengeringannya menjadi nol.



Gambar 1.1 Kurva total *moisture content* dan laju pengeringan terhadap waktu pengeringan (McCabe *et al.*, 1993)

Lebih lanjut, laju pengeringan pada *constant-rate period* dan *faliing-rate period* dijelaskan sebagai berikut (Coulson *et al.*, 1996):

1. *Constant-rate period*

Pada periode ini, terjadi proses difusi uap air dari permukaan bahan menuju aliran udara melalui lapisan film yang terdapat pada udara

2. *Falling-rate period*

Pada kondisi ini, laju pengeringan sangat tergantung pada mekanisme difusi uap air dari dalam bahan ke permukaan. Dengan kata lain, proses penguapan terjadi dari dalam bahan, dan uap air mencapai permukaan secara difusi molekuler.

D. Alat dan Bahan

1. **Alat**

- Oven
- Neraca analitik digital
- Desikator
- Stopwatch*

- e. *Loyang*
- f. *Gelas arloji*
- g. *Penggaris*

2. Bahan

Singkong

E. Prosedur Kerja

1. Sebelum memulai praktikum, nyalakan oven dan atur temperaturnya pada 60°C
2. Tunggu beberapa saat sampai suhu oven mencapai 60°C
3. Siapkan singkong yang akan dikeringkan
4. Potong singkong berbentuk balok dengan dua ukuran yang berbeda (besar dan kecil)
5. Ukur dimensi kedua potongan singkong menggunakan penggaris, lalu catat ukuran masing-masing singkong
6. Timbang singkong menggunakan neraca analitik digital, catat massa awal singkong besar dan singkong kecil
7. Setelah oven siap digunakan, letakkan kedua singkong di atas loyang lalu masukkan ke dalam oven
8. Nyalakan *stopwatch*, lalu tunggu selama 10 menit untuk pengambilan data massa berikutnya
9. Setelah 10 menit, kedua singkong dikeluarkan dari dalam oven, masukkan ke dalam desikator selama kurang lebih 5 menit, kemudian masing-masing singkong ditimbang
10. Catat massa singkong setelah proses pengeringan selama 10 menit pertama.
11. Masukkan singkong kembali ke dalam oven, kemudian lakukan penimbangan dengan langkah yang sama, dengan interval waktu pengeringan 10 menit
12. Praktikum dihentikan setelah timbangan menunjukkan massa yang konstan untuk tiga data percobaan

13. Apabila sampai 2 jam belum diperoleh massa singkong yang konstan untuk tiga data percobaan, maka praktikum dapat dihentikan

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.



G. Data Percobaan

Dimensi singkong

Singkong besar:	Panjang	=	cm
	Lebar	=	cm
	Tinggi	=	cm
Singkong kecil:	Panjang	=	cm
	Lebar	=	cm
	Tinggi	=	cm

Massa awal singkong

Singkong besar = gram

Singkong kecil = gram

Tabel 2.1 Pengamatan massa singkong dalam interval waktu pengeringan 10 menit

Waktu, menit	Massa singkong, gram	
	Singkong besar	Singkong kecil
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		

H. Analisis Data

1. Menghitung kandungan air dalam bahan

$$X = \frac{W - W_s}{W_s}$$

Keterangan:

X = kandungan air dalam bahan (g H₂O/g bahan kering)

W = massa bahan basah (gram)

W_s = massa bahan kering (gram)

Tabel 2.2 Hasil perhitungan kandungan air dalam singkong

Waktu, menit	Kandungan air, g H ₂ O/g bahan kering	
	Singkong besar	Singkong kecil
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		

2. Menghitung laju pengeringan

$$R = -\frac{W_s}{A} \frac{dX}{dt}$$

Keterangan:

R = laju pengeringan (g H₂O/menit.cm²)

A = luas permukaan bahan (cm²)

t = waktu pengeringan (menit)

Tabel 2.3 Hasil perhitungan laju pengeringan

Waktu, menit	Laju pengeringan, g H ₂ O/menit.cm ²	
	Singkong besar	Singkong kecil
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		
110		
120		

3. Membuat grafik hubungan antara kandungan air dalam bahan, laju pengeringan, dan waktu pengeringan

- a. Plot grafik hubungan antara kandungan air dalam bahan dengan waktu pengeringan
- b. Plot grafik hubungan antara laju pengeringan dengan waktu pengeringan
- c. Plot grafik hubungan antara laju pengeringan dengan kandungan air dalam bahan

I. Referensi

Coulson, J. M., Richardson, J. F., & Coulson, J. M. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering*. Butterworth-Heinemann.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3. ed). Prentice-Hall Internat.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit operations of chemical engineering*. McGraw-Hill.

PERTEMUAN 3

MIXING

A. Tujuan Praktikum

1. Menghitung bilangan Reynolds (N_{Re}), bilangan Power (N_P), dan bilangan Froude (N_{Fr}) dari proses pencampuran (*mixing*)
2. Menentukan kebutuhan daya (*power*) pengadukan

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

C. Dasar Teori

Pencampuran (*mixing*) adalah proses penyebaran atau distribusi bahan-bahan secara acak, antara satu bahan ke bahan yang lain dalam sistem dua fase (atau lebih) yang saling terpisah. Agar bahan tersebut dapat bergerak maka diperlukan pengadukan (agitasi), yang merupakan proses terbentuknya gerakan turbulen dalam fluida melalui penggunaan peralatan mekanik (Brown, 2005). Dengan kata lain, agitasi mengacu pada gaya yang diberikan pada fluida secara mekanik sehingga menghasilkan pola aliran tertentu di dalam vessel.

Agitasi pada cairan dilakukan untuk beberapa tujuan, diantaranya (McCabe *et al.*, 1993; Geankoplis, 1993):

1. Mensuspensikan partikel padatan di dalam cairan
2. Mencampurkan (*blending*) *miscible liquid*, misalnya metil alkohol dan air
3. Mendispersikan gas melalui cairan dalam bentuk gelembung-gelembung kecil, seperti dalam proses lumpur aktif (*activated sludge*) untuk pengolahan limbah
4. Mendispersikan cairan yang bersifat *immiscible*
5. Meningkatkan transfer panas antara fluida dengan media pemanas atau pendingin yang terdapat di dalam vessel

6. Melarutkan padatan di dalam cairan, misalnya garam dalam air

Secara umum, cairan diagitasi di dalam *vessel* yang dilengkapi dengan *impeller*. Berdasarkan bentuknya, *impeller* terbagi menjadi tiga jenis yaitu *propeller*, *paddle*, dan *turbine* (Geankoplis, 1993). Dalam hal ini, viskositas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis agitator.

1. *Three-blade propeller agitator*, bekerja pada kecepatan tinggi yaitu 400 – 1750 rpm, dan digunakan untuk cairan yang viskositasnya rendah
2. *Paddle agitator*, seringkali digunakan pada kecepatan rendah (20 – 200 rpm)
3. *Turbine agitator*, digunakan pada kecepatan tinggi untuk cairan dengan kisaran viskositas yang luas

Dalam merancang *vessel* berpengaduk, kebutuhan daya (*power*) untuk menjalankan *impeller* penting untuk dipertimbangkan. Ada atau tidaknya turbulensi dapat dikorelasikan dengan bilangan Reynolds (N_{Re}). Pola aliran dalam tangki dikatakan laminar jika $N_{Re} < 10$; dan turbulen jika $N_{Re} > 10^4$. Apabila N_{Re} diantara 10 dan 10^4 maka termasuk dalam pola aliran transisi.

Kebutuhan daya pengadukan dipengaruhi oleh densitas fluida, viskositas fluida, kecepatan putar pengaduk, serta diameter *impeller* yang dinyatakan dalam kurva hubungan antara bilangan Power (N_p) dan bilangan Reynolds.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Rangkaian alat *mixing*
- b. Wadah plastik
- c. *Stopwatch*
- d. Neraca analitik digital
- e. Piknometer
- f. Viskometer Ostwald
- g. Bola hisap
- h. Gelas beker
- i. Gelas ukur 1 L
- j. Penggaris
- k. Termometer

2. Bahan

- a. Garam
- b. Air

E. Prosedur Kerja

Tahap I: *Mixing*

1. Sebelum memulai praktikum, ukur diameter *impeller* dengan menggunakan penggaris
2. Rangkai alat *mixing* dan letakkan wadah plastik kosong pada alat tersebut
3. Masukkan air sebanyak 5 liter ke dalam wadah plastik
4. Atur ketinggian pengaduk, pastikan *impeller* terendam air namun tidak menyentuh dasar wadah
5. Tambahkan 100 gram garam ke dalam air di wadah plastik
6. Untuk percobaan pertama, kecepatan putar pengaduk diatur pada 500 rpm
7. Nyalakan alat *mixing*, kemudian nyalakan *stopwatch*
8. Setelah 15 menit, matikan alat kemudian amati perubahan yang terjadi pada campuran garam dengan air, lalu catat hasil pengamatannya
9. Ambil larutan garam dari wadah plastik secukupnya untuk diukur viskositas dan densitasnya
10. Nyalakan kembali alat *mixing* untuk melanjutkan proses pencampuran, dan lakukan pengambilan sampel setiap interval waktu 15 menit
11. Lakukan percobaan kembali dengan prosedur yang sama untuk kecepatan putar pengaduk yang lain

Tahap II: Pengukuran densitas air dan larutan garam

1. Ukur temperatur ruangan menggunakan termometer
2. Timbang piknometer kosong, lalu catat massanya
3. Masukkan air ke dalam piknometer sampai penuh, lalu ditimbang
4. Hitung massa air, kemudian hitung densitas air

5. Lakukan langkah yang sama untuk mengukur densitas larutan garam

Tahap III: Pengukuran viskositas air dan larutan garam

1. Masukkan air ke dalam viskometer Ostwald
2. Atur ketinggian air menggunakan bola hisap hingga mencapai garis batas atas
3. Hitung waktu mengalirnya air dari garis batas atas ke garis batas bawah dengan menggunakan *stopwatch*
4. Lakukan langkah yang sama untuk menentukan waktu alir sampel larutan garam

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.



G. Data Percobaan

Diameter *impeller* = cm

Pengukuran densitas dan viskositas air

1. Temperatur ruangan = °C
2. Massa piknometer kosong = gram
3. Massa piknometer + air = gram
4. Volume piknometer = mL
5. Densitas air pada suhu ruangan = g/cm³
6. Waktu alir air = sekon
7. Viskositas air pada suhu ruangan = cp

Tabel 3.1 Data pengamatan waktu alir dan massa sampel larutan garam

Rpm	Waktu (menit)	Waktu alir sampel (s)				Massa piknometer + sampel (gr)
		I	II	III	Rata-rata	
	15					
	30					
	45					
	60					
	75					
	15					
	30					
	45					

	60					
	75					

H. Analisis Data

1. Menghitung densitas sampel

$$\text{massa sampel} = (\text{massa piknometer} + \text{sampel}) - \text{massa piknometer kosong}$$

$$\text{Densitas sampel} = \frac{\text{massa sampel}}{\text{volume piknometer}}$$

Tabel 3.2 Hasil perhitungan densitas sampel larutan garam

rpm	Waktu (menit)	Massa piknometer + sampel (gr)	Massa sampel (gr)	Densitas sampel (g/cm ³)	Densitas sampel (kg/m ³)
	15				
	30				
	45				
	60				
	75				
	15				
	30				
	45				
	60				
	75				

2. Menghitung viskositas sampel

Konstanta viskositas (k)

$$k = \frac{\mu_{air}}{\rho_{air} t_{air}}$$

Keterangan:

μ_{air} = viskositas air pada suhu ruangan

ρ_{air} = densitas air pada suhu ruangan

t_{air} = waktu alir air

Persamaan viskositas

$$\mu_{sampel} = k \times \rho_{sampel} \times t_{sampel}$$

Tabel 3.3 Hasil perhitungan viskositas sampel larutan garam

rpm	Waktu (menit)	Viskositas sampel (kg/m.s)
	15	
	30	
	45	
	60	
	75	
	15	
	30	
	45	
	60	
	75	

3. Menghitung bilangan Reynolds (N_{Re})

$$n = \frac{rpm}{60 \text{ s}}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times n \times Da^2}{\mu}$$

Keterangan:

n = kecepatan putar pengaduk

Da = diameter *impeller*

ρ = densitas sampel

μ = viskositas sampel

4. Menghitung bilangan Froude (N_{Fr})

$$N_{Fr} = \frac{n^2 Da}{g}$$

Keterangan:

g = gaya gravitasi (9,81 m/s²)

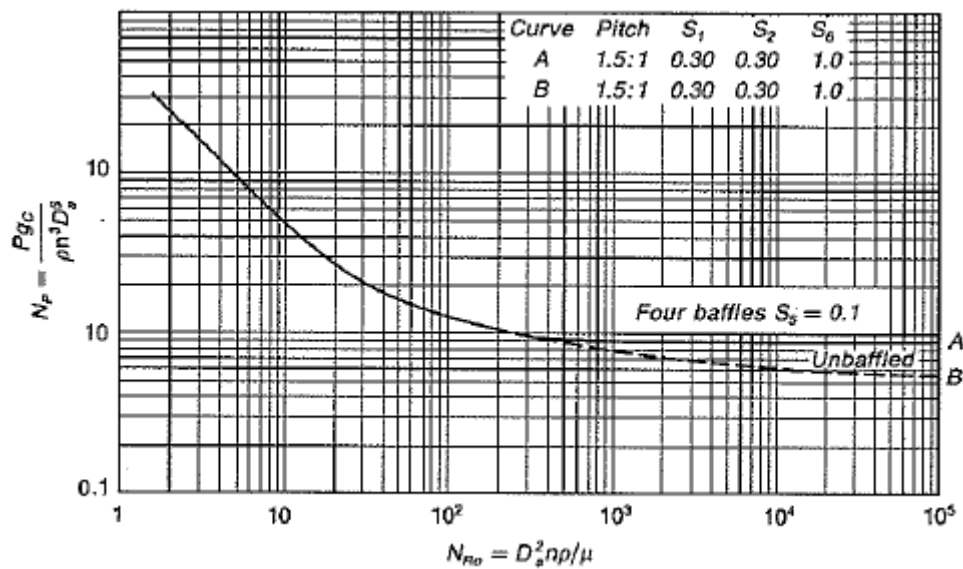
Tabel 3.4 Hasil perhitungan bilangan Reynolds dan bilangan Froude

rpm	Waktu (menit)	N_{Re}	N_{Fr}
	15		
	30		
	45		
	60		
	75		
	15		

	30		
	45		
	60		
	75		

5. Menentukan bilangan Power (N_p)

Penentuan nilai N_p dilakukan dengan cara memplotkan nilai N_{Re} yang diperoleh pada grafik di bawah ini



Gambar 3.1 Grafik hubungan antara bilangan Power dengan bilangan Reynolds untuk *three-blade propellers* (McCabe et al., 1993)

Catatan: untuk pembacaan kurva B, nilai N_p yang terbaca dari grafik harus dikalikan dengan N_{Fr}^m , dimana

$$m = \frac{1,7 - \log_{10} N_{Re}}{18}$$

6. Menghitung *power* pengadukan (P)

$$P = N_p n^3 D a^5 \rho$$

I. Referensi

Brown, G. G. (2005). *Unit operations*. Cbs Publishers & Distributors.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3. ed). Prentice-Hall Internat.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit operations of chemical engineering*. McGraw-Hill.

PERTEMUAN 4

SIZE REDUCTION

A. Tujuan Praktikum

1. Memahami prinsip pengecilan ukuran pada suatu bahan
2. Menentukan distribusi ukuran partikel dari suatu bahan
3. Menentukan nilai *reduction ratio* dari proses pengecilan ukuran suatu bahan

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

C. Dasar Teori

Size reduction merupakan proses pengecilan ukuran suatu bahan padatan, atau perubahan dari partikel kasar menjadi partikel yang lebih halus karena adanya *external force* berupa gaya mekanik. *External force* adalah gaya dari luar yang menyebabkan terjadinya perubahan ukuran suatu bahan.

Dalam industri pemrosesan material, *size reduction* umumnya dilakukan untuk meningkatkan *surface area*, karena pada reaksi yang melibatkan partikel padat, laju reaksi berbanding lurus dengan luas area kontak antar fase. *Size reduction* dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu (Geankoplis, 1993):

1. Kompresi atau *crushing* umumnya digunakan untuk memperkecil padatan kasar (*coarse solids*)
2. *Impact* dapat menghasilkan padatan berukuran medium hingga padatan halus (*fine solids*)
3. *Attrition* atau *rubbing* dapat menghasilkan produk yang berupa padatan halus
4. *Cutting* digunakan untuk mendapatkan ukuran padatan yang pasti

Efisiensi operasi *size reduction* tergantung pada jenis peralatan yang digunakan. Menurut Coulson *et al.*, 1996, peralatan *size reduction* secara umum

dibagi ke dalam beberapa kelompok berdasarkan ukuran umpan dan produk, seperti yang disajikan pada Tabel 4.1. Berdasarkan klasifikasi tersebut, diketahui bahwa rasio *size reduction* yang lebih besar dapat diperoleh dari penggunaan *fine crushers* dibandingkan *coarse crushers*.

Tabel 4.1 Klasifikasi peralatan *size reduction*

	Ukuran umpan	Ukuran produk
<i>Coarse crushers</i>	1500 – 40 mm	50 – 5 mm
<i>Intermediate crushers</i>	50 – 5 mm	5 – 0,1 mm
<i>Fine crushers</i>	5 – 2 mm	0,1 mm
<i>Colloid mills</i>	0,2 mm	< 0,01 μ m

Beberapa contoh peralatan untuk *size reduction* adalah sebagai berikut (Geankoplis, 1993):

1. *Jaw crushers*. *Crusher* merupakan alat untuk memperkecil ukuran padatan kasar dalam jumlah besar, yang berupa mesin dengan kecepatan rendah
2. *Gyratory crushers*
3. *Roll crushers* dapat digunakan untuk produk makanan yang bukan merupakan bahan keras seperti tepung, kedelai, dan pati
4. *Hammer mill grinders*. *Hammer mill* digunakan untuk mengubah bahan berukuran sedang menjadi berukuran lebih kecil atau serbuk
5. *Revolving grinding mills*. Alat ini sering digunakan untuk mengecilkan bahan berukuran sedang maupun bahan berukuran kecil

Keberhasilan proses *size reduction* tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran umpan, tetapi juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik dari bahan yang akan diproses seperti *hardness*, struktur bahan, kandungan *moisture*, dan *stickiness*.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. *Grinder*
- b. *Sieve shaker*
- c. *Test sieve* (ayakan)
- d. Neraca analitik digital
- e. Gelas beker 250 mL
- f. Penggaris

2. Bahan

Biji jagung

E. Prosedur Kerja

Tahap I: Menentukan ukuran partikel awal

1. Ambil 10 buah sampel biji jagung
2. Ukur diameter dari masing-masing biji jagung menggunakan penggaris, lalu dicatat dan dihitung rata-ratanya

Tahap II: *Size reduction* menggunakan *grinder*

1. Timbang biji jagung sebanyak 250 gram di dalam gelas beker
2. Masukkan biji jagung ke dalam *grinder*, kemudian nyalakan alat
3. Setelah kurang lebih 5 menit, matikan *grinder* dan keluarkan biji jagung untuk ditentukan ukuran partikel akhirnya

Tahap III: Menentukan ukuran partikel akhir

1. Timbang masing-masing *test sieve* yang akan digunakan, kemudian dicatat sebagai massa *test sieve* awal
2. Susun *test sieve* pada alat *sieve shaker* secara berurutan (atas ke bawah) dari ukuran paling besar ke ukuran yang paling kecil

3. Masukkan biji jagung yang sudah dihaluskan ke dalam *test sieve* yang paling atas
4. Atur waktu pengayakan selama 10 menit, kemudian nyalakan sieve shaker
5. Setelah proses pengayakan selesai, matikan alat dan timbang masing-masing *test sieve*, kemudian catat massanya

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.



G. Data Percobaan**Tabel 4.2** Data untuk menentukan ukuran partikel awal

Sampel	Diameter bahan (cm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Total	

Tabel 4.3 Data untuk menentukan ukuran partikel akhir

No. test sieve	D ayakan (mm)	m test sieve (gr)	m test sieve + bahan (gr)
1			
2			
3			
4			

5			
6			
7			

H. Analisis Data

1. Menentukan ukuran partikel awal

$$\text{Diameter bahan rata - rata} = \frac{\sum \text{diameter bahan}}{\text{banyaknya sampel}}$$

2. Menentukan ukuran partikel akhir

Untuk sampel pada masing-masing *test sieve*:

$$\text{massa bahan tertahan} = m_{\text{test sieve} + \text{bahan}} - m_{\text{test sieve}}$$

$$\text{fraksi massa bahan tertahan} = \frac{\text{massa bahan tertahan}}{\text{massa total bahan tertahan}}$$

Secara kumulatif:

$$\text{massa bahan tertahan}_{\text{kumulatif (i)}} = \text{massa bahan tertahan}_i$$

$$\text{massa bahan tertahan}_{\text{kumulatif (j)}}$$

$$= \text{massa bahan tertahan}_i + \text{massa bahan tertahan}_j$$

$$\% \text{ massa bahan tertahan} = \frac{\text{massa bahan tertahan}_{\text{kumulatif}}}{\text{massa total bahan tertahan}} \times 100\%$$

$$\text{massa bahan lolos}_{\text{kumulatif}}$$

$$= \text{massa total bahan tertahan} - \text{massa bahan tertahan}_{\text{kumulatif}}$$

$$\% \text{ massa bahan lolos} = \frac{\text{massa bahan lolos}_{\text{kumulatif}}}{\text{massa total bahan tertahan}} \times 100\%$$

Tabel 4.4 Hasil analisis data

D _{ayakan} (mm)	Sampel		Kumulatif			
	Massa bahan tertahan (gr)	Fraksi massa bahan tertahan	Massa bahan tertahan (gr)	% Bahan tertahan	Massa bahan lolos (gr)	% Bahan lolos
TOTAL						

Kemudian dibuat grafik dengan diameter partikel sebagai sumbu x , dan fraksi massa bahan tertahan sebagai sumbu y untuk menentukan ukuran partikel akhir.

3. Menghitung nilai *reduction ratio*

$$reduction\ ratio = \frac{diameter\ partikel\ awal}{diameter\ partikel\ akhir}$$

I. Referensi

Coulson, J. M., Richardson, J. F., & Coulson, J. M. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering*. Butterworth-Heinemann.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3. ed). Prentice-Hall Internat.

PERTEMUAN 5

SEDIMENTASI

A. Tujuan Praktikum

1. Memahami prinsip dari proses sedimentasi
2. Mempelajari hubungan antara tinggi permukaan suspensi dengan waktu pengendapan
3. Menentukan kecepatan sedimentasi pada berbagai konsentrasi CaCO_3 dalam air

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

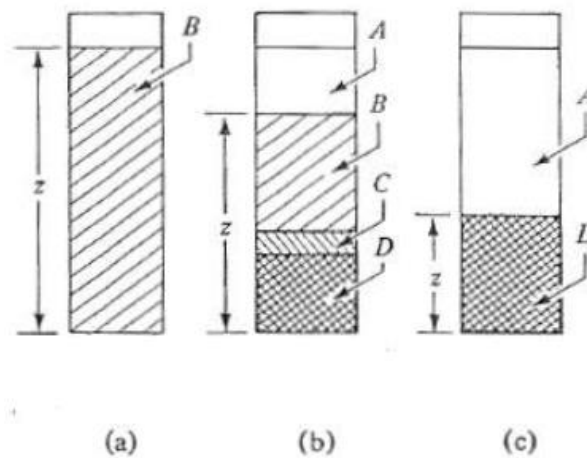
C. Dasar Teori

Sedimentasi merupakan proses pemisahan padatan tersuspensi menjadi *supernatant* (cairan jernih) dan *slurry* yang mengandung padatan dengan konsentrasi tinggi (Brown, 2005). Sedimentasi biasanya diawali dengan proses *settling*, yaitu jatuhnya partikel tersuspensi melalui cairan. Kedua proses ini terjadi akibat adanya gaya gravitasi yang bekerja pada partikel, sehingga partikel padatan dapat terpisah dari fluida.

Mekanisme sedimentasi dapat dijelaskan berdasarkan tes *batch settling* dalam silinder kaca. Pada awal sedimentasi *batch*, konsentrasi padatan seragam di seluruh bagian silinder. Ketika proses sedimentasi dimulai, seluruh partikel *suspended solid* jatuh melalui fluida pada kecepatan maksimumnya (v_m). Pada *slurry* yang mengandung partikel dengan ukuran berbeda, maka partikel yang lebih besar akan jatuh lebih cepat, sementara partikel yang lebih kecil membutuhkan waktu lebih lama untuk mengendap.

Menurut Coulson *et al.* (1996), setelah periode kecepatan awal sedimentasi, lapisan batas (*interface*) antara cairan jernih dan suspensi bergerak turun dengan kecepatan konstan, sementara endapan (*sediment*) semakin bertambah di bagian

bawah silinder. Ketika *interface* tersebut mendekati lapisan *sediment*, maka lajunya akan menurun hingga mencapai *critical settling point*.



Gambar 5.1 Mekanisme sedimentasi *batch* (Geankoplis, 1993)

Mekanisme sedimentasi dapat dijelaskan lebih lanjut berdasarkan Gambar 5.1. Mula-mula seluruh partikel jatuh secara *free settling* pada suspensi zona B. Partikel di zona B pada awalnya *settle* dengan kecepatan yang seragam, dan zona A yang jernih mulai terbentuk (gambar b). Ketinggian z berkurang dengan laju yang konstan. Di samping itu, zona D yang mengandung endapan partikel mulai terbentuk di bagian bawah. Zona C terbentuk sebagai lapisan transisi antara zona B dan D. Pada proses *settling* lebih lanjut, zona B dan C akan menghilang (gambar c), dimana kondisi ini disebut sebagai *critical point*.

Unit sedimentasi kontinyu umumnya berupa *vessel* yang dilengkapi dengan *revolving rakes*. Komponen tersebut digunakan untuk memindahkan *sludge* ke bagian *central discharge*. Pada sedimentasi kontinyu, umpan dimasukkan melalui *feed well* di bagian atas *vessel*, kemudian *slurry* akan mengendap dan cairan jernih dikeluarkan melalui aliran *overflow*.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Rangkaian *tower* sedimentasi
- b. *Stopwatch*

2. Bahan

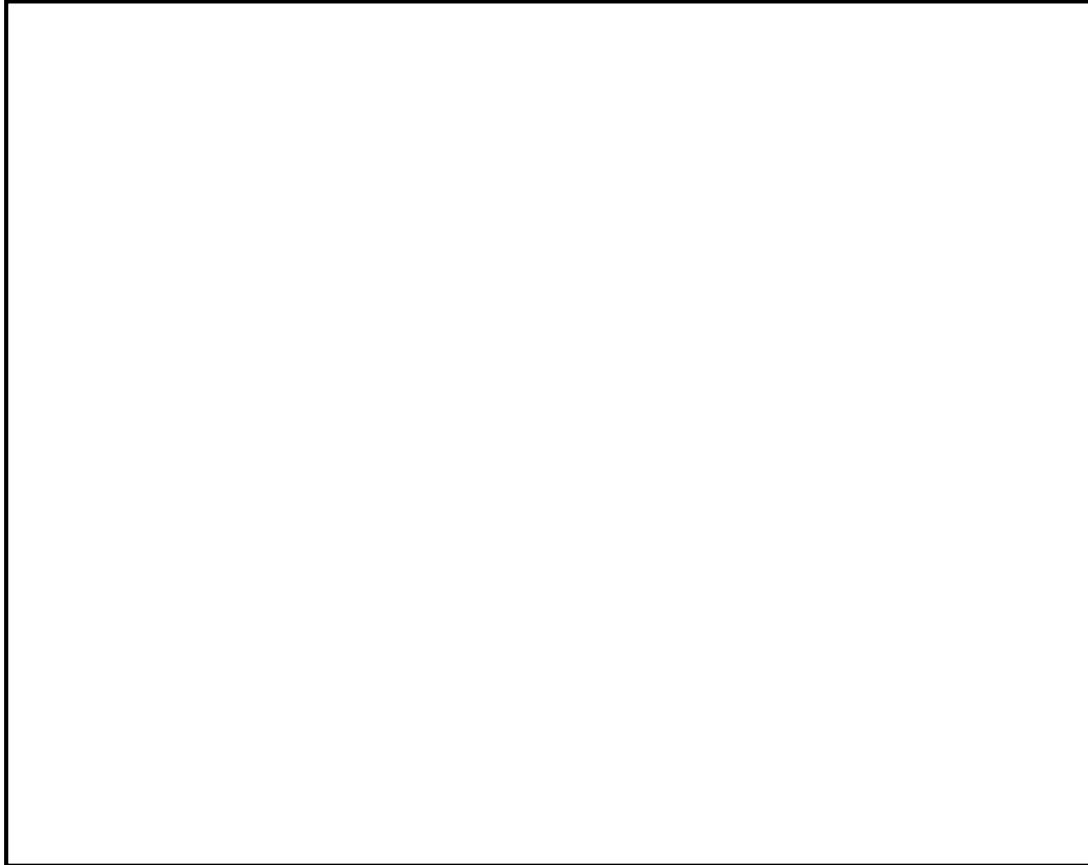
- a. CaCO_3
- b. Air

E. Prosedur Kerja

1. Masukkan CaCO_3 sebanyak 5 kg ke dalam 125 liter air di dalam tangki penampung
2. Putar tombol pengaduk pada alat sedimentasi, biarkan beberapa saat hingga CaCO_3 tercampur merata di dalam air
3. Matikan pengaduk, kemudian nyalakan pompa untuk mengalirkan larutan CaCO_3 dari tangki penampung menuju *tower* sedimentasi
4. Isi *tower* sedimentasi dengan larutan CaCO_3 sebanyak 20 liter, lalu matikan pompa
5. Catat ketinggian lapisan batas pada saat $t = 0$
6. Selanjutnya catat ketinggian lapisan batas antara cairan jernih dengan suspensi padatan setiap 5 menit hingga diperoleh 10 data konstan
7. Setelah pengamatan selesai, buka beberapa kran untuk mengembalikan larutan CaCO_3 dari *tower* sedimentasi menuju ke tangki penampung
8. Lakukan percobaan kembali dengan langkah yang sama untuk konsentrasi CaCO_3 yang lain, yaitu 60 g/L

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.

**G. Data Percobaan**Percobaan I

Massa CaCO_3 = kg

Volume air = liter

Percobaan II

Massa CaCO_3 = kg

Volume air = liter

Tabel 5.1 Data pengamatan percobaan sedimentasi

C_0 = g/L		C_0 = g/L	
Z_0 = cm		Z_0 = cm	
t_i (menit)	Z_i (cm)	t_i (menit)	Z_i (cm)
5		5	
10		10	
15		15	
20		20	
25		25	
30		30	
.....			
dst		dst	

Keterangan:

C_0 = konsentrasi awal CaCO_3

Z_0 = ketinggian awal *slurry*

H. Analisis Data

1. Menghitung konsentrasi padatan tersuspensi

$$C_o = \frac{m}{V}$$

$$C_i = \frac{Z_0}{Z_i} \times C_0$$

Keterangan:

m = massa padatan (gr)

V = volume air (L)

C_i = konsentrasi *slurry* pada t_i (g/L)

Z_i = ketinggian lapisan batas pada t_i (cm)

2. Menentukan kecepatan sedimentasi

$$v_i = \frac{Z_0 - Z_i}{t_i}$$

Keterangan:

v_i = kecepatan sedimentasi pada t_i (cm/menit)

t_i = waktu sedimentasi (menit)

Tabel 5.2 Hasil analisis data untuk suspensi CaCO_3 dalam air

t_i (menit)	C_i (g/L)	v_i (cm/menit)
5		
10		
15		
20		
25		
30		
.....		
dst		

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara waktu pengendapan dengan tinggi suspensi, serta grafik hubungan antara kecepatan sedimentasi dengan konsentrasi suspensi.

I. Referensi

Brown, G. G. (2005). *Unit operations*. Cbs Publishers & Distribu.

Coulson, J. M., Richardson, J. F., & Coulson, J. M. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering*. Butterworth-Heinemann.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3. ed). Prentice-Hall Internat.

PERTEMUAN 6

HEAT EXCHANGER ALIRAN SEARAH

A. Tujuan Praktikum

1. Memahami prinsip kerja alat penukar panas (*heat exchanger*) aliran searah
2. Mempelajari pengaruh perubahan *flowrate* fluida panas dan fluida dingin terhadap beberapa parameter pada *heat exchanger* (ΔT_{LM} dan U)
3. Menentukan nilai koefisien transfer panas *overall* pada *heat exchanger* aliran searah

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

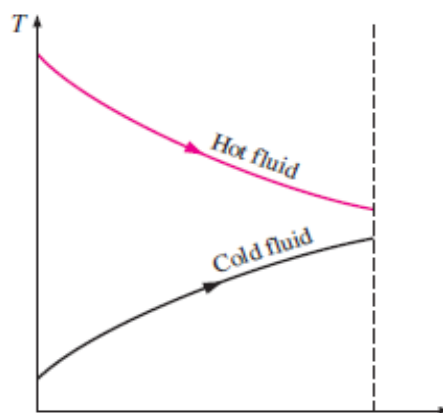
C. Dasar Teori

Heat exchanger merupakan suatu alat atau unit proses yang bekerja berdasarkan prinsip pertukaran panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan temperatur. Secara umum, *heat exchanger* diklasifikasikan berdasarkan arah aliran dan jenis konstruksinya. Berdasarkan konstruksinya, *heat exchanger* terdiri dari beberapa jenis diantaranya (Çengel, 2003):

1. *Double-pipe heat exchanger*, merupakan jenis yang paling sederhana, terdiri dari dua pipa konsentris yang berbeda diameternya. Salah satu fluida mengalir melalui pipa yang lebih kecil, sementara fluida lainnya mengalir melalui annulus (*annular space*) di antara dua pipa.
2. *Shell-and-tube heat exchanger*, merupakan jenis yang paling umum untuk aplikasi di industri. *Heat exchanger* jenis ini tersusun dari sejumlah *tube* di dalam *shell* dengan sumbu yang sejajar dengan *shell* tersebut. Perpindahan panas dapat terjadi ketika salah satu fluida mengalir di dalam *tube*, dan fluida lain yang berbeda temperaturnya mengalir di dalam *shell*.

3. *Compact heat exchanger*, didesain untuk menyediakan luas permukaan transfer panas yang besar per satuan volume. Dengan demikian, laju transfer panas yang tinggi dapat dicapai dengan volume unit yang kecil.
4. *Plate-and-frame heat exchanger*

Dua jenis aliran dalam *heat exchanger* yang paling umum yaitu *parallel flow* (aliran searah) dan *counter flow* (aliran berlawanan). Pada *heat exchanger* aliran searah, fluida panas dan dingin masuk pada ujung yang sama, kemudian mengalir dengan arah yang sama. Profil temperatur untuk *heat exchanger* aliran searah dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Profil temperatur pada *heat exchanger* aliran searah (Çengel, 2003)

Profil temperatur di atas menunjukkan bahwa perbedaan temperatur antara fluida panas dan fluida dingin bervariasi, mulai dari bagian *inlet* hingga *outlet heat exchanger* (Holman, 1986). Oleh karena itu, perbedaan temperatur rata-ratanya dinyatakan dalam *logarithmic mean temperature difference* (ΔT_{LM}). Pada *heat exchanger* aliran searah, suhu keluar fluida dingin tidak dapat melebihi suhu keluar fluida panas.

Koefisien transfer panas *overall* (U) didefinisikan sebagai total tahanan termal terhadap transfer panas antara dua fluida (Incropera & Incropera, 2007). Dalam analisis *heat exchanger*, nilai koefisien transfer panas *overall* dapat digunakan untuk menentukan laju transfer panas antara dua fluida.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Satu set *shell-and-tube heat exchanger*
- b. Pemanas (*heater*)
- c. *Fuse box*
- d. Selang air

2. Bahan

Air

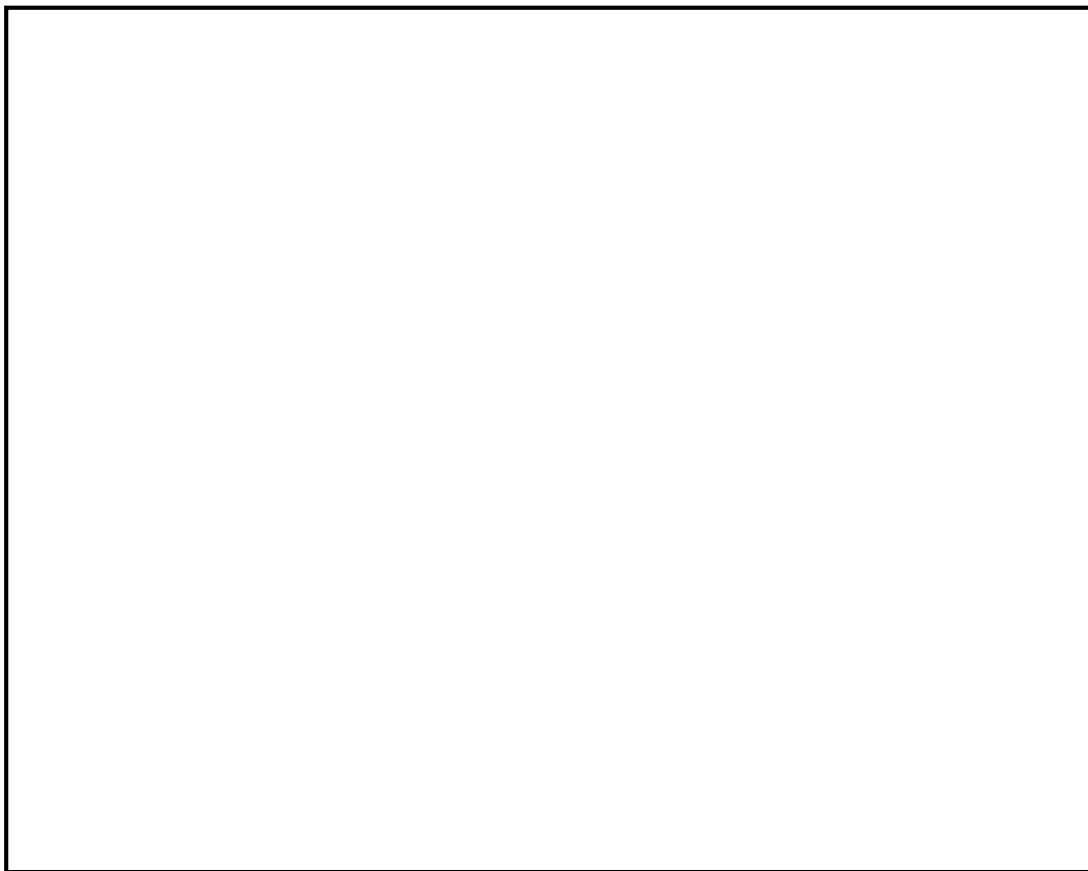
E. Prosedur Kerja

1. Isi *shell* dengan air dari bagian kiri sambil sesekali membuka *valve bubble release*
2. Setelah *shell* terisi penuh, tutup aliran air
3. Cek air di dalam *heater*, jika *heater* kosong maka *heater* diisi dengan cara membuka kran di bawah *heater* yang tersambung dengan sumber air
4. Jika air di dalam *heater* sudah *overflow*, maka *tube* akan terisi lalu matikan kran dan buka *valve bubble release*
5. Isi *tube* sampai penuh, kemudian tutup kembali *valve bubble release*
6. Sirkulasikan air di bagian *tube* dengan cara menghidupkan pompa dan mengatur *flowrate*-nya melalui *valve* saluran fluida panas
7. Nyalakan *heater*, atur kecepatan pemanasan dan tunggu beberapa saat sampai tercapai suhu yang diinginkan. Dalam kondisi ini, pastikan tidak ada aliran air yang melalui *shell*
8. Ketika suhu air panas sudah tercapai, nyalakan aliran air yang melalui *shell*. Tetapkan *flowrate* fluida dingin dengan cara mengatur kran pada sumber air
9. Buka *valve inlet* dan *valve overflow* pada *shell* saat proses transfer panas sedang berlangsung
10. Pengamatan dimulai, dan lakukan pencatatan suhu pada bagian *inlet* dan *outlet* fluida panas dan fluida dingin setiap 5 menit

11. Pengamatan dilakukan hingga diperoleh data temperatur yang konstan
12. Ulangi percobaan untuk variasi flowrate yang lain
13. Hitunglah koefisien perpindahan panas *overall* berdasarkan data-data yang tersedia

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.



G. Data Percobaan

Diameter luar <i>tube</i>	=	m
Panjang <i>tube</i>	=	m
Jumlah <i>tube</i>	=	m

Tabel 6.1 Data pengamatan pada *heat exchanger* aliran searah

Waktu (menit)	<i>Tube side</i>			<i>Shell side</i>		
	F (kg/s)	T_i (°C)	T_o (°C)	F (kg/s)	T_i (°C)	T_o (°C)
5						
10						
15						
20						
25						
30						
.....						
dst						
Rata-rata						

Keterangan:

F = laju alir massa air

T_i = suhu air masuk *shell* atau *tube*

T_o = suhu air keluar *shell* atau *tube*

H. Analisis Data

1. Menghitung jumlah panas yang ditransfer

$$Q = F_h \cdot c_{p,h} \cdot \Delta T_h$$

dengan

$$\Delta T_h = T_{i,h} - T_{o,h}$$

Keterangan:

Q = jumlah panas yang ditransfer (J)

F_h = *flowrate* fluida panas (kg/s)

$c_{p,h}$ = kapasitas kalor fluida panas (J/kg.°C)

ΔT_h = selisih temperatur fluida panas

$T_{i,h}$ = suhu masuk fluida panas (°C)

$T_{o,h}$ = suhu keluar fluida panas (°C)

2. Menghitung Log Mean Temperature Difference (ΔT_{LM})

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{i,h} - T_{i,c}) - (T_{o,h} - T_{o,c})}{\ln \frac{(T_{i,h} - T_{i,c})}{(T_{o,h} - T_{o,c})}}$$

Keterangan:

$T_{i,c}$ = suhu masuk fluida dingin (°C)

$T_{o,c}$ = suhu keluar fluida dingin (°C)

3. Menentukan koefisien transfer panas *overall*

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T_{LM}}$$

dengan

$$A = \pi \times OD_t \times L \times n_t$$

Keterangan:

U = koefisien transfer panas *overall* (W/m².°C)

A = luas permukaan transfer panas (m²)

OD_t = diameter luar *tube* (m)

L = panjang *tube* (m)

n_t = jumlah *tube*

Nilai U rata-rata untuk tiap variasi percobaan dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_{rata-rata} = \frac{\sum U}{n}$$

Keterangan:

$\sum U$ = jumlah seluruh nilai koefisien transfer panas *overall*

n = jumlah data

I. Referensi

Çengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: a practical approach* (2nd ed). McGraw-Hill.

Holman, J. P. (1986). *Heat transfer* (6th ed). McGraw-Hill Book Co.

Incropera, F. P., & Incropera, F. P. (Eds.). (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed). John Wiley.

PERTEMUAN 7

HEAT EXCHANGER ALIRAN BERLAWANAN

A. Tujuan Praktikum

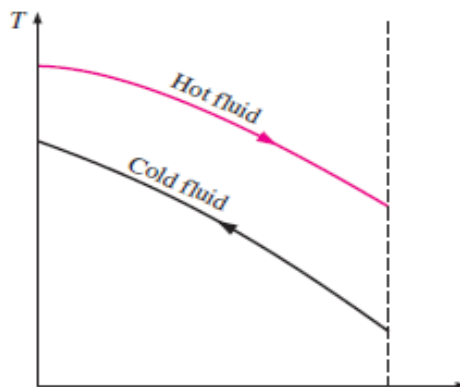
1. Memahami prinsip kerja alat penukar panas (*heat exchanger*) aliran berlawanan
2. Mempelajari pengaruh perubahan *flowrate* fluida panas dan fluida dingin terhadap beberapa parameter pada *heat exchanger* (ΔT_{LM} dan U)
3. Menentukan nilai koefisien transfer panas *overall* pada *heat exchanger* aliran berlawanan

B. Tempat Praktikum

Praktikum ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Pengendalian, dan Simulasi Proses, program studi Teknik Kimia.

C. Dasar Teori

Heat exchanger aliran berlawanan (*counter flow* atau *counter-current*) merupakan alat penukar panas dimana fluida panas dan fluida dingin masuk pada ujung yang berbeda, kemudian mengalir pada arah yang berlawanan. Profil temperatur untuk *heat exchanger* aliran berlawanan dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1 Profil temperatur pada *heat exchanger* aliran berlawanan (Çengel, 2003)

Pada *heat exchanger* aliran berlawanan, fluida panas dan dingin masuk dari arah yang berbeda. Dalam hal ini, suhu keluar fluida dingin dapat melebihi suhu keluar fluida panas. Meskipun demikian, suhu keluar fluida dingin tidak dapat melebihi suhu masuk fluida panas.

Heat exchanger umumnya melibatkan dua fluida yang mengalir, dan dipisahkan oleh dinding berupa material tertentu. Panas ditransfer dari fluida panas ke dinding secara konveksi, kemudian melewati dinding secara konduksi, dan dari dinding ke fluida dingin secara konveksi. Pada analisis *heat exchanger*, digunakan koefisien transfer panas *overall* untuk memperhitungkan seluruh mekanisme tersebut pada proses transfer panas yang terjadi.

Laju transfer panas yang terjadi antara dua fluida dipengaruhi oleh besarnya selisih temperatur yang bervariasi di sepanjang *heat exchanger*. Dalam analisisnya, perbedaan temperatur tersebut dinyatakan dalam *log mean temperature difference* (ΔT_{LM}), yang merupakan perbedaan suhu rata-rata ekuivalen antara dua fluida di seluruh bagian *heat exchanger*.

Untuk suhu *inlet* dan *outlet* yang sama, ΔT_{LM} pada *counter flow heat exchanger* selalu lebih besar dibanding *parallel flow*. Oleh karena itu, luas permukaan yang diperlukan untuk mencapai laju transfer panas tertentu akan lebih kecil (Incropera & Incropera, 2007), atau dengan kata lain dibutuhkan *heat exchanger* yang lebih kecil.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Satu set shell-and-tube heat exchanger
- b. Pemanas (heater)
- c. Fuse box
- d. Selang air

2. Bahan

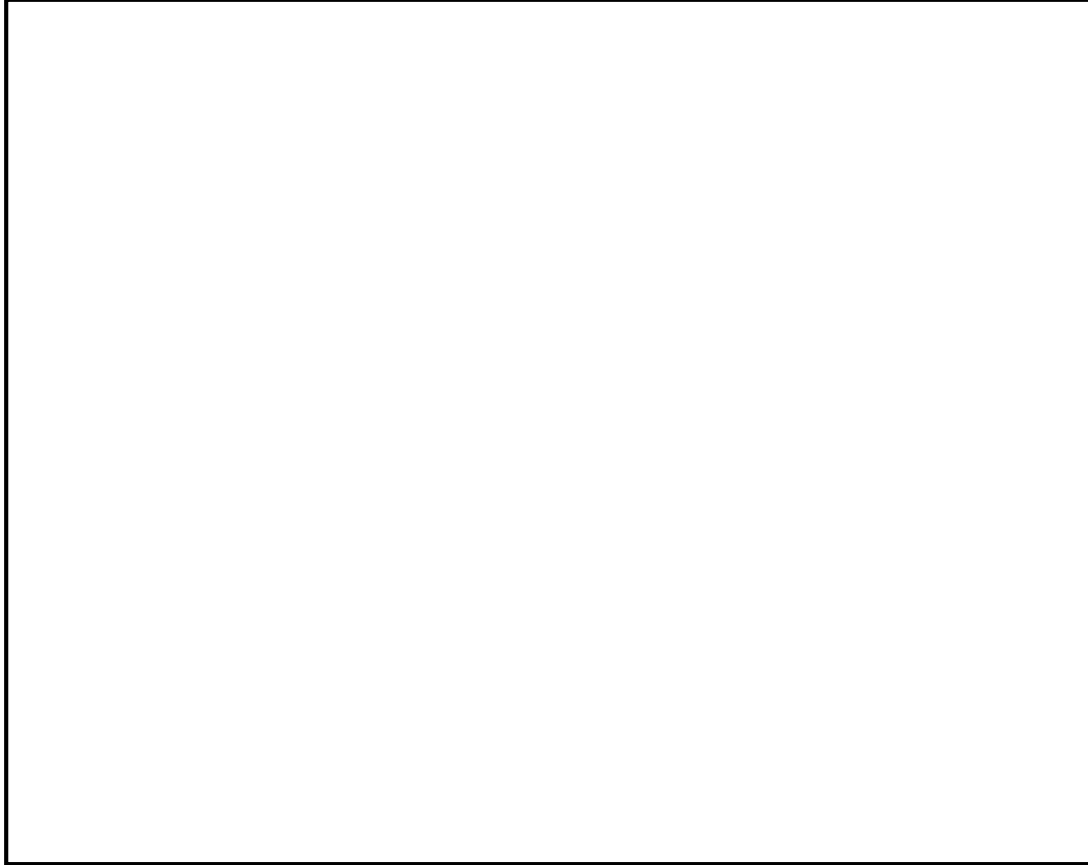
Air

E. Prosedur Kerja

1. Isi *shell* dengan air dari bagian kanan sambil sesekali membuka *valve bubble release*
2. Setelah *shell* terisi penuh, tutup aliran air
3. Cek air di dalam *heater*, jika *heater* kosong maka *heater* diisi dengan cara membuka kran di bawah *heater* yang tersambung dengan sumber air
4. Jika air di dalam *heater* sudah *overflow*, maka *tube* akan terisi lalu matikan kran dan buka *valve bubble release*
5. Isi *tube* sampai penuh, kemudian tutup kembali *valve bubble release*
6. Sirkulasikan air di bagian *tube* dengan cara menghidupkan pompa dan mengatur *flowrate*-nya melalui *valve* saluran fluida panas
7. Nyalakan *heater*, atur kecepatan pemanasan dan tunggu beberapa saat sampai tercapai suhu yang diinginkan. Dalam kondisi ini, pastikan tidak ada aliran air yang melalui *shell*
8. Ketika suhu air panas sudah tercapai, nyalakan aliran air yang melalui *shell*. Tetapkan *flowrate* fluida dingin dengan cara mengatur kran pada sumber air
9. Buka *valve inlet* dan *valve overflow* pada *shell* saat proses transfer panas sedang berlangsung
10. Pengamatan dimulai, dan lakukan pencatatan suhu pada bagian *inlet* dan *outlet* fluida panas dan fluida dingin setiap 5 menit
11. Pengamatan dilakukan hingga diperoleh data temperatur yang konstan
12. Ulangi percobaan untuk variasi *flowrate* yang lain
13. Hitunglah koefisien perpindahan panas *overall* berdasarkan data-data yang tersedia

F. Diagram Alir

Praktikan wajib membuat diagram alir percobaan berdasarkan prosedur kerja di atas.

**G. Data Percobaan**

Diameter luar *tube* = m

Panjang *tube* = m

Jumlah *tube* = m

Tabel 7.1 Data pengamatan pada *heat exchanger* aliran berlawanan

Waktu (menit)	<i>Tube side</i>			<i>Shell side</i>		
	F (kg/s)	T_i (°C)	T_o (°C)	F (kg/s)	T_i (°C)	T_o (°C)
5						
10						
15						
20						
25						
30						
.....						
dst						
Rata-rata						

Keterangan:

F = laju alir massa air

T_i = suhu air masuk *shell* atau *tube*

T_o = suhu air keluar *shell* atau *tube*

H. Analisis Data

1. Menghitung jumlah panas yang ditransfer

$$Q = F_h \cdot c_{p,h} \cdot \Delta T_h$$

dengan

$$\Delta T_h = T_{i,h} - T_{o,h}$$

Keterangan:

Q = jumlah panas yang ditransfer (J)

F_h = flowrate fluida panas (kg/s)

$c_{p,h}$ = kapasitas kalor fluida panas (J/kg.°C)

ΔT_h = selisih temperatur fluida panas

$T_{i,h}$ = suhu masuk fluida panas (°C)

$T_{o,h}$ = suhu keluar fluida panas (°C)

2. Menghitung Log Mean Temperature Difference (ΔT_{LM})

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{i,h} - T_{o,c}) - (T_{o,h} - T_{i,c})}{\ln \frac{(T_{i,h} - T_{o,c})}{(T_{o,h} - T_{i,c})}}$$

Keterangan:

$T_{i,c}$ = suhu masuk fluida dingin (°C)

$T_{o,c}$ = suhu keluar fluida dingin (°C)

3. Menentukan koefisien transfer panas overall

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T_{LM}}$$

dengan

$$A = \pi \times OD_t \times L \times n_t$$

Keterangan:

U = koefisien transfer panas overall (W/m².°C)

A = luas permukaan transfer panas (m²)

OD_t = diameter luar tube (m)

L = panjang tube (m)

n_t = jumlah tube

Nilai U rata-rata untuk tiap variasi percobaan dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_{rata-rata} = \frac{\sum U}{n}$$

Keterangan:

$\sum U$ = jumlah seluruh nilai koefisien transfer panas *overall*

n = jumlah data

I. Referensi

Çengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: a practical approach* (2nd ed). McGraw-Hill.

Incropera, F. P., & Incropera, F. P. (Eds.). (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed). John Wiley.

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER
(RPS)

Program Studi	: Teknik Kimia S-1	Matakuliah / Kode	: Praktikum Operasi Teknik Kimia 1 / TKM0371
Prasyarat	: -	Sks	: 1 Sks
Semester	: V	Kurikulum	: KKNi
Deskripsi Matakuliah	: Mata kuliah ini merupakan mata kuliah praktikum pada program studi Teknik Kimia yang mempelajari tentang pengenalan alat praktikum operasi teknik kimia, pengeringan, <i>mixing</i> , <i>size reduction</i> , sedimentasi, <i>heat exchanger</i> aliran searah, dan <i>heat exchanger</i> aliran berlawanan	Capaian Pembelajaran	: Setelah menyelesaikan mata kuliah ini mahasiswa mampu mengoperasikan unit proses operasi teknik kimia pada skala laboratorium, serta mampu menganalisis hal-hal yang terkait dengan satuan operasi (<i>unit operation</i>) berdasarkan data percobaan yang diperoleh
Penyusun	: Rifkah Akmalina, S.T., M.T.		

PERTEMUAN KE-	KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN	POKOK BAHASAN	METODE PEMBELAJARAN	PENGALAMAN BELAJAR	KRITERIA PENILAIAN	BOBOT NILAI
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	1. Mampu memahami satuan operasi (<i>unit operation</i>) secara umum 2. Mampu memahami prinsip kerja peralatan atau unit proses operasi teknik kimia pada skala laboratorium	Pengenalan Alat Praktikum Operasi Teknik Kimia	Ceramah, diskusi dan simulasi alat	Mahasiswa mempelajari prinsip alat operasi teknik kimia dan membuat laporan	Keaktifan mahasiswa dalam diskusi dan tanya jawab	10%
2	1. Mampu menganalisis hubungan antara kandungan air dalam bahan dengan waktu pengeringan	Pengeringan	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan	15%

	2. Mampu menganalisis hubungan antara laju pengeringan dengan waktu pengeringan 3. Mampu menganalisis hubungan antara laju pengeringan dengan kandungan air dalam bahan				kelengkapan laporan praktikum	
3	1. Mampu menghitung bilangan Reynolds (N_{Re}), bilangan Power (N_p), dan bilangan Froude (N_{Fr}) dari proses pencampuran (<i>mixing</i>) 2. Mampu menghitung kebutuhan daya (<i>power</i>) pengadukan	<i>Mixing</i>	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan kelengkapan laporan praktikum	15%

4	1. Mampu memahami prinsip pengecilan ukuran pada suatu bahan 2. Mampu menentukan distribusi ukuran partikel dari suatu bahan 3. Mampu menentukan nilai <i>reduction ratio</i> dari proses pengecilan ukuran suatu bahan	<i>Size Reduction</i>	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan kelengkapan laporan praktikum	15%
5	1. Mampu memahami prinsip dari proses sedimentasi 2. Mampu menganalisis hubungan antara tinggi permukaan suspensi dengan waktu pengendapan	Sedimentasi	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan kelengkapan	15%

	3. Mampu menentukan kecepatan sedimentasi pada berbagai konsentrasi CaCO_3 dalam air				laporan praktikum	
6	1. Mampu memahami prinsip kerja alat penukar panas (<i>heat exchanger</i>) aliran searah 2. Mampu menganalisis pengaruh perubahan <i>flowrate</i> fluida panas dan fluida dingin terhadap beberapa parameter pada <i>heat exchanger</i> (ΔT_{LM} dan U) 3. Mampu menentukan nilai koefisien transfer panas <i>overall</i> pada	Heat Exchanger Aliran Searah	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan kelengkapan laporan praktikum	15%

	<i>heat exchanger</i> aliran searah					
7	1. Mampu memahami prinsip kerja alat penukar panas (<i>heat exchanger</i>) aliran berlawanan 2. Mampu menganalisis pengaruh perubahan <i>flowrate</i> fluida panas dan fluida dingin terhadap beberapa parameter pada <i>heat exchanger</i> (ΔT_{LM} dan U) 3. Mampu menentukan nilai koefisien transfer panas <i>overall</i> pada <i>heat exchanger</i> aliran berlawanan	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan	Praktik dan diskusi	Mahasiswa melakukan percobaan dan membuat laporan	Ketepatan dalam melakukan percobaan sesuai prosedur dan kelengkapan laporan praktikum	15%

Referensi:

Brown, G. G. (2005). *Unit operations*. Cbs Publishers & Distributor.

Çengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: a practical approach* (2nd ed). McGraw-Hill.

Coulson, J. M., Richardson, J. F., & Coulson, J. M. (1996). *Coulson & Richardson's chemical engineering*. Butterworth-Heinemann.

Foust, A. S. (1980). *Principles of unit operations* (2d ed). New York. Wiley.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport processes and unit operations* (3. ed). Prentice-Hall International.

Holman, J. P. (1986). *Heat transfer* (6th ed). McGraw-Hill Book Co.

Incropera, F. P., & Incropera, F. P. (Eds.). (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed). John Wiley.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit operations of chemical engineering*. McGraw-Hill.

Ketua Program Studi

Ir. Wiwik Indrawati, M.Pd.
NIDN. 0429036203

Tangerang Selatan, 22 Juli 2022
Penyusun

Rifkah Akmalina, S.T., M.T.
NIDN. 0418079201