

**PANDUAN PRAKTIKUM
OPERASI TEKNIK KIMIA
(TKK-4127)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

TATA TERTIB PRAKTIKUM

A. PRAKTIKAN

1. Praktikan wajib membaca dan mematuhi segala ketentuan yang terkait dengan pelaksanaan praktikum sebelum masuk ke laboratorium.
2. Sebelum praktikum, praktikan wajib mengikuti tes awal dengan asisten maksimal 1 hari sebelum praktikum. Praktikan pada saat tes awal wajib mengumpulkan **Proposal Praktikum**.
3. Pada akhir praktikum, masing-masing grup mengumpulkan **Laporan sementara** sesuai format ke koordinator asisten.
4. Pada saat di laboratorium, praktikan wajib mengenakan jas laboratorium, sarung tangan, masker dan sepatu tertutup.
5. Praktikan wajib hadir maksimal 10 menit sebelum praktikum dimulai.
6. Laporan Praktikum.
 - Laporan Akhir Praktikum dibuat oleh masing-masing praktikan sesuai dengan **Format Laporan Praktikum** yang telah ditentukan dan didasarkan pada data Laporan Sementara yang wajib dilampirkan.
 - Laporan Akhir Praktikum dikumpulkan pada praktikum berikutnya dan dinilai oleh asisten paling lambat selama satu minggu.
 - a. Apabila terlambat satu hari, dikenakan sanksi pengurangan nilai laporan sebesar 20%, dua hari 50%, 3 hari tanpa nilai.
 - b. Nilai asisten selama satu semester direkap dan diserahkan kepada dosen penanggung jawab praktikum sesuai format dan menyerahkan *softcopy*-nya dalam format excel.
7. Peminjaman dan pengembalian alat-alat praktikum dilakukan sesuai ketentuan laboratorium. Apabila terjadi kerusakan alat atau bahan yang terbuang, wajib diganti oleh praktikan dengan alat/bahan yang sama.
8. Sebelum meninggalkan laboratorium, praktikan harus membersihkan serta merapikan meja kerja, alat-alat praktikum dan bahan praktikum.
9. Meninggalkan tempat praktikum harus seijin asisten (maksimal 1x15 menit).
10. Ketidakhadiran karena sakit harus menyerahkan surat keterangan dokter disertai detail penyakitnya dan percobaannya dapat dilakukan di luar jadwal praktikum dengan persetujuan dari dosen pembimbing.

11. Ketidakhadiran karena kegiatan akademik dan non-akademik, wajib menyerahkan bukti dokumen resmi dan percobaannya dapat dilakukan di luar jadwal praktikum dengan persetujuan dari dosen pembimbing.
12. Ketidakhadiran karena urusan keluarga, wajib menyerahkan surat keterangan yang sah dan Kartu Keluarga.
13. Praktikan wajib melaksanakan seluruh modul praktikum.

B. ASISTEN

1. Asisten wajib mengikuti pelatihan asisten dan membaca serta mematuhi ketentuan tata tertib laboratorium dan praktikum.
2. Asisten wajib memberikan tes awal. Asisten menyiapkan materi dan menilai hasil dengan konsultasi intensif pada dosen penanggung jawab praktikum.
3. Asisten yang tidak hadir, tugas dan kewajibannya dapat digantikan oleh PLP dan atau asisten yang lainnya.
 - Ketidakhadiran karena sakit harus menyerahkan surat keterangan dokter disertai detail penyakitnya.
 - Ketidakhadiran karena kegiatan akademik dan non-akademik, wajib menyerahkan bukti dokumen resmi.
 - Ketidakhadiran karena urusan keluarga, wajib menyerahkan surat keterangan yang sah dan Kartu Keluarga.

Ketidakhadiran lebih dari 20% tidak mendapatkan sertifikat asisten.

4. Selama pelaksanaan praktikum, asisten wajib memberikan pendampingan kepada praktikan selama praktikum berlangsung. Asisten dilarang meninggalkan laboratorium selama praktikum berlangsung tanpa alasan yang jelas.
5. Setelah praktikum selesai
 - a. Asisten memberikan *approval* pada laporan sementara.
 - b. Asisten memeriksa peralatan yang telah digunakan praktikan.
 - c. Asisten merevisi dan menilai laporan akhir praktikan
 - d. Asisten mengumpulkan laporan akhir praktikan hasil revisi ke PLP
6. Asisten wajib mengisi nilai praktikum pada format yang ditentukan dan diserahkan paling lambat 2 minggu setelah praktikum yang bersangkutan berlangsung kepada PLP. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan, maka penilaian akan diberi nilai 70.

C. DISTRIBUSI NILAI

No	Komponen Penilaian (per modul)	Prosentase (%)
1	Tes Tulis	20
2	Praktikum	40
3	Laporan	40
TOTAL		100

Lampiran 2. Format Proposal Praktikum

1. Isi Proposal Praktikum: Cover, Judul, Tujuan, Dasar Teori, Bahan dan Alat, dan Prosedur Kerja
2. Format Proposal Praktikum sesuai format Laporan Akhir

Lampiran 3. Format Laporan Sementara

1. Laporan Sementara di tulis menggunakan bolpoint warna biru
2. Laporan Sementara harus mendapatkan Acc dari asisten

**LAPORAN SEMENTARA
PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA
(TKK-2209)**

Hari/Tanggal Percobaan :

Judul Percobaan :

Group :

Nama Praktikan (NIM) : 1.

2.

3.

Asisten :

Acc Asisten

Lampiran 4. Format Laporan Akhir

1. Laporan Akhir Praktikum ditulis tangan pada folio bergaris menggunakan bolpoint warna biru.
2. Margin: kiri 3 cm, kanan 1 cm, atas-bawah menyesuaikan ukuran kertas folio.
3. Substansi laporan sesuai dengan pengarahan asisten.

A. Cover

LAPORAN AKHIR PRAKTIKUM UNIT OPERASI TEKNIK KIMIA (TKK-2209)	
Group / Hari	:
Nama Praktikan (NIM)	: 1. 2.
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG 2018	

B. Isi

PERCOBAAN 1 JUDUL PERCOBAAN

Hari/Tanggal Percobaan :
Group :

Nama Praktikan (NIM) :
Asisten :

ABSTRAK → Di tulis setelah praktikum

- | | | |
|---|---|----------------------------------|
| I. TUJUAN | } | Ditulis sebelum praktikum |
| II. DASAR TEORI | | |
| III. BAHAN DAN ALAT | | |
| IV. PROSEDUR KERJA | | |
| V. HASIL DAN PEMBAHASAN | } | Ditulis setelah praktikum |
| VI. KESIMPULAN | | |
| VII. DAFTAR PUSTAKA | | |
| VIII. LAMPIRAN (hasil pengamatan, pustaka yang dikutip, dll) | | |

Ketentuan Isi Laporan

1. Abstrak

Ringkasan setidak-tidaknya mengungkapkan tujuan, metode, hasil dan kesimpulan.

2. Tujuan

Tuliskan tujuan praktikum sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan.

3. Dasar Teori

Dasar teori menguraikan teori, temuan, dan bahan referensi lain yang dijadikan landasan untuk melakukan suatu praktikum. Dasar teori dibawa untuk menyusun kerangka atau konsep yang akan digunakan dalam praktikum yang mengacu pada daftar pustaka. Kutipan maupun dasar teori yang digunakan wajib disertakan sumber pustaka dengan menuliskan nama pengarang dan tahun, misalnya: "Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan, 1982).

4. Alat dan Bahan

a. Alat

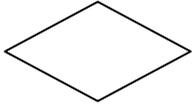
Tuliskan semua alat yang digunakan (tuliskan spesifikasi, ukuran dan jumlah)

b. Bahan

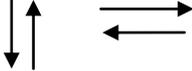
Tuliskan semua bahan yang digunakan beserta spesifikasinya, misalnya konsentrasi.

5. Prosedur Kerja

Buat dalam bentuk diagram alir secara singkat, jelas dan tidak berupa kalimat panjang. Jika menggunakan kata kerja, gunakan bentuk kata kerja pasif. Diagram alir dibuat dengan bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah atau prosedur dalam percobaan yang dibuat secara sederhana, terurai, rapi dan jelas dengan menggunakan simbol- simbol standar.

Bentuk simbol	Keterangan
	<p><u>Simbol proses</u></p> <p>Menyatakan suatu proses atau langkah yang dilakukan dengan suatu alat atau instrument</p> <p>Contoh: diekstrak, dipipet, penimbangan, pengadukan</p>
	<p><u>Simbol keputusan</u></p> <p>Menunjukkan suatu proses tertentu yang akan menghasilkan dua kemungkinan.</p> <p>Contoh: filtrasi menghasilkan filtrat atau endapan</p>
	<p><u>Simbol keying operation</u></p> <p>Menyatakan langkah yang diproses menggunakan instrument.</p> <p>Contoh: diukur absorbansinya dengan spektrometer UV-Vis atau AAS, dianalisis dengan IR, HPLC, GC, dll.</p>
	<p><u>Simbol manual input</u></p> <p>Memasukkan data secara manual menggunakan suatu software.</p> <p>Contoh: Analisis data dengan excel, SPSS, minitab.</p>

Flow Direction Symbols

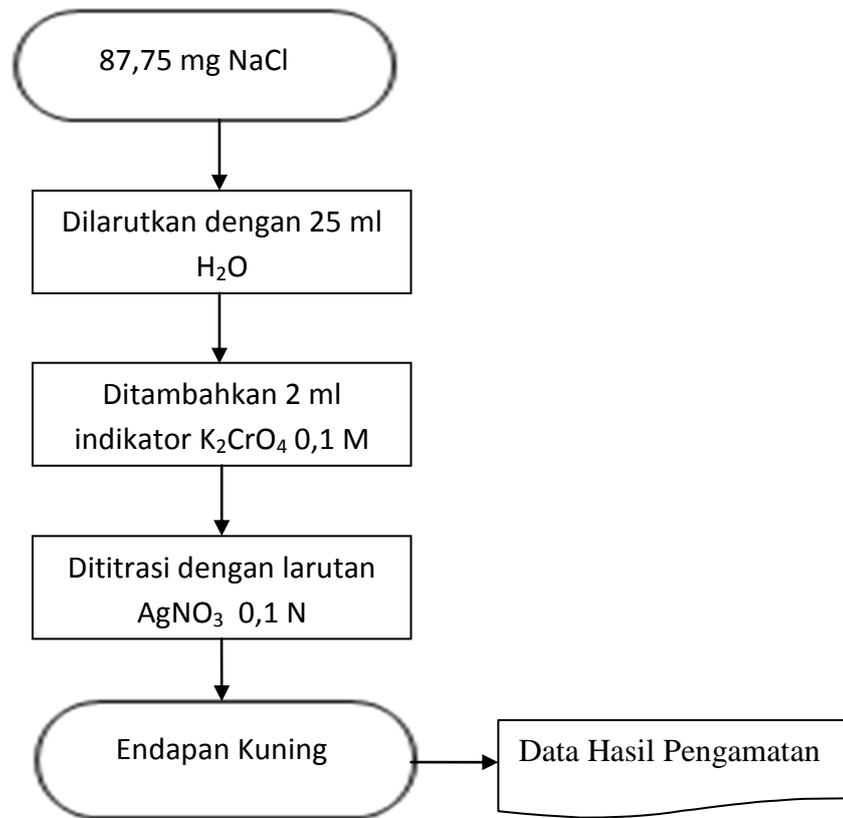
	<p>Simbol arus (<i>flow</i>)</p> <p>Menyatakan jalannya suatu proses atau langkah</p>
---	---

Input/ Output Symbols

	<p>Simbol input/ output</p> <p>Menyatakan proses input atau output tanpa tergantung jenis peralatannya.</p>
	<p>Simbol Dokumen</p> <p>Mencetak keluaran atau hasil dalam bentuk dokumen</p> <p>Contoh: absorbansi, kromatogram, spectra, dll.</p>

Contoh Diagram Alir:

Standarisasi larutan AgNO_3 0,1 N



Pada bab prosedur kerja, sertakan pula gambar rangkaian alat, berupa foto atau gambar.

6. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Pengamatan

Tuliskan semua data setiap langkah yang dilakukan sesuai dengan hasil percobaan. Data pengamatan dapat dibuat dalam bentuk tabel atau kalimat sederhana. Data pengamatan dituliskan sesuai hasil pengamatan pada jurnal praktikum. Penulisan data pengamatan yang baik akan memudahkan dalam penyusunan analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

b. Pembahasan

Menjelaskan semua langkah yang telah dilakukan (bukan berisi cara kerja), hasil dan data yang telah dicapai, dan kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan. Pembahasan ditulis sesuai dengan mengikuti kaidah penulisan kalimat yang baik, yang terdiri dari subyek, predikat, obyek, dan keterangan. Gunakan berbagai sumber referensi sebagai pembanding.

7. Kesimpulan

Kesimpulan berisi jawaban sesuai tujuan percobaan yang ditulis dalam kalimat sederhana.

8. Daftar Pustaka

Tuliskan semua referensi yang digunakan sesuai dengan ketentuan penulisan pustaka. Tidak diperbolehkan mengambil pustaka dari blog.

Contoh penulisan daftar pustaka:

Castellan, Gilbert William. 1982. *Physical Chemistry* 3rd edition. Menlo Park, Calif. Benjamin-Cummings.

Mitchel, W. J. 1995. *City of Bits: Space, Place and the Infobahn*. Cambridge: MIT Press. [http://www.mitpress.mitpress.mit.edu:80/City of Bits/Pulling Glass/Index.html](http://www.mitpress.mitpress.mit.edu:80/City%20of%20Bits/Pulling%20Glass/Index.html). (diakses 1 Agustus 2013).

9. Lampiran

Laporan harus dilampiri laporan sementara yang telah disetujui oleh asisten, pustaka dan lampiran pendukung lain jika diperlukan.

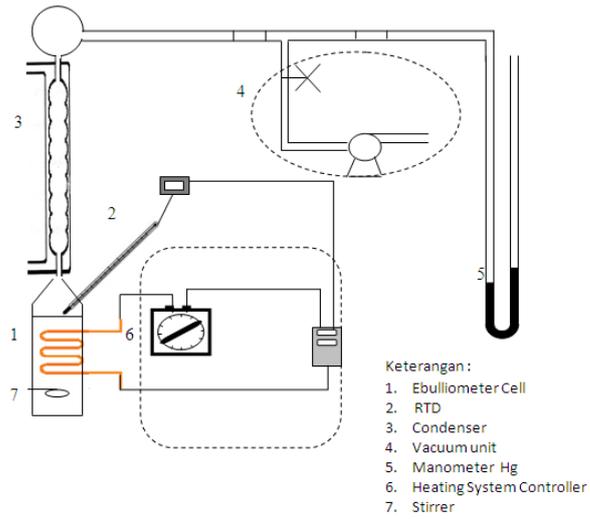
10. Penulisan Tabel dan Gambar

Contoh penulisan tabel dan gambar adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Sifat fisik dimethyl ether

Sifat Fisik	Nilai
Titik didih, °C	-25
Titik kritis, °C	239,43
Densitas, g/cm ³ pada 20°C	0,67
Viskositas, kg/m.s pada 25°C	0,12-0,15
<i>Specific gravity</i>	1,59
Tekanan uap, MPa pada 25°C	0,61
<i>Cetane number</i>	55-60
<i>Net Calorific Value</i> , kcal/kg	6900

Sumber: Geankoplis, 2004



Gambar 3.1. Diagram skematik ebulliometer (Marshall dkk., 2004)

MODUL 1

SEDIMENTASI

A. Tujuan Percobaan

1. Mahasiswa mengerti dan memahami proses sedimentasi.
2. Mahasiswa dapat melakukan percobaan sedimentasi dengan benar dan aman.
3. Mahasiswa dapat melakukan perhitungan-perhitungan kecepatan pengendapan, konsentrasi endapan, dll dan membandingkan antara perhitungan teoritis dengan hasil praktikum.

B. Teori

Proses sedimentasi padatan dalam lumpur (*slurry*) dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan cara filtrasi, sentrifugasi, *settling* dan sedimentasi. Pada *settling* dan sedimentasi, partikel padat dipisahkan dari fluida/cairannya dengan bantuan gaya gravitasi yang dikenakan pada partikel padatnya, tanpa adanya saringan pemisah, baik berupa filter ataupun *screen*.

Settling dan sedimentasi merupakan metode pemisahan partikel yang mengandalkan gaya gravitasi sebagai gaya dorong partikel agar dapat mengendap. *Settling* adalah istilah/terminologi umum untuk proses pengendapan, dimana partikel yang diendapkan dapat berupa padatan ataupun cairan, sedangkan fluidanya dapat berupa cairan ataupun gas. Sedangkan sedimentasi merujuk pada proses pengendapan, dimana partikel yang diendapkan berupa padatan.

Beberapa proses *settling* dan sedimentasi ditujukan untuk mengambil cairannya (partikel yang mengendap dianggap sebagai kontaminan atau bahan yang kurang berharga), namun pada beberapa proses yang lain, yang diinginkan justru partikel yang mengendap atau padatannya.

Bila suatu partikel berada pada jarak tertentu dari dinding wadah dan partikel yang lain, dimana dinding dan partikel yang lain tersebut (dianggap) tidak berpengaruh terhadap proses jatuhnya partikel dalam fluida, disebut pengendapan bebas (*free settling*). Sedangkan bila jarak antar partikel relatif dekat dan kacau (*crowded*), yang menyebabkan proses pengendapan menjadi terhambat, disebut pengendapan terhambat (*hindered settling*). Dan proses pemisahan lumpur encer atau suspensi dengan pengendapan secara gravitasi disebut sedimentasi, dimana hasilnya berupa fluida bersih (jernih) dan lumpur dengan kandungan padatan tinggi.

Beberapa aplikasi dari proses *settling* dan sedimentasi, antara lain meliputi penghilangan padatan dari cairan buangan air, pengendapan kristal dari cairan induknya (*mother liquor*), pemisahan campuran cair-cair dari hasil proses ekstraksi, pemisahan/pengendapan minyak kedelai dari proses *leaching*.

1. Pengendapan Bebas (*free settling*)

Bila partikel bergerak dalam fluida, beberapa gaya bekerja pada partikel tersebut, yaitu gaya gravitasi yang bekerja menekan kebawah, gaya apung yang bekerja menekan keatas, dan gaya gesek yang bekerja berlawanan arah dengan arah gesekan.

Gaya gravitasi yang bekerja kebawah besarnya :

$$F_g = m g \quad (1)$$

Dimana F_g : gaya gravitasi (N)

m : massa partikel (kg)

g : percepatan gravitasi (m/det²)

Gaya apung yang bekerja keatas besarnya :

$$F_b = \frac{m \rho g}{\rho_p} \quad (2)$$

Dimana F_b : gaya apung (N)

m : massa partikel (kg)

ρ : density fluida (kg/m³)

g : percepatan gravitasi (m/det²)

ρ_p : density partikel (kg/m³)

Sedangkan gaya gesek yang bekerja besarnya :

$$F_D = C_D \frac{v^2}{2} \rho A \quad (3)$$

Dimana F_D : gaya gesek (N)

C_D : koefisien gesek (yang besarnya tergantung N_{Re})

V : kecepatan perpindahan/gerak (m/det)

P : density fluida (kg/m³)

A : luas penampang proyeksi partikel (m²)

Resultan dari ketiga gaya yang bekerja pada partikel tersebut menentukan arah gerak dari partikel, apakah bergerak keatas atau kebawah, dengan percepatan sebesar:

$$m \frac{dv}{dt} = F_g - F_b - F_D \quad (4)$$

Atau

$$m \frac{dV}{dt} = m g - \frac{m \rho g}{\rho_p} - C_D \frac{V^2}{2} \rho A \quad (5)$$

Dari posisi diam pada awal pengendapan, sebenarnya terjadi 2 periode proses jatuh pada partikel, yaitu periode jatuh dengan percepatan (yang berlangsung sangat singkat) dan periode jatuh dengan kecepatan konstan, yang disebut dengan kecepatan pengendapan bebas (*free settling velocity*) atau kecepatan terminal (*terminal velocity*), kemudian diikuti dengan kecepatan pengendapan terhambat (*hindered settling velocity*) sampai pengendapan berlangsung sempurna.

Besarnya kecepatan terminal diturunkan dari persamaan (5) dengan harga $\frac{dV}{dt} = 0$, sehingga

$$V_t = \frac{2 g (\rho_p - \rho) m}{A \rho_p C_D \rho} \quad (6)$$

Dimana V_t : kecepatan terminal (m/det)

Untuk partikel berbentuk bola, $m = \pi D_p^3 \rho_p / 6$ dan $A = 1/4 \pi D_p^2$, maka kecepatan terminalnya menjadi

$$V_t = \frac{4 (\rho_p - \rho) g D_p}{3 C_D \rho} \quad (7)$$

Dimana D_p : diameter partikel (m)

Untuk mendapatkan harga koefisien gesek, bila alirannya laminar ($N_{Re} < 1$), maka besarnya koefisien gesek adalah

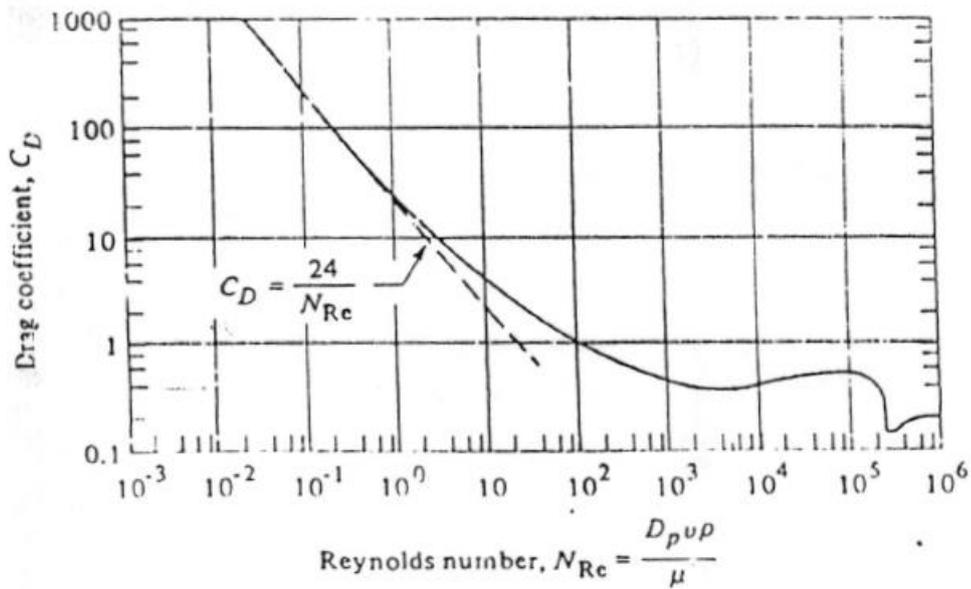
$$C_D = \frac{24}{C_D V \rho / \mu} = (1 + x)^n = \frac{24}{N_{Re}} \quad (8)$$

Dimana μ : viskositas fluida (Pa.det)

Sehingga persamaan (7) menjadi

$$V_t = \frac{g D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18 \mu} \quad (9)$$

Untuk aliran turbulen ($N_{Re} > 1$), digunakan persamaan (7) dengan koefisien gesek didapat secara empiris, seperti tercantum pada gambar grafik sebagai berikut.



Gambar 1.1 Koefisien gesek untuk bola padat

2. Pengendapan Terhambat (*hindered settling*)

Pengendapan dimana jumlah partikelnya cukup besar dan saling berpengaruh dalam pengendapan disebut pengendapan terhambat (*hindered settling*). Pada kasus ini gradien kecepatan pengendapan partikel dipengaruhi oleh kecepatan partikel lainnya, sehingga kecepatan pengendapan keseluruhan menjadi lebih lambat. Disamping itu, karena jumlah partikel yang bergerak (turun) lebih banyak, maka cairan yang terangkat (terdesak) ke atas juga cukup banyak, dan ini juga menghambat kecepatan turun partikel.

Pada *hindered settling* gaya gesek yang terjadi lebih besar karena intervensi antar partikel, maka viskositas efektif campuran dan *bulk density slurry* perlu diberi faktor koreksi, sehingga untuk aliran laminar berlaku

$$V_t = \frac{g D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18 \mu} (\varepsilon^2 \psi_p) \quad (10)$$

Dimana ε : fraksi volume slurry

ψ_p : faktor koreksi empiris, yang besarnya:

$$\psi_p = \frac{1}{10^{1.82(1-\varepsilon)}} \quad (11)$$

Sedangkan untuk aliran turbulen, tetap digunakan persamaan (7) dan harga koefisien gesek seperti pada grafik diatas, tetapi perhitungan N_{Re} nya seperti rumus dibawah

$$N_{Re\varepsilon} = \frac{D_p V_t \rho_m}{\mu_m \varepsilon} = \frac{D_p^3 g (\rho_p - \rho) \rho_m \varepsilon \psi_p^2}{18 \mu^2} \quad (12)$$

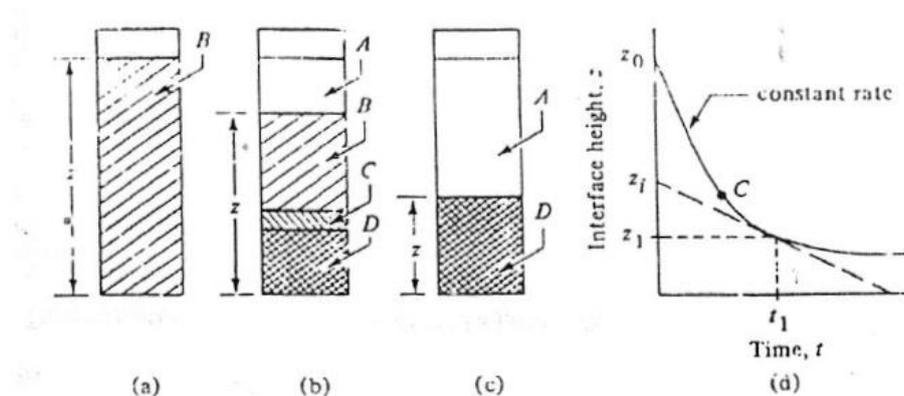
Dimana ρ_m : bulk density campuran (kg/m^3)

μ_m : viskositas efektif campuran (Pa.det) yang besarnya;

$$\mu_m = \mu / \phi_p \quad (13)$$

3. Mekanisme dan Pengukuran Kecepatan Sedimentasi

Bila lumpur (*slurry*) encer diendapkan secara gravitasi menjadi cairan jernih dan lumpur dengan konsentrasi padatan tinggi, proses ini disebut sedimentasi atau kadang-kadang disebut *thickening*. Untuk menggambarkan mekanisme dan metode pengukuran kecepatan pengendapan secara praktek, dibuat percobaan seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1.2 Skema proses sedimentasi secara *batch* vs. waktu

Pada awalnya semua partikel jatuh secara bebas (*free settling*) dalam zona suspensi B. Beberapa saat kemudian partikel-partikel di zona suspensi B akan terbagi menjadi zona A yang merupakan cairan jernih, zona B yang masih merupakan suspensi, zona C yang merupakan zona transisi antara suspensi B dengan zona D, dan zona D sendiri yang merupakan zona endapan partikel dibagian bawah bejana. Pada akhir proses, yang tinggal hanya cairan jernih (zona A) yang terpisah secara nyata dengan lumpur dengan konsentrasi padatan tinggi (zona D).

Dari plot antara ketinggian *interface* (z) versus waktu (t) pada gambar diatas, maka dapat dihitung kecepatan pengendapan pada waktu $t = t_1$ sbb.

$$V_1 = \frac{z_i - z_1}{t_1 - 0} \quad (14)$$

dan konsentrasi rata-rata suspensi:

$$c_1 = \frac{z_0}{z_i} c_0 \quad (15)$$

Dimana c_0 : konsentrasi awal suspensi.

Pada waktu proses pengendapan sedang berlangsung, secara visual agak sulit mengamati *interface* antara zona satu dengan lainnya. Sedangkan pada akhir proses, *interface* antara zona A dan zona D mudah diamati. Padahal yang sangat penting diamati dan nantinya dipakai untuk perhitungan kecepatan pengendapan dan perhitungan konsentrasi suspensi adalah *interface* antara cairan jernih (zona A) dan suspensi (zona B). Untuk itu didalam pengamatan perlu dicari kiat-kiat tertentu sehingga *interface* zona A dan zona B dapat teramati.

C. Alat & Bahan

1. Alat :

- a. Gelas ukur 1000 ml
- b. *Stopwatch*
- c. Ayakan
- d. Timbangan
- e. Kaca pengaduk
- f. Termometer
- g. Piknometer

2. Bahan :

- a. Kapur
- b. Air
- c. Tawas

D. Prosedur Percobaan

1. Ayak kapur kering secukupnya dan catat diameter rata-ratanya.
2. Buat suspensi campuran kapur dan air dengan proporsi (konsentrasi);
 - a. 15% berat tanpa tawas
 - b. 20% berat tanpa tawas
 - c. 15% berat dengan tawas 2% berat
 - d. 20% berat dengan tawas 2% berat
3. Masing-masing campuran masukkan dalam gelas ukur, aduk sebentar dan diamkan. Catat ketinggian awal suspensi.
4. Amati dan catat ketinggian *interface* antara cairan jernih dan suspensi tiap selang waktu tertentu. (Awalnya cukup singkat, misalnya tiap 1 menit, lama kelamaan lebih lambat, misalnya 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 30 menit).

- Amati terus sampai proses sedimentasi selesai, yaitu ketinggian *interface* tidak berubah dan batas antara cairan jernih dan lumpur padat sangat nyata (± 1 jam).

E. Keselamatan Kerja

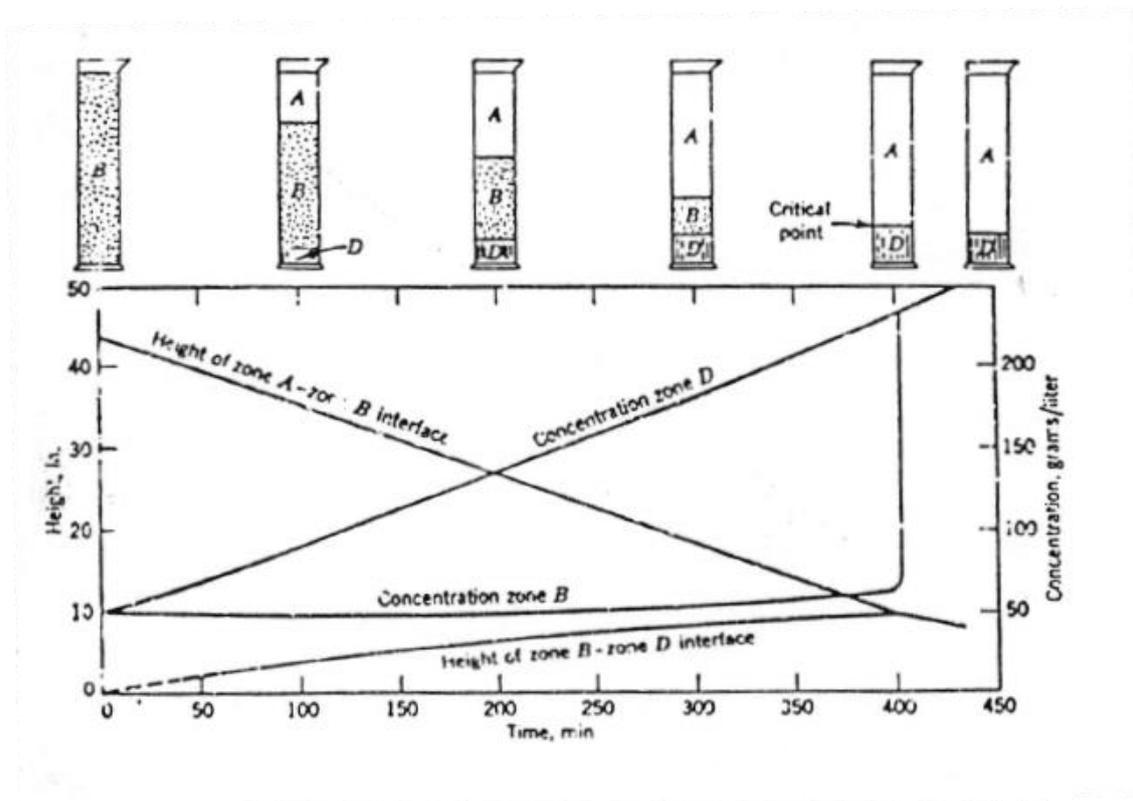
- Hati-hati pada waktu mengayak kapur, banyak debu kapur beterbangan, hindari mengenai mata.
- Hati-hati menuang dan mengaduk suspensi, peralatan dari gelas mudah pecah.

F. Gambar Alat

Tidak dicantumkan.

G. Tugas

- Buat grafik plot ketinggian *interface* versus waktu.
- Hitung kecepatan terminal pada *free settling* secara teoritis dan bandingkan dengan perhitungan dari hasil percobaan.
- Hitung kecepatan terminal pada *hindered settling* secara teoritis dan praktek, dan bandingkan hasilnya.
- Buat kurva plot konsentrasi rata-rata suspensi versus waktu dan hitung konsentrasi lumpur akhir proses.
- Lampiran grafik hubungan antara ketinggian *interface* dan konsentrasi suspensi terhadap waktu sedimentasi.



H. Pustaka

Badge & Banchemo, *Introduction to Chemical Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1985

Brown, *Unit Operations*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1975.

Coulson & Richardson, *Chemical Engineering*, Vol. 2, 4th edition, Pergamon Press, Oxford, 1991

Geankoplis, Christie, *Transport Process and Unit Operations*, 3rd edition, Allyn & Bacon, London, 1985.

MODUL 2

TEKNOLOGI MEMBRAN

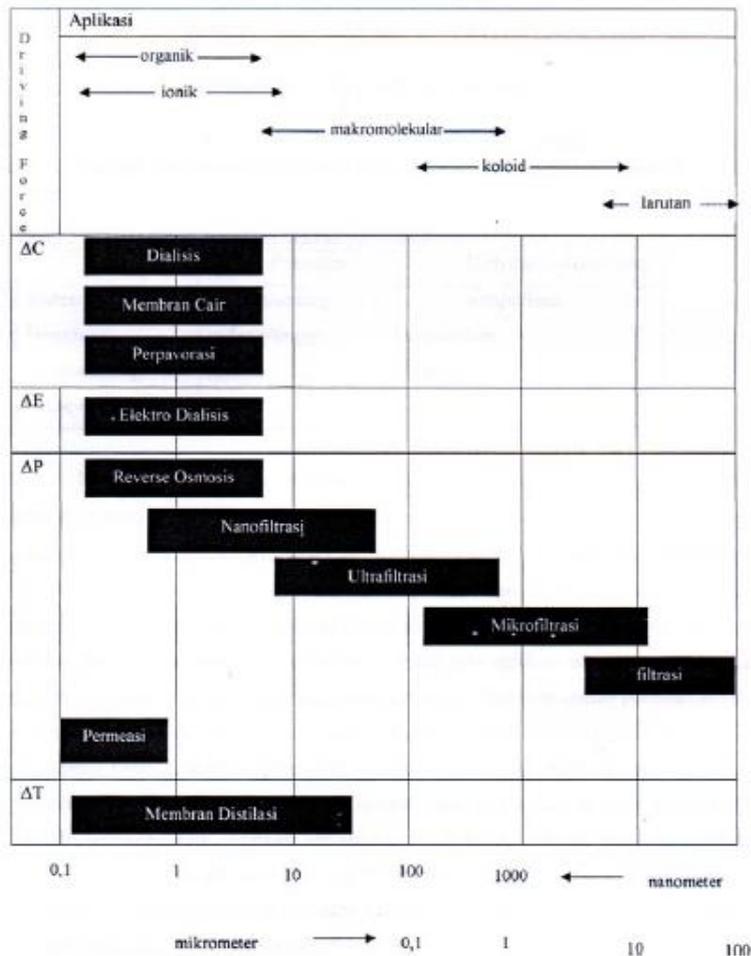
A. Tujuan Percobaan

1. Mahasiswa mengerti prinsip-prinsip pemisahan menggunakan membran dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Mahasiswa dapat melakukan percobaan mikrofiltrasi menggunakan membran polipropilen.
3. Mahasiswa dapat melakukan perhitungan-perhitungan permeabilitas dan permselektivitas membran.

B. Teori

Membran merupakan lapisan tipis antara dua fasa fluida yang bersifat penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Mulder, 1996). Membran memiliki ketebalan yang berbeda-beda, ada yang tebal dan ada juga yang tipis. Struktur membran bisa homogen atau heterogen. Ditinjau dari bahannya, membran terdiri dari bahan alami atau bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam, misalnya pulp dan kapas. Sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer.

Perpindahan melalui membran dapat terjadi dengan adanya gaya dorong (*driving force*). Gaya dorong dapat berupa gradien tekanan, konsentrasi, potensial listrik atau temperatur. Proses membran dengan gaya dorong tekanan dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran pori membran, antara lain: mikrofiltrasi (0,1–5 μm), ultrafiltrasi (1–100 nm), nanofiltrasi (0,5–10 nm), dan reverse osmosis (< 0,5 nm) (Cui dkk., 2010). Klasifikasi membran berdasarkan ukuran pori atau diameter dan gaya dorongnya dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Rentang aplikasi membran

Teknologi membran saat ini mengalami peningkatan yang signifikan karena pemisahan dengan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah sederhana dalam proses operasionalnya, dapat berlangsung pada suhu kamar, sifatnya tidak destruktif, dan dapat diregenerasi kembali sehingga pemisahan menggunakan teknologi membran dapat dikategorikan sebagai *clean technology*. Banyak industri yang telah menggunakan proses pemisahan berbasis membran. Membran mikrofiltrasi banyak diaplikasikan untuk proses sterilisasi obat-obatan dan produksi minuman, klarifikasi ekstrak jus, pemrosesan air ultramurni pada industri semi konduktor, *metal recovery*, dan sebagainya.

Material membran yang paling umum adalah polimer. Untuk material membran mikropori, polipropilen (PP) merupakan salah satu polimer yang paling banyak digunakan karena memiliki kelebihan dalam hal stabilitas kimia, resistensi kimia, kekuatan mekanik, dan biaya yang murah sehingga pengembangan membran PP telah banyak dikaji untuk aplikasinya yang sangat luas (Himma dkk., 2016), termasuk untuk klarifikasi jus buah (Girard dkk., 2000; Ilame dan Singh, 2015).

Filtrasi berbasis membran dapat dijalankan dengan model aliran: *dead-end* atau *cross-flow*. Model *cross-flow* dapat mengontrol polarisasi konsentrasi secara efektif sehingga fluks yang tinggi dapat dipertahankan (Geankoplis, 2003). Kinerja membran dipengaruhi oleh ukuran molekul yang akan dipisahkan, karakteristik larutan, bahan membran, dan parameter operasional (tekanan, suhu, konsentrasi, pH, *ion strength*, polarisasi). Salah satu pengujian karakteristik dari suatu teknologi membran pada proses pemisahan adalah fluks. Larutan umpan dialirkan ke bejana yang berisi membran semipermeabel, dengan memberikan tekanan. Ini merupakan proses fisis yang memisahkan zat terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilalui pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (rejeksi), juga praktis untuk menghilangkan zat organik. Kontaminan lainnya seperti koloid akan tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring (*sieve*) molekul BM nominal. Beberapa parameter utama dalam proses pemisahan menggunakan membran yaitu permeabilitas dan permselektivitas.

Permeabilitas

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai (Mulder, 1996):

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (2.1)$$

Dimana

J = Fluks ($l/m^2 \cdot jam$)

V = Volume permeat (ml)

A = Luas permukaan membran (m^2)

t = Waktu (jam)

Pengaruh ΔP terhadap nilai fluks dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan Hagen–Poissuille (Porter, 1990):

$$J = \frac{\varepsilon D^2 \Delta P}{32 \mu L} \quad (2.2)$$

Dimana ε adalah porositas membran, ΔP adalah perbedaan tekanan, L adalah panjang pori, dan μ adalah viskositas.

Fluks akan menurun sejalan dengan waktu akibat adanya polarisasi konsentrasi, *fouling* dan *scaling*. Oleh karena itu, secara berkala dilakukan pencucian dengan air, ataupun dengan zat kimia (*chemical washing*) seperti NaOH, Na acetat atau asam sitrat untuk mengatasi *fouling* yang terjadi.

Permselektivitas

Permselektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permselektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

C. Alat dan Bahan

1. Alat :

- a. Timbangan
- b. Gelas Beaker
- c. Blender
- d. Saringan jus
- e. Membran PP 0,22 μm
- f. Satu set rangkaian alat filtrasi (terdiri dari: *housing* membran, tangki umpan, tangki permeat, tangki retentat, pompa, selang/pipa dan sambungan, *pressure gauge*, *valve*)
- g. Gelas ukur
- h. *Stopwatch*
- i. Turbidimeter

2. Bahan :

- a. Buah naga merah
- b. Air

D. Prosedur Percobaan

1. Persiapan jus buah
 - a. Timbang 100 gram daging buah naga (dapat divariasikan) dan kemudian potong menjadi beberapa bagian.
 - b. Hancurkan dan campurkan potongan buah dalam 1000 ml air dengan menggunakan mesin *bender*.
 - c. Tuang jus buah naga tanpa ampas ke dalam gelas beaker dengan cara memasang saringan pada mulut gelas beaker tersebut. Jus tanpa ampas (yang lolos saringan sebagai filtrat) ini yang akan digunakan sebagai larutan umpan pada proses mikrofiltrasi.
2. Menentukan fluks air
 - a. Letakkan membran PP dalam *housing* membran dan susun dengan konfigurasi *dead-end*.
 - b. Alirkan air melalui membran dengan tekanan operasi 1 bar. Tampung permeat yang dihasilkan.
 - c. Catat volume permeat tiap selang waktu tertentu. Hitung fluks air.
3. Proses mikrofiltrasi jus buah naga dengan membran PP
 1. Letakkan membran PP dalam *housing* membran dan susun dengan konfigurasi *dead-end*.
 2. Alirkan larutan sampel (jus buah naga) melalui membran pada tekanan operasi 1 bar dengan menggunakan pompa. Tampung permeat yang dihasilkan.
 3. Amati dan catat volume permeat tiap selang waktu tertentu. (5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit). Hitung fluks permeat.
 4. Ukur kekeruhan larutan umpan, permeat, dan retentat dengan menggunakan turbidimeter. Hitung % rejeksi kekeruhan.
 5. Lakukan percobaan untuk larutan umpan dengan konsentrasi yang berbeda (50 g dan 75 g daging buah naga dalam 1000 ml air).
 6. Lakukan percobaan pada tekanan operasi yang berbeda (*gauge pressure* 0,25; 0,5; dan 0,75 bar).
 7. Lakukan percobaan dengan konfigurasi *cross-flow*.
4. Keselamatan Kerja
 - Hati-hati dalam menggunakan peralatan dari gelas, mudah pecah.

- Pastikan saat pompa menyala, tangki larutan umpan tidak dalam keadaan kosong.
- Setelah selesai percobaan, lakukan pencucian dengan cara mengalirkan air bersih melalui membran sampai dihasilkan permeat berupa air bersih.

5. Tugas

- a. Buat grafik pengaruh konsentrasi jus buah naga terhadap fluks permeat dan % rejeksi
- b. Buat grafik pengaruh tekanan umpan terhadap fluks permeat dan % rejeksi
- c. Buat grafik pengaruh konfigurasi aliran membran terhadap fluks permeat dan % rejeksi

Pustaka

- Cui, Z.F., Jiang, Y., dan Field, R.W., 2010, *Fundamentals of pressure-driven membrane separation processes*, In “Membrane Technology. A Practical Guide to Membrane Technology and Applications in Food Bioprocessing” (Z.F. Cui and H.S. Muralidhara, Eds.), pp.1–18, Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Geankoplis, Christie, 2003, *Transport Process and Separation Process Principles*, 4th edition, New Jersey: Pearson Education.
- Girard B. dan L. R. Fukumoto, 2000, *Membrane Processing of Fruit Juices and Beverages: A Review*, Critical Reviews in Biotechnology, 20(2): 109-175.
- Himma Nurul, F., S. Anisah, N. Prasetya and I. G. Wenten, 2016, *Advances in preparation, modification, and application of polypropylene membrane*, Journal of Polymer Engineering, 36(4), 329-362.
- Ilame Susmit A. dan Satyavir V. Singh, 2015, *Application of Membrane Separation in Fruit and Vegetable Juice Processing: A Review*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55:964–987.
- Mulder M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology*, Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- Mark Porter, Ed., 1990, *Handbook of Industrial Membrane Technology*, Park Ridge: Noyes.

MODUL 3 PENGERINGAN

1. Tujuan

Tujuan pelaksanaan praktikum pengeringan adalah:

1. Menentukan dan mengetahui *moisture content* suatu bahan
2. Membuat kurva laju pengeringan suatu bahan

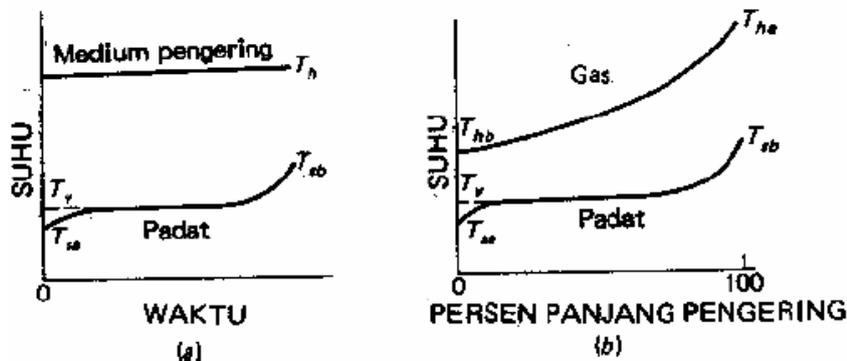
2. Dasar Teori

Pada dasarnya pengeringan zat padat berarti pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lainnya dari bahan padatan, sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat tersebut. Pengeringan biasanya merupakan langkah akhir dari rangkaian proses dan hasil pengeringan biasanya langsung siap untuk dikemas. Contoh zat padat basah seperti kayu, kapas, kertas yang dapat dikeringkan dengan cara menghembuskan udara (gas) panas yang tak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan. Air atau cairan lain menguap pada suhu yang lebih rendah dari titik didihnya karena adanya perbedaan kandungan uap air pada bidang antar muka bahan padat gas dengan kandungan uap air pada fasa gas.

Prinsip Pengeringan

A. Pola Suhu di dalam Pengeriing

Gejala perubahan suhu dalam pengeriing ditentukan oleh sifat bahan umpan dan kandungan zat cairnya, temperatur medium pemanas, waktu pengeringan, serta temperatur akhir yang diperbolehkan dalam pengeringan zat padat tersebut. Pola perubahan suhu tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pola suhu dalam pengeriing a) Batch b) Kontinyu

Dalam pengering *batch* yang menggunakan medium pemanas dengan suhu tetap (Gambar 3.1a), temperatur zat padat yang basah itu meningkat dengan cepat dari nilai awal T_{sa} menjadi temperatur penguapan T_v . Pada pengering non-adiabatik yang tidak menggunakan gas pengering, T_v dapat dikatakan sama dengan titik didih zat cair pada tekanan yang terdapat dalam pengering. Jika digunakan gas pengering, atau jika pengeringan berlangsung adiabatik, T_v adalah temperatur *wet bulb* (yang sama dengan temperatur jenuh adiabatik apabila gasnya adalah udara dan zat cair yang diuapkan adalah air). Penguapan berlangsung pada T_v selama beberapa waktu. Artinya, sebagian besar zat cair itu diuapkan pada temperatur jauh di bawah temperatur medium pemanas.

Menjelang tahap akhir pemanasan itu, temperatur zat padat naik sampai T_{sb} yang dapat lebih tinggi sedikit atau bahkan jauh lebih tinggi dari T_v . Waktu pengeringan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1a mungkin hanya beberapa detik saja, tapi mungkin pula mencapai beberapa jam. Zat padat tersebut dapat berada ada temperatur T_v selama sebagian besar siklus pengeringan, atau mungkin pula hanya pada sebagian kecil dari siklus tersebut. Temperatur medium pengering dapat konstan, namun dapat pula diprogram untuk berubah selama berlangsungnya proses pengeringan.

Dalam pengeringan kontinyu, setiap partikel atau elemen zat padat tersebut mengalami suatu siklus yang serupa dengan Gambar 1b selama proses pengeringannya dari masuk pengering sampai keluar. Dalam operasi keadaan tunak, temperatur pada setiap titik di dalam pengering kontinyu selalu konstan, tetapi berubah sepanjang pengering itu. Pada gambar 1b terlihat pola temperatur dalam pengering *counter current* adiabatik. Pemasukan zat padat serta pengeluaran gas berlangsung di sebelah kiri, sedang pemasukan gas dan pengeluaran zat padat di sebelah kanan. Di sini pun zat padat mengalami pemanasan cepat dari temperatur T_{sa} ke T_v . Temperatur penguapan T_v juga konstan karena temperatur bola basah tidak berubah. Hal ini tidak berlaku jika ada kalor yang ditambahkan secara tidak langsung pada zat padat. Di dekat pemasukan gas, zat padat itu mungkin dipanaskan sampai melebihi T_v . Gas panas masuk pengering pada suhu T_{ha} biasanya dengan kelembaban (*humidity*) rendah. Gas tersebut mendingin, mula-mula cepat, tetapi lalu agak perlahan karena gaya dorong perbedaan temperatur makin berkurang. Kelembabannya meningkat dengan teratur berhubung makin banyaknya zat cair yang menguap ke dalam gas tersebut.

B. Perpindahan Kalor di dalam Pengering

Pengeringan zat padat basah menurut definisinya adalah suatu proses termal. Walaupun prosesnya bertambah rumit karena adanya difusi di dalam zat padat atau melalui

gas, pengeringan bahan dapat dilakukan dengan terus memanaskannya sampai di atas titik didih zat cair, misalnya dengan mengontakkan zat padat tersebut dengan uap yang sangat panas (*superheated steam*). Dalam sebagian besar proses pengeringan adiabatik, difusi selalu ada, tetapi biasanya laju pengering itu dibatasi oleh perpindahan kalor, bukan perpindahan massa. Karena itu, sebagian besar pengering dirancang hanya atas dasar perpindahan kalor saja.

Mekanisme Pengeringan

Bila perpindahan kalor dan perpindahan massa terjadi bersama-sama, mekanisme pengeringan bergantung pada sifat zat padat serta pada metoda yang digunakan untuk mengontakkan zat padat dan gas. Ada 3 macam zat padat yaitu kristal, zat padat berpori dan zat padat tidak berpori. Partikel kristal tidak mengandung zat cair sampai ke dalam partikelnya sehingga pengeringan hanya berlangsung pada permukaan zat padat saja. Zat padat berpori, seperti katalis mengandung zat cair di dalam saluran-saluran di dalam partikelnya. Laju pengeringan zat padat yang mengandung zat cair sampai ke dalam porinya juga bergantung pada cara zat cair itu bergerak serta jarak yang harus ditempuh untuk sampai ke permukaan. Hal ini sangat penting terutama dalam pengeringan *cross flow* zat padat. Pengeringan metoda *cross flow* biasanya sangat lambat dan dilaksanakan dengan sistem *batch*.

Laju Pengeringan pada Kondisi Pengeringan Tetap

Dalam pengeringan batch biasanya terdiri dari W , berat padatan basah total (padatan kering dan kadar air) yang berbeda untuk setiap waktu (t) pada periode pengeringan. Data ini dapat terkonversi menjadi laju pengeringan. Jika W merupakan berat padatan basah total air dan padatan kering (kg) dan W_s merupakan berat padatan kering (kg),

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} = \frac{\text{kg total air}}{\text{kg padatan kering}} = \frac{(\text{lb total air})}{(\text{lb padatan kering})} \quad (6)$$

Dalam kasus yang paling umum, setelah periode awal penyesuaian, kadar air basis kering X_t menurun secara linier dengan waktu, seiring dengan dimulainya penguapan. Hal ini dilanjutkan dengan penurunan non-linier pada X_t hingga waktu tertentu, setelah selang waktu yang sangat lama, padatan mencapai keseimbangan kadar air (X^*) dan proses pengeringan pun berhenti. Kadar air bebas (X dalam kg air bebas/kg padatan kering) dapat didefinisikan sebagai:

$$X = X_t - X^* \quad (7)$$

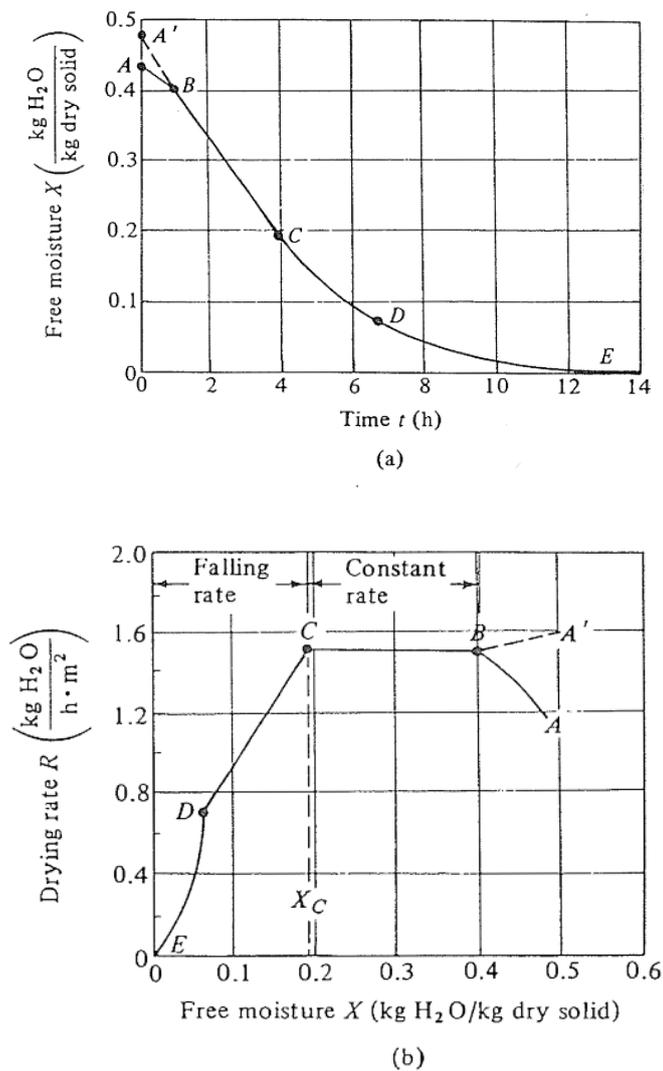
Laju pengeringan dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$R = - \frac{Ls \, dX}{A \, dt} \quad (8)$$

dimana :

- R = Laju pengeringan (kg H₂O/jam.m²)
- Ls = berat kering padatan yang digunakan (kg)
- A = luas area pengeringan (m²)
- t = waktu pengeringan (jam)

(Geankoplis, 1983)



Gambar 3.2 Kurva laju pengeringan pada kondisi pengeringan tetap (a) kurva data *moisture content* vs waktu; (7) kurva data laju pengeringan vs *moisture content*

3. Alat dan Bahan

a. Alat

- a. *Tray dryer*
- b. Loyang aluminium dengan dasar berlubang
- c. Loyang aluminium dengan dasar tanpa lubang
- d. *Beaker glass*
- e. Gelas arloji
- f. Neraca analitik
- g. *Stopwatch*

b. Bahan

Kain handuk dan spons dengan ukuran tertentu (pilih salah satu), aluminium foil.

4. Prosedur Kerja

1. Menimbang bahan kering menggunakan neraca analitik, catat massanya.
2. Rendam bahan yang akan digunakan dengan air selama 5 menit. Kemudian timbang bahan basah tersebut menggunakan neraca analitik, catat massa basahnya.
3. Letakkan bahan basah diatas loyang aluminium dan masukkan ke dalam *tray dryer* ($T=100^{\circ}\text{C} \pm 2$, set point) selama 90 menit.
4. Keluarkan bahan dari *tray dryer* tiap 15 menit, masukkan dalam desikator terlebih dahulu kemudian catat massa bahan tersebut.
5. Lakukan hal yang sama dengan meletakkan bahan pada jenis loyang yang berbeda.

5. Analisis Data

1. Menghitung *moisture content* di dalam sampel.
2. Menghitung massa tiap variabel bahan selama proses pengeringan berlangsung untuk tiap interval waktu pengeringan dan membuat kurva *moisture content* terhadap waktu pengeringan.
3. Membuat kurva laju pengeringan terhadap *moisture content* untuk tiap variabel bahan.

6. Referensi

Geankoplis, C.J. (1983). *Transport Processes and Separation Process Principles*. Pearson Education Inc, New Jersey.

MODUL 4

DISTRIBUSI UKURAN PARTIKEL

1. Tujuan Percobaan

1. Menentukan ukuran partikel pada nomor mesh 30, 50, 60, 80, 120, dan 150
2. Menghitung nilai TAAD (*True Arithmetic Diameter*) dan D_p (*Mean Surface Diameter*)

2. Dasar Teori

A. Pengertian *Screening*

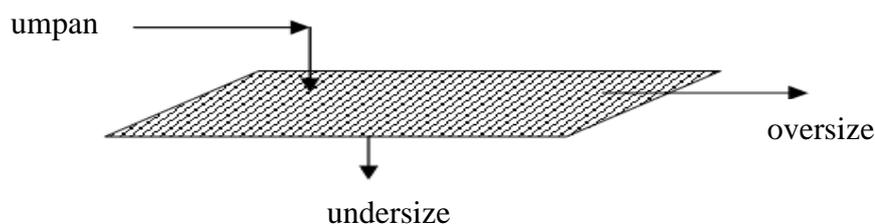
Screening adalah suatu proses pemisahan secara mekanik berdasarkan perbedaan ukuran partikel suatu material. *Screening* sering dipakai dalam skala industri, sedangkan pengayakan (*sieving*) dipakai untuk skala laboratorium. *Screening* bertujuan untuk memisahkan antara partikel lolos ayakan (ukuran diameter partikel < bukaan ayakan) dan yang tertinggal diayakan (ukuran diameter partikel > bukaan ayakan). Ukuran butiran tertentu yang masih bisa melintasi ayakan dinyatakan sebagai butiran batas. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengayakan, yaitu jenis ayakan, cara pengayakan, kecepatan pengayakan, ukuran ayakan, waktu pengayakan, sifat bahan yang akan diayak.

Suatu ayakan terbuat dari kawat dengan ukuran lubang tertentu. Istilah *mesh* digunakan untuk menyatakan jumlah lubang tiap inci linear (Brown, 1950). Tabel 4.1 adalah konversi nomor standar sesuai *US Sieve* dengan *Tyler Equivalent* dan masing-masing ukuran lubang ayakan dinyatakan dalam milimeter (mm) dan inch (in).

B. Distribusi partikel

Hasil dari suatu pengayakan adalah produk dengan ukuran-ukuran partikel tertentu (Gambar 4.1). Produk dari proses pengayakan ada dua macam, yaitu:

1. Ukuran lebih besar daripada ukuran lubang-lubang ayakan (*oversize*)
2. Ukuran yang lebih kecil daripada ukuran lubang-lubang ayakan (*undersize*)



Gambar 4.1 Skema proses pengayakan

Tabel 4.1 Buka an lubang dan ukuran ayakan (*US Sieve Series and Tyler Equivalent*)

Ukuran Sieve US	Tyler Equivalen	Bukaan ayakan	
		mm	in
-	2 ½ Mesh	8,00	0,312
-	3 Mesh	6,73	0,265
No. 3 ½	3 ½ Mesh	5,66	0,233
No. 4	4 Mesh	4,76	0,187
No. 5	5 Mesh	4,00	0,157
No. 6	6 Mesh	3,36	0,132
No. 7	7 Mesh	2,83	0,111
No. 8	8 Mesh	2,38	0,0937
No. 10	9 Mesh	2,00	0,0787
No. 12	10 Mesh	1,68	0,0661
No. 14	12 Mesh	1,41	0,0555
No. 16	14 Mesh	1,19	0,0469
No. 18	16 Mesh	1,00	0,0394
No. 20	20 Mesh	0,841	0,0331
No. 25	24 Mesh	0,707	0,0278
No. 30	28 Mesh	0,595	0,0234
No. 35	32 Mesh	0,500	0,0197
No. 40	35 Mesh	0,420	0,0165
No. 45	42 Mesh	0,354	0,0139
No. 50	48 Mesh	0,297	0,0117
No. 60	60 Mesh	0,250	0,0098
No. 70	65 Mesh	0,210	0,0083
No. 80	80 Mesh	0,177	0,0070
No. 100	100 Mesh	0,149	0,0059
No. 120	115 Mesh	0,125	0,0049
No. 140	150 Mesh	0,105	0,0041
No. 170	170 Mesh	0,088	0,0035
No. 200	200 Mesh	0,074	0,0029
No. 230	250 Mesh	0,063	0,0025
No. 270	270 Mesh	0,053	0,0021
No. 325	325 Mesh	0,044	0,0017
No. 400	400 Mesh	0,037	0,0015

Dalam proses industri, biasanya digunakan material yang berukuran tertentu dan seragam. Untuk memperoleh ukuran yang seragam, maka perlu dilakukan pengayakan. Pada proses pengayakan zat padat itu dijatuhkan atau dilemparkan ke permukaan pengayak. Partikel yang di bawah ukuran atau yang kecil (*undersize*) lolos melewati bukaan ayak, sedang yang di atas ukuran atau yang besar (*oversize*) tidak lolos. Pengayakan lebih lazim dalam keadaan kering (McCabe, 1993).

1. Pengayakan menggunakan *Vibrating Sieve Screen Shaker*

Vibrating screen adalah peralatan *sieving* yang digunakan untuk penyaringan atau memisahkan material padatan berdasarkan ukuran partikel suatu material. *Vibrating sieve* disusun seri dimana getarannya ada yang dihasilkan dari getaran mekanis dan eksetris yang langsung dihasilkan dari permukaan ayakan. Mekanisme eksetris yaitu semua elektromagnet, seperti berhenti atau untuk memperkuat atau memperhebat getaran efek. Sedangkan getaran mekanis adalah getaran yang disebabkan oleh pergerakan alat, *cams*, eksentrik, *shaker*, pemutar dan beberapa kombinasi mekanis lainnya (Brown, 1950). *Vibrating screen* yang biasa digunakan dalam skala laboratorium adalah *vibrating screen* yang digerakkan secara mekanis menggunakan shaker atau disebut *screen shaker*.

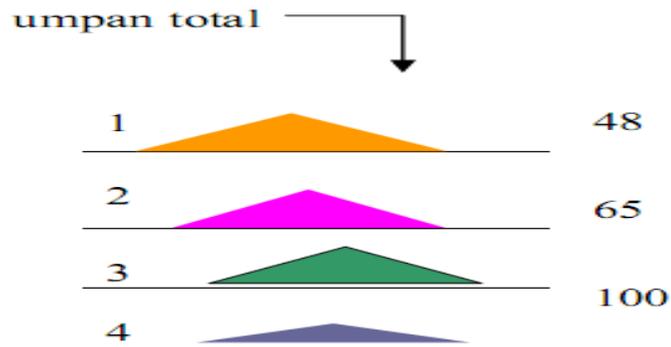
Mesin pengayak atau *vibrator screen* ini terbuat dari plat *stainless steel* dengan *frame* berbahan besi. Terdiri dari beberapa lapisan *screen sieve* berbahan *stainless steel* yang disusun seri. Dimana lapisan paling bawah adalah apisan untuk menampung bahan hasil ayakan, sedangkan lapisan-lapisan di atasnya digunakan untuk menyaring dengan ukuran partikel hasil ayakan yang berbeda-beda.

Prinsip kerja mesin ini adalah menyesuaikan amplitudo melalui *tube-shaped violent vibration screen*. Mesin bergetar dengan berputar seperti lingkaran sehingga material dapat tersaring.

2. Analisis Data Ukuran Partikel menggunakan *Vibrating Sieve Screen Shaker*

1. Data distribusi ukuran suatu campuran (particle size distribution)

Sejumlah campuran partikel diayak dalam suatu susunan ayakan di laboratorium menggunakan *sieve shaker* (Gambar 4.3). Masing-masing padatan yang diperoleh ditimbang dan dijumlahkan dan disebutkan fraksi ukurannya (Tabel 4.2). Kemudian setiap ayakan ukuran tertentu dihitung fraksi massa partikel yang lolos. Dihitung fraksi massa yang tertahan dan diameter rata-ratanya. Dilanjutkan dengan mentabulasi data fraksi massa dan diameter. Terakhir adalah menyajikan data dalam satuan gram.



Gambar 4.3 Distribusi ukuran partikel menggunakan *sieve shaker*

Tabel 4.2 Beberapa cara menyebutkan fraksi ukuran

No	Cara I	Cara II	Cara III
1	<i>Oversize 48 mesh</i>	+48	+48
2	<i>Through 48 on 65</i>	-48+65	48/65
3	<i>Through 65 on 100</i>	-65+100	65/100
4	<i>Undersize 100 in</i>	-100	100/0

Beberapa dimensi atau ukuran yang digunakan untuk menyatakan ukuran suatu campuran antara lain:

1. *True Arithmetic Average Diameter (TAAD)*

Rumus :

$$\text{TAAD} = \text{diameter total} / \text{jumlah partikel total}$$

Misal: Hasil analisis ayakan suatu campuran adalah sebagai berikut:

<i>Mesh</i>	D_{avg}	Fraksi Massa	Jumlah Partikel
	D_1	X_1	N_1
	D_2	X_2	N_2

	Dst		

$$\text{Diameter total} = N_1 \cdot D_1 + N_2 \cdot D_2 + N_3 \cdot D_3 + \dots + \dots = \Sigma (N_i \times D_i)$$

$$\text{Jumlah partikel total} = N_1 + N_2 + N_3 + \dots = \Sigma (N_i)$$

$$\begin{aligned}\Sigma (Ni) &= \frac{M}{\rho} \left[\frac{x^1}{C_1 D_1^3} + \frac{x^2}{C_2 D_2^3} + \dots + \frac{x^N}{C_N D_N^3} \right] \\ &= \frac{M}{\rho} \Sigma \frac{x}{C D^3}\end{aligned}$$

Dimana,

M = total massa jumlah partikel

C = tetapan berdasarkan bentuk partikel (sphere = $\pi/6$; cube = 1)

Maka,

$$TAAD = \frac{\Sigma \frac{x}{C D^2}}{\Sigma \frac{x}{C D^3}} \quad (\text{Brown, 1979})$$

2. Mean Surface Diameter (Dp)

Diameter dapat mewakili untuk menghitung luas permukaan total.

Luas permukaan total : $B_1 D_1^2 N_1 + B_2 D_2^2 N_2 + \dots = B(Dp)^2 \Sigma Ni$

$$Dp = \sqrt{\frac{\Sigma Ni Bi Di^2}{B \Sigma Ni}} = \sqrt{\frac{\Sigma \frac{xi Bi}{Ci Di}}{B \Sigma \frac{xi}{Ci Di^3}}}$$

Keterangan:

Dp = Diameter partikel = mean surface diameter

B = tetapan berdasarkan bentuk partikel (sphere = π ; cube = 6)

C. Prosedur Percobaan

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan :

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| a. Alat <i>Screening</i> | f. Cawan porselen |
| b. Palu | g. Spatula |
| c. Neraca Digital | h. Sendok Plastik |
| d. <i>Crusher</i> | i. Kuas |
| e. Gelas ukur | j. Baskom |

Bahan yang digunakan : Zeolit yang telah dihancurkan sebanyak 300 gram

2. Prosedur Kerja :

- *Size Reduction* (Pengecilan ukuran zeolit)
 1. Menyalakan *crusher* dengan menekan tombol on.
 2. Memasukkan sejumlah bahan ke dalam *crusher* (\pm 10 menit) dan menampung zeolit yang sudah hancur.
 3. Mematikan *crusher* jika sudah selesai dengan menekan tombol off.
- *Screening* (Pengayakan)
 1. Menimbang sebanyak 300 gram sampel yang telah dikecilkan dengan menggunakan neraca digital.
 2. Menyusun alat *screening* sesuai urutan nomor ayakan.
 3. Memasukkan sampel yang telah ditimbang dan diperkecil ke dalam alat *screening*.
 4. Menutup dan merapatkan alat.
 5. Menunggu proses *screening* selama 10 menit.
 6. Mengeluarkan dan menimbang jumlah sampel yang lolos ataupun tertinggal di setiap nomor ayakan.

D. Analisis Data

1. Tabulasi hasil penimbangan sampel berdasarkan nomor ayakan
2. Menghitung D_{avg} , fraksi massa dan jumlah partikel tiap nomor ayakan
3. Menghitung TAAD dan D_p

E. Referensi

1. Brown, G.G. (1979). *Unit Operations*. Modern Asia Editions. Mc Graw Hill Book. Co.Ltd. Tokyo. Japan.
2. Mc. Cabe, W.L., Julian C. Smith, Peter Harriott. (1993). *5th Unit Operation of Chemical Engineering*. McGraw-Hill Inc, Chemical And Petroleum Engineering Series. Singapura.

MODUL 5

PENGARUH AGITASI TERHADAP TRANSFER MASSA SOLID-LIQUID

1. Tujuan

- a. Mempelajari pelarutan partikel berbentuk bola dalam tangki berpengaduk menggunakan berbagai jenis pengaduk
- b. Menentukan koefisien transfer massa antar fase hasil eksperimen dan membandingkannya dengan teoritis.

2. Teori

Perpindahan massa padat-cair merupakan proses yang banyak digunakan di industri seperti *dissolution*, kristalisasi, ekstraksi padat-cair, fermentasi, dll. Dalam proses-proses tersebut biasanya menggunakan tangki berpengaduk karena efektif dalam memberikan laju perpindahan yang baik dan memastikan semua permukaan padatan mengalami kontak dengan cairan (S. Boon-Long, 1978).

Laju perpindahan massa antara padatan dan cairan biasanya digambarkan melalui persamaan berikut (1-3):

$$\dot{m} = k_{LS}A(C_{SAT} - C_L) \quad (1)$$

Eksperimen ini dilakukan pada sistem batch, sehingga neraca massa transien pada padatan adalah

$$\frac{dM}{dt} = -\dot{m} = -k_{LS}A(C_{SAT} - C_L) \quad (2)$$

sedangkan neraca massa pada cairan adalah

$$V_L \frac{dC_L}{dt} = \dot{m} = k_{LS}A(C_{SAT} - C_L) \quad (3)$$

Persamaan 1-3 dapat digabungkan melalui term konsentrasi cairan dan harus diselesaikan secara simultan. Prosedur penyelesaian dapat disederhanakan dengan catatan bahwa total padatan yang didistribusikan dalam fase padat dan cairan bersifat tetap setiap saat (tidak berubah).

$$M_o + V_L C_{Lo} = M + V_L C_L \quad (4)$$

Persamaan ini dapat dikombinasikan dengan persamaan (2) dan diselesaikan untuk menghasilkan suatu prediksi model. Namun, ketika padatan larut, padatan akan berubah ukuran dan bentuk menghasilkan perubahan pada daerah antarmuka yang harus diperhitungkan sebelum model persamaan dapat diselesaikan. Dalam analisis ini, segala efek

perubahan ukuran partikel pada koefisien perpindahan massa interfase (antarmuka) diabaikan.

Padatan dalam eksperimen ini awalnya berbentuk bulat dan diasumsikan tidak berubah bentuk ketika mengalami pelarutan. Padatan juga diasumsikan mempunyai ukuran awal dan laju pelarutan yang sama. Berdasarkan asumsi tersebut, massa padatan yang tersisa setiap saat untuk sistem 'n' bola dengan jari-jari 'r', adalah

$$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s n \quad (5)$$

daerah antarmuka di definisikan sebagai:

$$A = 4\pi r^2 n \quad (6)$$

dan secara eksperimen nilai C_{SAT} adalah 1613 kg/m^3 pada $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Substitusi persamaan (4), (5), dan (6) ke persamaan (2) menghasilkan bentuk persamaan yang dapat diselesaikan untuk massa padatan yang tersisa,

$$\frac{dM}{dt} = -k_{LS} \left[\frac{36\pi n M^2}{\rho_s^2} \right]^{1/3} \left[C_{SAT} - \left(C_{LO} + \frac{M_0 - M}{V_L} \right) \right] \quad (7)$$

Persamaan ini dapat diselesaikan secara numerik, tetapi penyelesaian secara analitis dimungkinkan jika konsentrasi fase cair (C_L) selalu jauh lebih kecil daripada konsentrasi saturated ($C_L \ll C_{SAT}$) dan dapat diabaikan. Dengan kondisi tersebut, persamaan (7) dapat diintegrasikan untuk menghasilkan persamaan yang menggambarkan hubungan waktu dan fraksi padatan yang tersisa.

$$\frac{M}{M_0} = \left[1 - \left(\frac{4\pi n}{3 M_0 \rho_s^2} \right)^{1/3} k_{LS} C_{SAT} t \right]^3 \quad (8)$$

Boon-Long (1) mengembangkan sebuah korelasi untuk perpindahan massa dari padatan tersuspensi ke cairan dalam tangki berpengaduk yaitu:

$$Sh = 0,046 Re^{0,283} Ga^{0,173} U^{-0,011} (T/d)^{0,019} Sc^{0,461} \quad (9)$$

Persamaan di atas dapat digunakan sebagai perbandingan dengan hasil eksperimen.

3. Prosedur Percobaan

1. Pasang impeler jenis *flat blade turbine*. Jarak impeler dari dasar tangki (*clearance*) adalah $\frac{1}{4}$ diameter tangki.
2. Isi vessel dengan aquades sampai tanda (tinggi liquid sama dengan diameter tangki) dan ukur volumenya.
3. Ambil tiga padatan, timbang dan ukur diameter rata-ratanya.

Padatan yang digunakan merupakan campuran antara gula, asam sitrat dan aditif pewarna

4. Nyalakan power pengaduk. Atur kecepatan impeller pada 150 rpm (sesuai variabel). Jika telah sesuai, matikan pengaduk.
5. Masukkan padatan dalam vessel dan nyalakan power pengaduk.
6. Biarkan selama 3 menit kemudian hentikan pengadukan. Ambil padatan dengan bantuan sendok, keringkan dengan kertas tisu, timbang dan masukkan kembali ke vessel.
7. Ulangi langkah 6 dan 7 sebanyak 3 sampai 4 kali.
8. Ulangi langkah 4 – 8 untuk kecepatan putar yang lain
9. Lepaskan impeller dan ganti dengan 45° pitched-blade turbine. Clearance adalah $\frac{1}{4}$ diameter tangki.
10. Ulangi langkah 4 sampai 9.

4. Program eksperimen

Berdasarkan prosedur yang diberikan maka praktikan dapat mengamati atau mengukur:

- a. volume aquades, diameter rata-rata dan berat padatan.
- b. hilangnya massa padatan dengan perubahan waktu
- c. hilangnya massa padatan dengan perubahan kecepatan putar impeller.
- d. hilangnya massa padatan dengan menggunakan jenis impeller yang berbeda.

5. Analisis Data

- a. Plot grafik $(M/M_0)^{1/3}$ vs t untuk masing-masing impeller dan kecepatan menggunakan persamaan (8). Tentukan k_{LS} .
- b. Plot grafik koefisien perpindahan massa (k_{LS}) vs kecepatan agitasi (rpm) untuk masing-masing impeller dan bandingkan.
- c. Bandingkan k_{LS} (eksperimen) dengan k_{LS} (teoritis).

6. Referensi

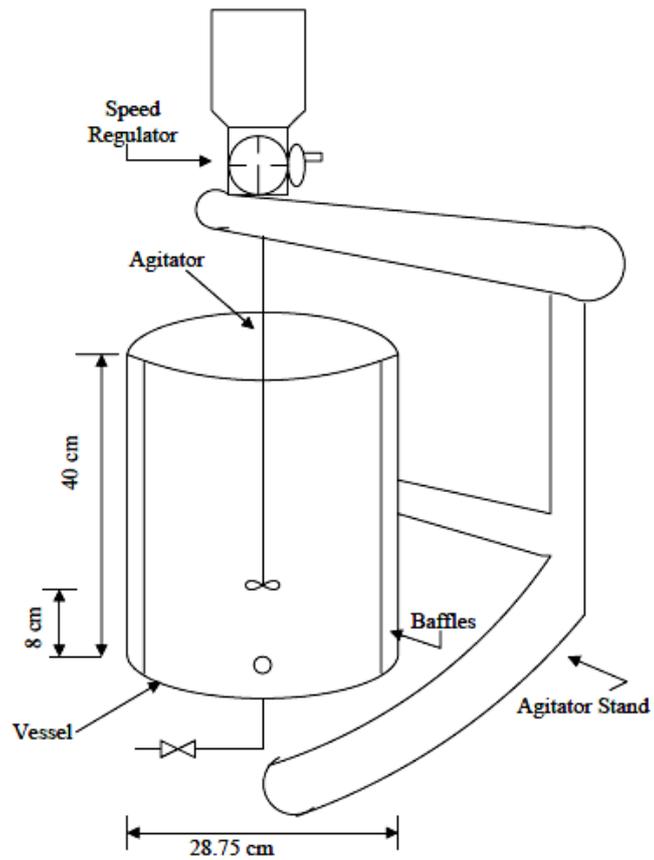
1. S. Boon-Long, C. Laguerie and J.P. Couderc "Mass Transfer from suspended solids to a liquid in Agitated Vessels", Chem. Eng. Sci., **33**, p. 813 (1978).

2. Nienow, A.W., "The Mixer as a Reactor: Liquid/Solid Systems", Chapter 18 of *Mixing in the Process Industries*, edited by N. Harnby, M.F. Edwards, and A.W. Nienow, Butterworths, London (1985).
3. M. Elizabeth Sensel and Kevin J. Myers, "Add some Flavor to your Agitation Experiment", *Chem. Eng. Ed.*, **26** (3), p. 156 (1992).

7. Notasi

A	= total liquid-solid interfacial area at any time, (m ²).
C _L	= liquid-phase concentration of the solute, (kg/m ³).
C _{SAT}	= equilibrium liquid-phase concentration of the solute, (kg/m ³).
d	= particle diameter, (m).
D _v	= <i>diffusivity of solid ball</i> (sucrose) into water, (m ² /s).
G	= gravitational constant, (m/sec ²).
Ga	= $\frac{\rho^2 g d^3}{\mu^2}$, Gallileo number
k _{LS}	= liquid-solid interphase mass transfer coefficient, (m/s).
M	= total mass of the solute (solids) remaining in the solid-phase at any time, (kg).
\dot{m}	= rate of interphase mass transfer of solute from the solid phase to the liquid phase, (kg/s).
n	= number of solid particles (solids) used in the experiment.
N	= <i>stirrer speed</i> , (sec ⁻¹).
r	= radius of the solid particles (solids) at any time, (m).
Re	= $\frac{dT\omega r}{\nu}$, Reynolds number (referred to the particle).
Sc	= $\frac{\mu}{\rho Dv}$, Schmidt number.
Sh	= $\frac{k_{LS} d}{Dv}$, Sherwood number (referred to the particle).
t	= time, (s).
T	= vessel diameter, (m).
U	= $\frac{M}{\rho d^3}$, solid concentration.
V _L	= liquid volume, (m ³).
μ	= viscosity of liquid, (kg/m.s).
ρ	= density of liquid, (kg/m ³).

- ρ_s = solid density, (kg/m^3).
- ω = stirrer angular velocity, $2\pi N$, (sec^{-1}).
- o = subscript indicating initial conditions.
- ν = kinematic viscosity, (m^2/s)



Gambar 5.1 Skema peralatan