PANDUAN PRAKTIKUM
OPERASI TEKNIK KIMIA
(TKK-2209)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

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 tertulis. Asisten menyiapkan materi dan menilai hasil dengan konsultasi intensif pada dosen penanggung jawab praktikum. Waktu maksimum 15 menit di awal praktikum.
3. Pada akhir praktikum, masing-masing group 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 pukul 13.15 WIB dan menandatangani daftar hadir praktikum. Apabila terlambat hingga 15 menit, tidak mendapatkan nilai tes awal tertulis namun praktikan diperbolehkan mengikuti praktikum.
6. Laporan Praktikum.
   - Laporan akhir praktikum dibuat oleh masing-masing praktikan sesuai dengan **Format Laporan Praktikum** yang telah ditentukan dan didasarkan data pada 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 softcopynya 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 1x10 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. <u>ASISTEN</u>

1. Asisten wajib mengikuti pelatihan asisten dan membaca serta mematuhi ketentuan tata tertib laboratorium dan praktikum.
2. Asisten wajib memberikan tes awal tertulis di awal jam praktikum dan menilainya sesuai format kemudian diserahkan kepada PLP.
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 mengumpulkan laporan akhir dari praktikum minggu sebelumnya untuk memberikan nilai.

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 Awal Tertulis	20
2	Praktikum	40
3	Laporan	40
	TOTAL	**100**

Lampiran 1. Lembar Penilaian

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

TEKNIK KIMIA

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Telp. : +62-341-587710, pswd : 1139, 1333, 1245, 1229;

Fax : +62 341- 574140

LEMBAR PENILAIAN

PRAKTIKUM OPERASI TEKNIK KIMIA

TAHUN AKADEMIK 2014/2015

Photo 3 X 4

Nama :

NIM :

Hari / Group :

No.	Materi Percobaan	Nilai			TOTAL	Tanda Tangan Asisten
		Tes Awal Tulis	Praktikum	Laporan		

Lampiran 2. 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-)

Hari/Tanggal Percobaan : .....
Judul Percobaan :
Group : .....
Nama Praktikan (NIM) : 1. .....
2. .....
Asisten : .....

Acc Asisten

Lampiran 3. 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 yang telah berkoordinasi dengan Dosen Pembimbing Praktikum.

A. Cover

LAPORAN AKHIR PRAKTIKUM
UNIT OPERASI TEKNIK KIMIA
(TKK-2209)

Group / Hari : .....

Nama Praktikan (NIM) : 1. .....
2. .....

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015

B. Isi

PERCOBAAN 1
JUDUL PERCOBAAN

Hari/Tanggal Percobaan : .....
Group : .....

Nama Praktikan (NIM) : .....
Asisten : .....

ABSTRAK → **Di tulis setelah praktikum**

I. TUJUAN
II. DASAR TEORI
III. BAHAN DAN ALAT
IV. PROSEDUR KERJA

} **Di tulis sebelum praktikum**

V. HASIL DAN PEMBAHASAN
VI. KESIMPULAN
VII. DAFTAR PUSTAKA
VIII. LAMPIRAN (hasil pengamatan, pustaka yang dikutip, dll)

} **Di tulis setelah praktikum**

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**

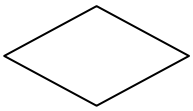
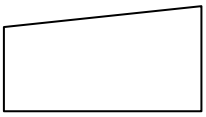
      Tuliskan semua alat yang digunakan (tulis spesifikasi, ukuran dan jumlah)

   b. **Bahan**

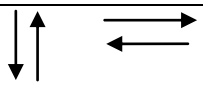
      Tuliskan semua bahan yang digunakan beserta spesifikasinya, misalnya konsentrasi.

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

Flow Direction Symbols

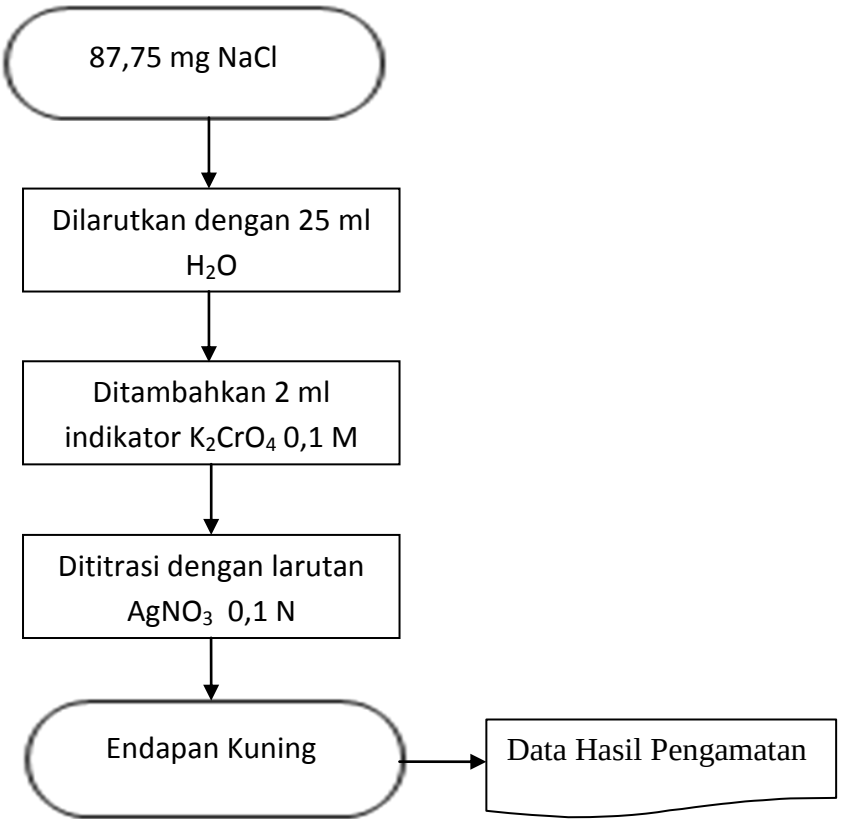
	Simbol arus *(flow)* Menyatakan jalannya suatu proses atau langkah

Input/ Output Symbols

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

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, Gillbert 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. (diakses 1 Agustus 2013).

9. **Lampiran**

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

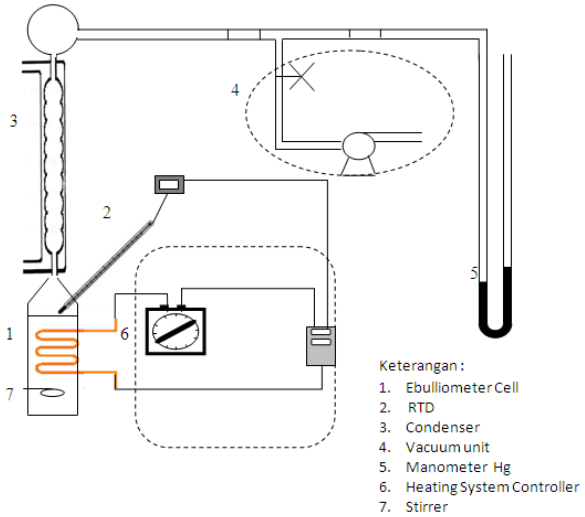
10. **Penulisan Tabel dan Gambar**

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
Specific gravity	1,59
Tekanan uap, MPa pada 25°C	0,61
Cetane number	55-60
Net Calorific Value, 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/cairannyadengan 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/terminology 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 relative dekat dan kacau (crowded), yang menyebabkan proses pengendapan menjaddi 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 tsb, 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 :

$$F_g = m\,g \qquad (1)$$

Dimana; F_g : gaya gravitasi (N)

m : massa partikel (kg)

g : percepatan gravitasi (m/det^2)

Gaya apung yang bekerja keatas besarnya :

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

Dimana; F_b : gaya apung (N)

m : massa partikel (kg)

ρ : density fluida (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/det^2)

ρ_p : density partikel (kg/m^3)

Sedangkan gaya gesek yang bekerja besarnya :

$$F_D = C_D\,\frac{V^2}{2}\,\rho\,A \qquad (3)$$

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/m^3)

A : luas penampang proyeksi partikel (m^2)

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

$$m\,\frac{dV}{dt} = F_g - F_b - F_D \qquad (4)$$

Atau

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

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 dengankecepatan pengendapan terhambat (hindered settling velocity) sampai pengendapan berlangsung sempurna.

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

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

Dimana; V_t : kecepatan terminal (m/det)

Untuk partikel berbentuk bola, $m = \pi \mathrm{D_p}^2 \rho_\mathrm{p}/6$ dan $A = {}^1\!/_4\,\pi D_p{}^2$, maka kecepatan terminalnya menjadi ;

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

Dimana; D_p : diameter partikel (m)

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

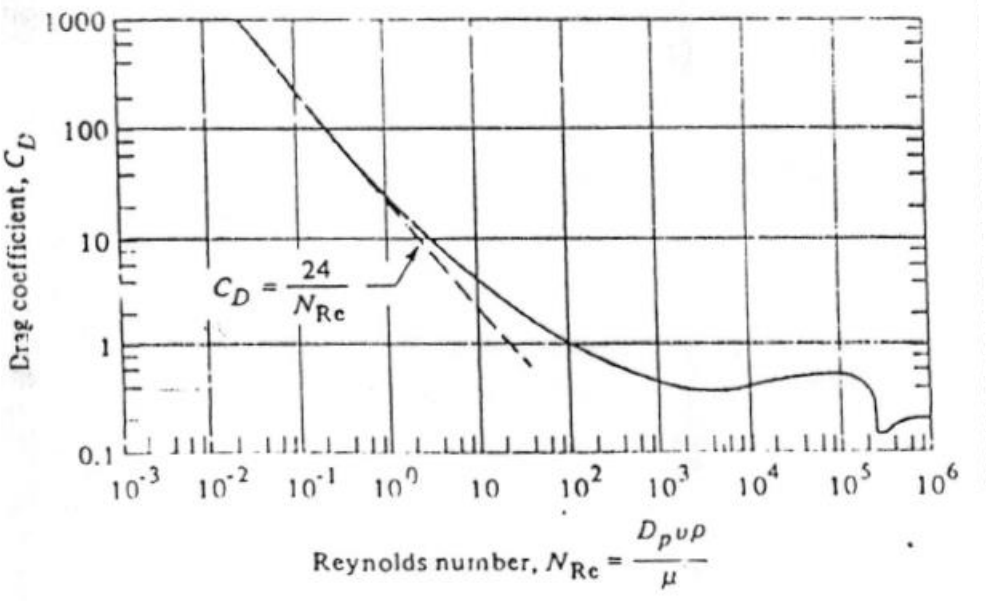
$$C_D = \frac{24}{C_D\,V\,\rho/\mu} = (1+x)^n = \frac{24}{N_{Re}} \qquad (8)$$

Dimana; μ : viskositas fluida (Pa.det)

Sehingga persamaan (7) menjadi ;

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

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



Gambar 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 gradient 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 cairab yang terangkat (terdesak) keatas juga cukup banyak, dan ini juga menghambat kecepatan turun partikel.

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

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

Dimana; ε : fraksi volume slurry

φ_p : faktor koreksi empiris, yang besarnya ;

$$\Psi_p = \frac{1}{10^{1,82\,(1-c)}} \qquad (11)$$

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

$$N_{Re} = \frac{D_P\, V_t\, \rho_m}{\mu_m \varepsilon} = \frac{D_P{}^3 g\, (\rho_P - \rho)\, \rho_m\, \varepsilon\, \Psi_P{}^2}{18\, \mu^2} \qquad (12)$$

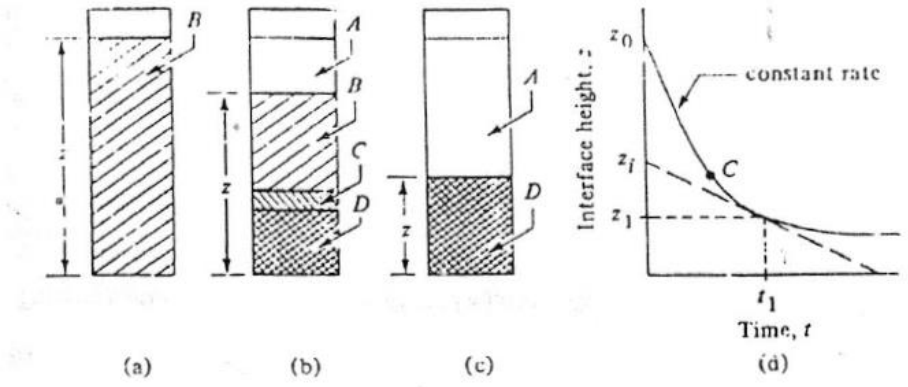
Dimana; ρ_m : bulk density campuran (kg/m^3)

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

$$\mu_m = \mu / \varphi_p \qquad (13)$$

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 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 suspense 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 :

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

dan konsentrasi rata-rata suspense :

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

Dimana; c_0 : konsentrasi awal suspense.

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 suspense adalah interface antara cairan jernih (zona A) dan suspense (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 1000ml
   b. Stopwatch
   c. Ayakan
   d. Timbangan
   e. Kaca pengaduk
2. Bahan :
   a. Kapur
   b. Air
   c. Tawas

D. Prosedur Percobaan

1. Ayak kapur kering secukupnya dan catat diameter rata-ratanya.
2. Buat suspense campuran kapur dan air dengan proporsi (konsentrasi);
   a. 10% berat tanpa tawas
   b. 20% berat tanpa tawas
   c. 10% 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 suspense.

4. Amati dan catat ketinggian interface antara cairan jernih dan suspense 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).
5. Amati terus sampai proses sedimentasi selesai, yaitu ketinggian interface tidak berubah dan batas antara cairan jernih dan lumpur padat sangat nyata (kira-kira setelah 2-3 jam).

E. Keselamatan Kerja

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

F. Gambar Alat

Tidak dicantumkan.

G. Tugas

1. Buat grafik plot ketinggian interface versus waktu.
2. Hitung kecepatan terminal pada free settling secara teoritis dan bandingkan dengan perhitungan dari hasil percobaan.
3. Hitung kecepatan terminal pada hindered settling secara teoritis dan praktek, dan bandingkan hasilnya.
4. Buat kurva plot konsentrasi rata-rata suspense versus waktu dan hitung konsentrasi lumpur akhir proses.
5.

H. Pustaka

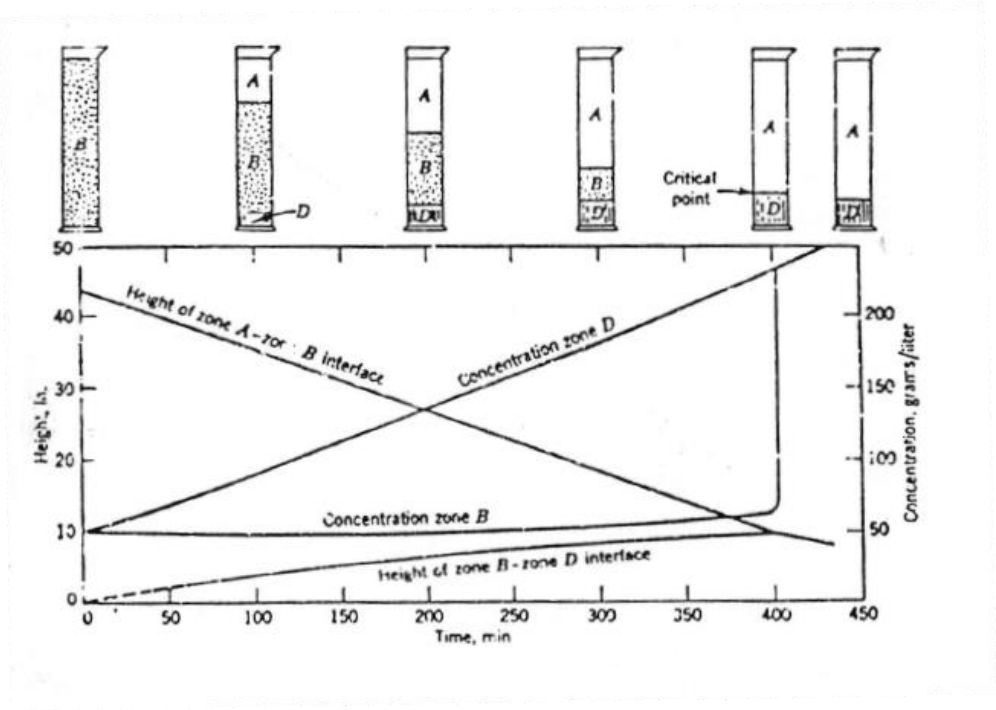
Badge & Banchero, ***Introduction to Chemical Engineering***, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1985

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.

Lampiran Grafik hubungan antara ketinggian interface dan konsentrasi suspense terhadap waktu sedimentasi.



MODUL 2
TEKNOLOGI MEMBRAN

A. **Tujuan Percobaan**

1. Mahasiswa mengerti dan memahami proses pembuatan membran komposit kitosan.
2. Mahasiswa mengerti prinsip – prinsip pemisahan menggunakan membran dan faktor yang mempengaruhinya.
3. Mahasiswa dapat melakukan percobaan filtrasi menggunakan membran komposit kitosan.
4. 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, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran berbeda, serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya [1]. Membran memiliki ketebalan yang berbeda-beda, ada yang tebal dan ada juga yang tipis serta ada yang homogen dan ada juga ada heterogen. Ditinjau dari bahannya membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer.

Pemisahan dengan membran (*membrane separation*)merupakan suatu teknik pemisahancampuran 2 atau lebih komponen tanpa menggunakan panas. Pada membran filtrasi komponen - komponen akan terpisah berdasarkan ukuran dengan ba
ntuan gaya dorong (*driving force*). Gayadorong dapat berupa gradien tekanan, konsentrasi, potensial listrik atau temperatur. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi kinerja membran antara lain:

1. Ukuran molekul
2. Bentuk molekul
3. Bahan membran
4. Karakteristik larutan
5. Parameter operasional (tekanan, suhu, konsentrasi, pH, ion strength, polarisasi)

Membran dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran pori dan berdasarkan ukuran zat yang ingin dipisahkan, antara lain:

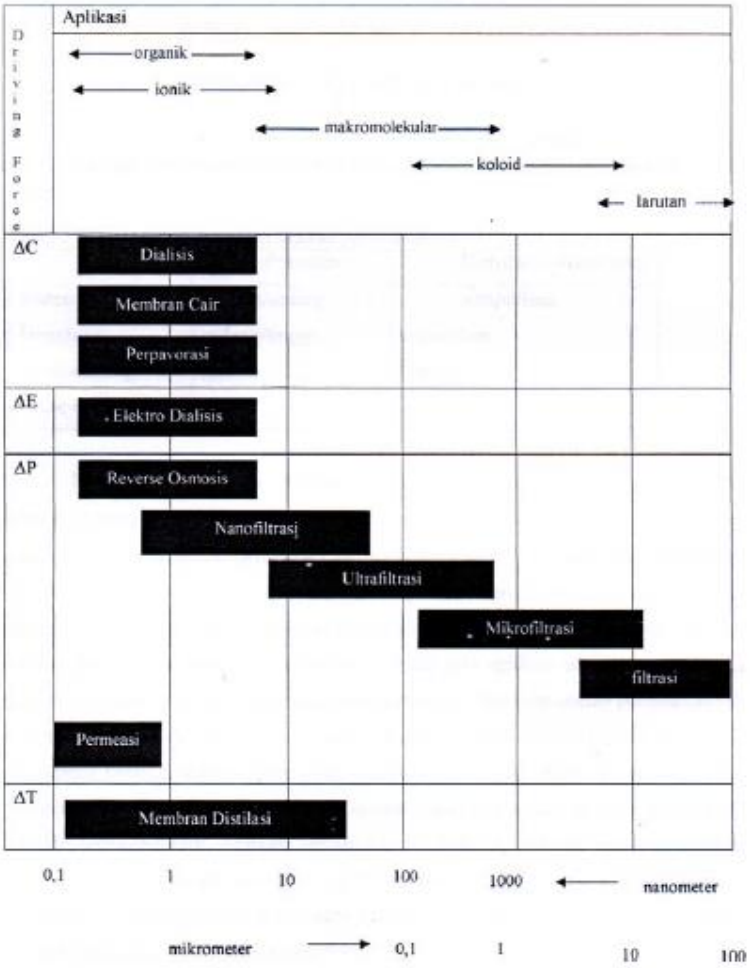
- Membran mikrofiltrasi

- Membran ultrafiltrasi
- Nanofiltrasi, dan
- Reverse osmosis

Teknologi membran saat ini mengalami peningkatan yang signifikan karena pemisahan dengan teknologi ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah sederhana dalam proses operasionalnya, dapat berlangsung dalam suhu kamar, sifatnya tidak destruktif, dan dapat diregenerasi kembali sehingga pemisahan menggunakan teknologi membran dapat dikategorikan sebagai *clean technology*.Banyak industri yang telah mengaplikasikan teknologi membran dalam proses nya seperti contohnya pada pengolahan air. Proses membran dipergunakan dalam sistem pengolahan air minum dan air buangan seperti dalam proses desalinasi, pelunakan, penyisihan bahan organik, penghilangan warna, partikel dan lain-lain.Selain pengolahan air, industri tekstil juga menggunakan teknologi membran ini. Industri tekstil tidak lepas dari penggunaan Rhodamin-B yang merupakan salah satu pewarna yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Senyawa Rhodamin-B memiliki rumus molekul $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ dengan berat molekul 479,02 g/mol. Salah satu membran yang telah digunakan dalam proses filtrasi pada industri tekstil (Rhodamin-B) adalah membran komposit kitosan-PVA [2]. Selain itu Aplikasi proses mikrofiltrasidiantaranya adalah untuk proses sterilisasiobat-obatan dan produksi minuman, klarifikasi ekstrakjuice,pemrosesan air ultramurnipada industri semi konduktor, metal recovery,dan sebagainya.Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan teknologi membran adalah:

- Tekanan
- Daya listrik
- Suhu
- Gradien konsentrasi
- Kombinasi lebih dari satu *driving force*

Klasifikasi membran berdasarkan ukuran pori atau diameter dan *driving force* nya dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Rentang aplikasi membran

Salah satu potensi dalam teknologi membran ini adalahmembran yang berasal dari makhluk hidup atau disebut jugamembran alami. Komponen dari membran alami adalah proteindan lipid. Membran alami ini dapat dikembangkan untukberbagai aplikasi seperti filtrasi. Beberapa contoh dari membranalami ini adalah membran kitosan dan membran kulit telur. Kitosan merupakan modifikasi dari senyawa kitin yang terdapat pada hewan kelompok :

<u>Crustacea</u>

seperti udang-udangan dan kepiting. Senyawa kitosan inimemilki banyak manfaat, misalnya untuk bahan pengawet makanan, obat-obatan,dan lain-lain. Kualitas dari membran alami tersebut dipengaruhi oleh sifat dari membrantersebut seperti sifat listrik, termal, dan mekanik. Untuk mengetahui kualitas darimembran alami tersebut, diperlukan pengujian-pengujian dari sifat membran agar karakteristik dari membran-membran alami tersebut dapat diketahui sehingga potensi dari membran alami untuk diaplikasikan untuk teknologi dapatditingkatkan.

Salah satu pengujian karakteristik dari suatu teknologi membran pada proses pemisahan adalah flux. Air baku dimasukkan 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. Membran yang dipakai untuk ultrafiltrasi mempunyai struktur membran berpori dan asimetrik. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain (Wenten, 1996) yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi, untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah di-scale up dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH). Walaupun demikian, membran mempunyai keterbatasan seperti terjadinya fenomena polarisasi konsentrasi, fouling, yang menjadi pembatas bagi volume air terolah yang dihasilkan dan juga keterbatasan umur membran. 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) :

$$J = \frac{V}{A\,x\,t} \qquad (1)$$

Dimana

J = Fluks (l/m^2.jam)

V = Volume permeat (ml)

A = Luas permukaan membran (m^2)

t = Waktu (jam)

ditinjau berdasarkan pengaruh ΔP terhadap nilai flux dapat dijelaskan menggunakan persamaan hagen – poiseulle (Porter, 1990)

$$J = \frac{\varepsilon\, D^2\, \Delta P}{32\, \mu\, L}$$

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

Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu akibat adanya polarisasi konsentrasi, fouling dan scaling. Secara berkala dilakukan pencucian dengan air, ataupun dengan zat kimia (chemical washing) seperti misalnya dengan NaOH, Na acetat atau asam sitrat untuk mengatasi fouling yang terjadi.

Permselektivitas

Permselektivitas suatu membrane merupakan ukuran kemampuan suatu membrane 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 :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \; x \; 100\,\% \qquad (2)$$

Dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

Cp = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

Cf = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

Rumusan Masalah yang diamati pada Modul ini

Pada percobaan ini akan diamati pengaruh tekanan terhadap flux membran. Selain itu pada percobaan ini juga akan diamati tentang pengaruh komposisi chitosan dan asam asetat sebagai bahan baku pembuatan membran yang berasal dari makhluk hidup.

1. Alat :
   a. Labu ukur 100 mL
   b. Kertas penyaring
   c. Corong Buchner
   d. Timbangan
   e. Kaca pengaduk
   f. Hair dryer
   g. Pompa vakum
2. Bahan :
   a. Chitosan
   b. Asam asetat

c. NaOH
d. Rhodamin B
e. NaCl

3. ProsedurPercobaan
   a. Sintesis membran
      1. Menimbang 3 gram chitosan (dapat divariasi) dan melarutkannya kedalam 97 ml asam asetat 3% v/v (3 ml dalam 100 ml).
      2. Mengaduk campuran pada langkah 1 hingga terlarut sempurna (≤ 30 menit).
      3. Mendiamkan campuran yang didapat pada langkah 2 pada tekanan atmosfer selama 24 jam.
      4. Menimbang 5 gram larutan pada langkah 3 dan meratakannya pada kertas saring yang ukuran dan bentuknya disesuaikan dengan petridish.
      5. Menambahkan larutan NaOH 1% v/v hingga terendam.
      6. Mendiamkan selama 10 menit.
      7. Mencuci dengan aquademin ≤ 3 kali.
      8. Mengeringkan dengan menggunakan *hair dryer* sampai terlihat kering.
   b. Proses Filtrasi dengan membran chitosan
      1. Buat larutan NaCl dan rhodamine B dengan konsentrasi masing-masing 100, 10 dan 1 ppm
      2. Masing-masing larutan *sample* tersebut dilewatkan pada membran chitosan dengan corong kaca atau keramik sebagai penyangga. Permeat ditampung dalam erlenmeyer.
      3. Amati dan catat volume permeat dan konsentrat tiap selang waktu tertentu. (5 menit, 10 menit, 15 menit dan 30 menit).
      4. Ukur flux, konsentrasi konsentrat serta % rejeksi untuk masing masing larutan *sample*.
   c. Mengukur konsentrasi Permeat Menggunakan UV Vis**.**

      Berikut Prosedur Penggunaan Uv Vis Spektrofotometer Mecasys
      1. Nyalakan tombol ON OFF pada alat.
      2. Tunggu selama 30 menit untuk pemanasan sampai pada layar menunjukkan bahwa Initial Calibration complete seperti gambar di bawah ini

1. Padalayar Menu akanmuncul ATC, STC, SUR, KIN

ATC :Untuk mengukurpenyerapan, transmisi, dan konsentrasi dipilih panjang gelombang dengan mengukur sampel.

STC :Untuk menggambarkan kurva standar dengan konsentrasi yang diketahui. Kurva standar yang dipilih untuk diterapkan ke mode ATC untuk mendapatkan nilai konsentrasi.

SUR : Untuk membuat grafik pada rentang panjang gelombang tertentu. Pada masing-masing dipilih rentang panjang gelombang, transmitansi dan penyerapan yang dinilai.

KIN :Untuk mendapatkan variabel dengan waktu yang berbeda.

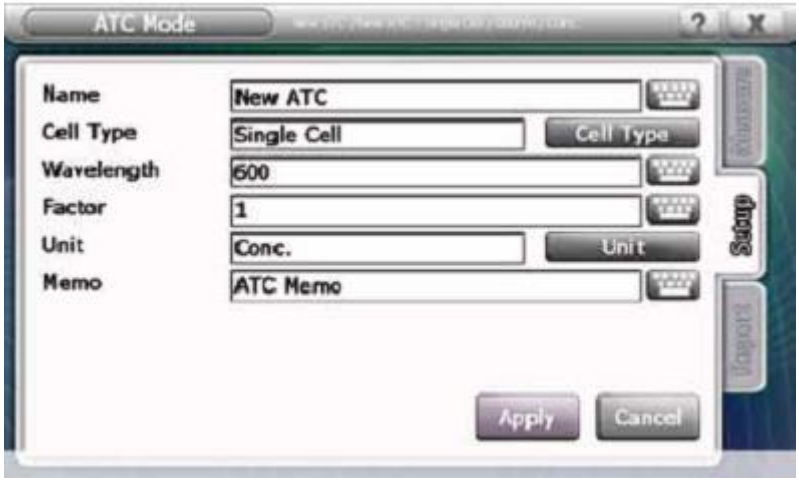
Prosedur pengukuran sampel jika panjang gelombangnya diketahui dapat menggunakan metode ATC (Simple Absorbance Measurement)

2. Klik ATC mode pada layar, kemudian muncul single wave dan multi wave menu seperti gambar di bawah ini

Single wave digunakan untuk mengukur absorbansi sampel hanya pada satu panjang gelombang, sedangkan multi wave digunakan untuk mengukur absorbansi sampel pada lebih dari satu panjang gelombang.

Untuk single wave mode, klik single wave pada menu, kemudian akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah ini

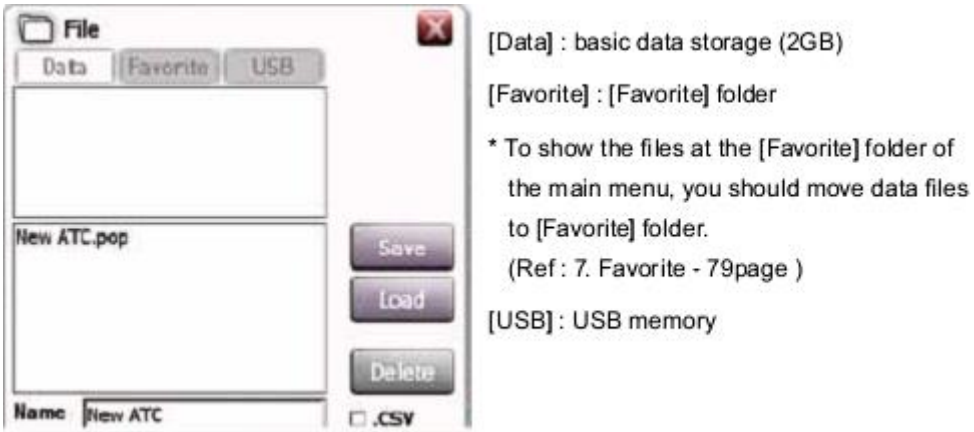
3. Klik setup untuk mengatur kondisi pengukuran meliputi panjang gelombang, tipe cell nya, dan nama file seperti gambar di bawah ini. Setelah selesai pengaturan klik apply



Secara otomatis akan kembali ke tab Measurement

4. Masukkan blanko ke dalam cell holder, kemudian klik auto zero dan tunggu hingga proses auto zero selesai.
5. Masukkan sampel yang ingin diukur absorbancenya kedalam cell holder, kemudian klik measure untuk melakukan pengukuran.
6. Setelah selesai, klik tab report dan akan ditampilkan hasilnya seperti terlihat pada gambar di bawah ini

7. Kembali ke tab measure, klik file untuk menyimpan hasil pengukuran seperti pada gambar di bawah ini



8. Untukmenyimpandalam format excel, centangkotak .CSV kemudianklik Save
9. Apabila tidak mengetahui panjang gelombang dari suatu sampel, maka dapat dicari dengan menggunakan mode SUR.

   Pada Menu SUR terdiriatas 3 menu:

   Measure

   Masukkan sample blanko pada no.B, dantekan baseline. Setelah baseline dinyatakan complete baru masukkan sample kedalam cell yang lain. Dan kemudiantekan Measure.

   Setup

   Didalam menu Setup terdapat:

   Name : Masukkan nama file yang diinginkan.

   Cell Type : Pilih jenis type yang akan digunakan (single cell atau multy cell).

   Start wave : Masukkan awal panjang gelombang yang digunakan.

   End wave : Masukkan akhir panjang gelombang yang digunakan.

   Interval : Memasukkan nilai interval yang akan digunakan.

   Memo :Tekan kotak keyboard untuk menuliskan informasi singkat pengukuran.

   Report

   Digunakan untuk mencetak data diukur setelah memeriksa dengan preview. Pilih item yang ingin anda cetak.

   Apabila sudah diketahui panjang gelombang yang tertinggi, sehingga dapat menggambarkan kurva standar dengan konsentrasi yang diketahui. Kurva standar yang dipilih diterapkan ke mode ATC untuk mendapatkan nilai konsentrasi.

   Didalam menu STC terdapat:

Import : Buka file STC dari luar ke STC daftar manager

Export : Pindahkan file dari STCSTC daftar manager untuk luar penyimpanan data

New :Buat kurva standar

Modify:Konfirmasi atau memodifikasi kurva standar disimpan

Delete :Hapuskurva standar ditandai antara kurva standar disimpan.

Close :Selesai manajer STC.

Select :Pilih kurva standar yang berlaku ke ATC

Pilih menu new untuk memulai dalam pemuatan kurva standar

Didalam menu new terdapat:

Measure

Masukkan sample yang akan diukur (jangan lupa menuliskan nilai konsentrasi pada setiap cell) dan tekan auto zero. Setelah auto zero dinyatakan complete baru masukkan sample kedalam cell yang lain. Dan kemudian tekan Measure untuk mengetahui nilainya.

Setup

Didalam menu Setup terdapat:

Name :Masukkan nama file yang diinginkan.

Cell type :Pilih jenis type yang akan digunakan (single cell ataumulty cell).

Wavelength :Masukkan rentang panjang gelombang yang akan digunakan.

STC type : Untuk pemilihan bentuk kurva standar (linier,zero, straight line, dan curve)

Times :Masukkan jumlah pengukuran tiap cell

Unit :Masukkan atau pilih satuan

Memo :Untuk memasukkan memo

Report

Digunakan untuk mencetak data diukur setelah memeriksa dengan preview. Pilih item yang ingin anda cetak.

4. Keselamatan Kerja

- Hati-hati pada waktu membuat larutan rhodamine B, gunakan sarung tangan, hindari mengenai mata dan kulit.
- Hati-hati menuang dan mengaduk larutan *sample*, peralatan dari gelas mudah pecah.

5. Tugas

a. Buat grafik pengaruh konsentrasi kitosan terhadap flux pada kondisi atmosferik dan vakum.
b. Buat grafik pengaruh konsentrasi feed dan konsentrasi kitosan terhadap % rejeksi pada kondisi atmosferik dan vakum.

Pustaka

Badge &Banchero, ***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.

Mulder M., Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Netherland, 1996.

Mark Porter, Ed., ***Handbook of Industrial Membrane Technology***, Park Ridge: Noyes, 1990

MODUL 3
PENGERINGAN

1. Tujuan

Tujuan pelaksanaan praktikum pengeringan adalah:

- Mengetahui kurva karakteristik pengeringan suatu bahan
- Mengetahui pengaruh kurva karakteristik suatu bahan terhadap kondisi dan/atau konfigurasi aliran gas pengering.

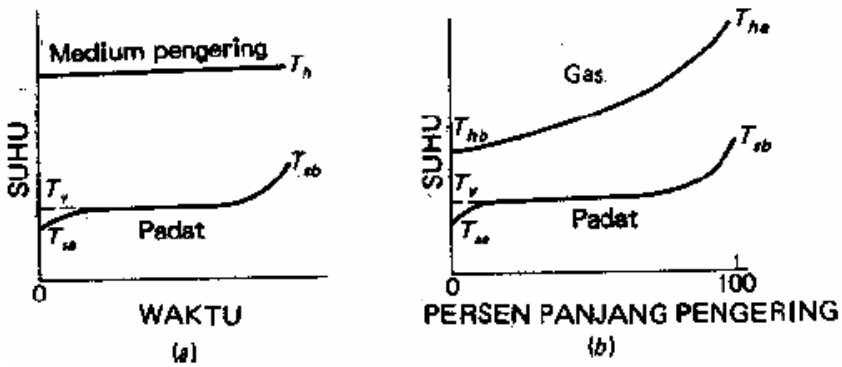
2. Dasar Teori

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 pengering

Gejala perubahan suhu dalam pengering ditentukan oleh sifat bahan umpan dan kandungan zat cairnya, temperatur medium pemanas, waktu pengeringan, serta temperatur akhir yang dapat ditoleransi dalam peneringan zat padat tersebut. Pola perubahan suhu tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pola suhu dalam pengering a) batch, b) kontinyu

Dalam penegring *batch* yang menggunakan medium pemanas dengan suhu tetap (Gambar 1a), temperatur zat padat yang basah itu meningkat dengan cepat dari

nilai awal Tsa menjadi temperatur penguapan Tv. Pada pengering nonadiabatik yang tidak menggunakan gas pengering, Tv dapat dikatakan sama dengan titik didih zat cair pada tekanan yang terdapat dalam pengering. Jika digunakan gas pengering, atau jika pengeringan berlangsung adiabatik, Tv adalah temperatur *wet bulb* (yang sama dengan temperatur jenuh adiabatik apabila gasnya adalah udara dan zat cair yang diuapkan adalah air. Pengaupan berlangsung pada Tv 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 Tsb yang dapat lebih tinggi sedikit atau bahkan jauh lebih tinggi dari Tv. Waktu pengeringan yang ditunjukkan pada Gambar 1-a, mungkin hanya beberapa detik saja, tapi mungkin pula mencapai beberapa jam. Zat padat tersebut dapat berada ada temperatur Tv 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 kontinu, setiap partikel atau elemen zat padat tersebut mengalami suatu siklus yang serupa dengan Gambar 1-b selama proses pengeringannya dari masuk pengering sampai keluar. Dalam operasi keadaan tunak, temperatur pada setiap titik di dalam pengering kontinu selalu konstan, tetapi berubah sepanjang pengering itu. Pada gambar 1-b 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 Tsa ke Tv. Temperatur penguapan Tv 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 Tv. Gas panas masuk pengering pada suhu Tha 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 pdat 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 peneringan adiabtik, difusi selalu ada, tetapi biasanya laju pengerting itu dibatasi oleh perpindahan kalor, bukan perpindahan massa. Karena itu, sebagian besar pengering dirancang hanya atas dasar perpindahan kalor saja.

C. Perhitungan Beban Kalor

Kalor diberikan pada pengering dengan tujuan:

1. memanaskan umpan (zat padat dan zat cair) sampai temperatur penguapan
2. menguapkan zat cair
3. memanaskan zat padat sampai temperatur akhirnya
4. memanaskan uap sampai suhu akhirnya.

Dalam kasus umum, laju total perpindahan kalor dapat dihitung sebagai berikut. Jika ms adalah massa zat padat *bone dry* yang akan dikeringkan per satuan waktu, dan xa dan xb adalah kandungan zat cair awal dan akhir dinyatakan dalam massa zat cair per massa zat padat *bone dry*, maka kuantitas kalor yang berpindah per satuan massa zat padat (qT/ms) adalah:

$$\frac{q_T}{m_s} = C_{ps} * (T_{sb} - T_{sa}) + X_a * C_{pl} * (T_v - T_{sa}) + (X_a - X_b) * \lambda + X_b . C_{pl} * (T_{sb} - T_v) + (X_a - X_b) * C_{pv} * (T_{vb} - T_v) \quad 1$$

dimana:

Tsa = temperatur umpan

Tv = temperatur penguapan

Tsb = temperatur akhir zat padat

Tvb = temperatur akhir uap

d = kalor penguapan

CpS = kalor spesifik zat padat

Cpl = kalor spesifik zat cair

Cpv = kalor spesifik uap

λ = kalor laten penguapan

Dalam persamaan tersebut, diasumsikan semua kalor spesifik dan kalor penguapan adalah konstan dan seluruh penguapan berlangsung pada temperatur konstan Tv. Pendekatan ini memuaskan jika temperatur diketahui atau dapat diperkirakan. Dalam pengering adiabatik, Tv adalah temperatur bola basah gas, sedangkan Tvb adalah temperatur gas keluar yang sama dengan Thb. Kalor yang berpindah ke zat padat, zat cair, dan uap berasal dari pendinginan gas. Pada pengering adiabatik kontinu, neraca kalor menghasilkan :

$$q_T = m_g * (1 + \Psi_a) * C_{sa} * (T_{ha} - T_{hb}) \qquad 2$$

dimana:

mg = laju massa gas kering

ψ = kelembaban gas pada waktu masuk

Csa = kalor lembab gas pada kelembaban pada waktu masuk

Perubahan entalpi di dalam pengering adiabatik dapat pula dihitung langsung dari grafik psikometerik.

D. Koefisien Perpindahan Kalor

Dalam perhitungan pengering berlaku persamaan dasar perpindahan kalor seperti persamaan :

$$q_T = U \times A \times \Delta T \qquad 3$$

dimana :

U = koefisien perpindahan kalor *overall*

A = luas perpindahan kalor

ΔT = beda temperaur rata-rata

Terkadang A dan ΔT diketahui dan kapasitas pengering dapat diperkirakan dari nilai U menurut perhitungan ataupun pengukuran, tetapi sering terdapat suatu ketidakpastian yang tidak dapat diabaikan karena luas nyata perpindahan kalor. Fraksi perpindahan panas yang berada dalam kontak dengan zat padat di dalam pengering umpamanya sudah diperkirakan; luas total permukaan zat padat yang terkena pada permukaan panas, atau gas panas pun sulit diperkirakan. Oleh karena itu, banyak pengering yang dirancang atas dasar koefisien perpindahan kalor volumeterik Ua, dimana a adalah luas bidang peprindahan kalor per satuan volume pengering. Persamaan yang menentukan adalah :

$$q_T = Ua \times A \times \Delta T$$

dimana:

Ua = koefisien perpindahan kalor volumetrik

V = Volume pengering

ΔT = beda temperaur rata-rata

Oleh karena pola suhu cukup kompleks, beda suhu rata-rata untuk pengering tersebut secara keseluruhan sulit didefinisikan. Karena itu koefisien perpindahan kalor sulit ditaksir dan terbatas penggunaannya. Suatu persamaan umum yang sangat berguina untuk perhitungan ini adalah perpindahan kalor dari gas ke partikel bola tunggal atau bola tersisih seperti berikut:

$$\frac{h_o.D_p}{k_f} = 2 + 0{,}6 * \left(\frac{D_p G}{\mu_f}\right)^{0,5} \left(\frac{C_p.\mu_f}{k_f}\right)^{1/3} \qquad 4$$

Terlihat bahwa untuk kebanyakan pengering tidak ada suatu korelasi umum yang dapat digunakan, dan setiap koefisiennya harus ditentukan melalui eksperimen. Koefisien-koefisien empirik biasanya didasarkan atas definisi yang bersifat agak sembarang mengenai luas permukaan perpindahan kalor dan perbedaan suhu rata-rata.

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: kristal, zat padat berpori dan zat padat tidak berpori. Partikel kristal tidak mengandung zat cair sampai ke dalam partikelnya sehingga pengringan 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 poriporinya 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 system *batch.*

3. Alat dan Bahan

3.1 Alat

a. Try dryer
b. Loyang aluminum dengan dasar berlubang
c. Loyang aluminium dengan dasar tanpa lubang

3.2 Bahan

Praktikan dapat memilih sendiri, seperti singkong basah, kentang basah, bengkuang basah, potongan kayu basah, dan sebagainya.

4. Prosedur Kerja

1. Menimbang bahan kering menggunakan neraca balance catat massanya
2. Rendam bahan yang akan digunakan dengan air selama 5, 10 dan 15 menit. Kemudian timbang bahan basah tersebut menggunakan neraca balance, catat massa basah.
3. Letakkan bahan basah diatas loyang aluminium dan masukkan ke dalam try dryer selama 30 menit.
4. Keluarkan bahan dari try dryer selanjutnya menimbang bahan tersebut, catat massa bahan setelah pengeringan.
5. Lakukan untuk masing-masing bahan dan letakkan pada loyang berbeda.

Tugas :

1. Hitunglah kadar air di dalam sampel?
2. Hitung masa kering bahan jika bahan diletakkan pada loyang berlubang dan tidak berlubang selama proses pengeringan berlangsung?
3. Gembarkan kurva laju pengeringan terhadap air?
4. Hitunglah koefisien perpindahan panas dan permindahan massanya?

MODUL 4
PARTICLES SIZE REDUCTION

1. Tujuan Percobaaan

1. Menentukan ukuran partikel pada No. Mesh 8, 10,12, 14, 16 dan 18 Mesh
2. Dapat menentukan dan mengetahui nilai TAAD (*True Arithmatic Diameter*), Dp (*Mean Surface Diameter*), dan Dv (*Mean Volume Diameter*).

2. Dasar Teori

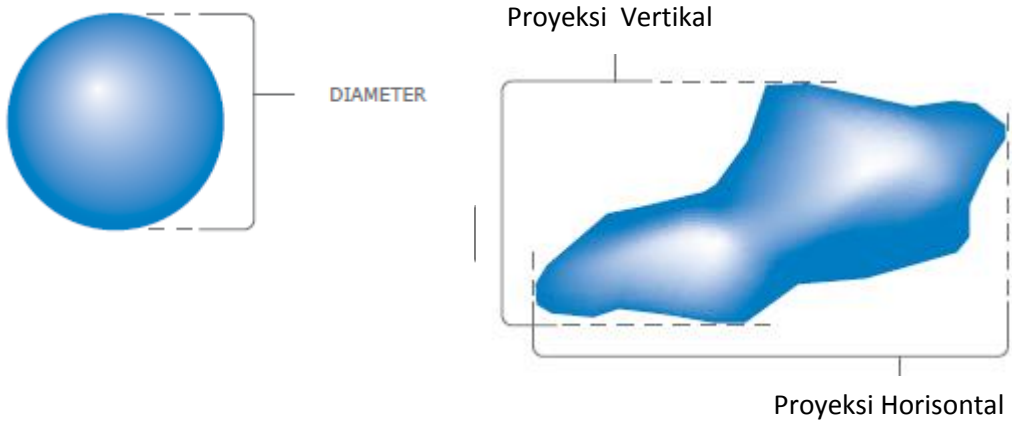
A. Pengertian *Screening*

Screening atau penyaringan adalah suatu proses pemisahan secara mekanik berdasarkan perbedaan ukuran partikel suatu material. *Screening* sering dipakai dalam skala industri, sedangkan penyaringan (*sieving*) dipakai untuk skala laboratorium. S*creening* 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 :

1. Jenis ayakan
2. Cara pengayakan
3. Kecepatan pengayakan
4. Ukuran ayakan
5. Waktu pengayakan
6. Sifat bahan yang akan diayak

Ayakan terbuat dari kawat dengan ukuran lubang tertentu. Istilah mesh digunakan untuk menyatakan jumlah lubang tiap inci linear (Parrot,1970). Tabel 1 konversi nomor standar ayakan dan masing-masing lubang ayakan dinyatakan dalam milimeter dan in.



Tabel 1: Bukaan lubang dan ukuran ayakan, sumber: 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

B. Distribusi partikel

Pengukuran partikel yang berbeda dipengaruhi oleh jumlah, volume, berat, luas permukaan. Hasil berdasarkan dari teknik seperti analisis menjadi basis volume (ref. 7).

Kesalahan yang terlibat umumnya sangat rendah dalam skenario ini.

Salah satu yang harus diperhatikan dalam pengayakan adalah jenis ayakannya. Berdasarkan gerak pengayak, alat ayakan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *stationary screen* dan *dynamic screen*. Beberapa alat ayakan *dynamic screen*, yaitu:

1. ***Vibrating Screen***, permukaannya horizontal dan miring digerakkan pada frekuensi tinggi (1000-7000 Hz). Satuan kapasitas tinggi, dengan efisiensi pemisahan yang baik, yang digunakan untuk range yang luas dari ukuran partikel. Gambar 1.i. menunjukkan jenis ayakan model *vibrating screen*.

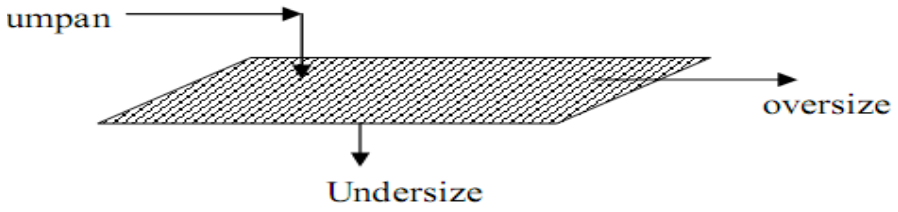
Gambar 1.1. Ayakan Jenis *Vibrating Screen*

2. ***Occilating Screen,*** dioperasikan pada frekuensi yang lebih rendah dari *vibrating screen* (100-400 Hz) dengan waktu yang lebih lama, lebih linier dan tajam.

3. ***Reciprocating Screen,*** dioperasikan dengan gerakan menggoyang, pukulan yang panjang (20-200 Hz). Digunakan untuk pemindahan dengan pemisahan ukuran.
4. ***Shifting Screen***, dioperasikan dengan gerakan dalam bidang permukaan ayakan. Gerakan aktual dapat berupa putaran atau gerakan memutar. Digunakan untuk pengayakan material basah atau kering.
5. ***Resolving Screen***, ayakan miring berotasi pada kecepatan rendah (910-20 rpm). Digunakan untuk pengayakan basah dari material-material yang relatif kasar, tetapi memiliki pemindahan yang kasar dengan *vibrating screen*.

Hasil dari suatu pengayakan adalah produk dengan ukuran-ukuran partikel tertentu. 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*)



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*), atau halusan (*fines*), lulus melewati bukaan ayak, sedang yang di atas ukuran atau yang besar (*oversize*), atau buntut (*tails*) tidak lulus. Pengayakan lebih lazim dalam keadaan kering (McCabe, 1999).

1. *Vibrating Screen*

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*.

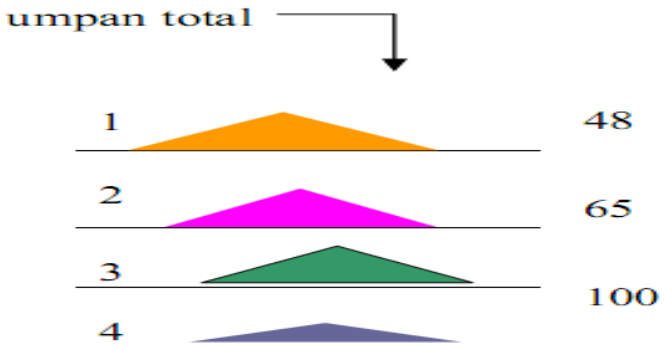
Mesin pengayak atau *vibrator screen* ini terbuat dari plat *stainless steel* dengan *frame* berbahan besi. Terdiri dari beberapa lapisan *screen sieve* berbahan *stainless steel* yang disusun seri . Dimana lapisan paling bawah adalah apisan untuk menampung bahan hasil ayakan, sedangkan lapisan-lapisan diatasnya 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 SieveScreen Shaker*

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

Ditinjau : Sejumlah campuran partikel diayak dalam suatu susunan ayakan, di laboratorium (menggunakan *sieve shaker*)



Keterangan:

a. Masing-masing padatan yang diperoleh ditimbang dan dijumlahkan
b. Setiap ayakan ukuran tertentu dihitung fraksi massa partikel yang lolos
c. Fraksi massa yang tertahan dan diameter rata-ratanya,
d. Data fraksi massa dan diameter ditabulasikan,
e. Data di atas disajikan dalam gra

Keterangan:

Fraksi massa partikel yang tertahan = $\frac{\text{berat partikel yang tertahan}}{\text{berat total campuran}}$

Fraksi massa partikel yang lolos= $\frac{\text{berat partikel yang lolos}}{\text{berat total campuran}}$

Tabel 1.2 Beberapa cara menyebutkan fraksi ukuran

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

2. *Average Particle Size*

Beberapa karakter padatan yang dapat dianalisis dari data hasil ayakan:

a. Average diamater (Davg)

Diameter yang jika dikalikan dengan jumlah partikel akan memberikan jumlah total diameter dalam campuran itu.

Diameter average x (jumlah partikel) = D total campuran.

b. Average surface

Surface average x (jumlah partikel) = surface total

c. Average volume (Vavg)

Volume average x (jumlah partikel) = surface total

d. verage mass (Mavg)

Mass average x (jumlah partikel) = massa total

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

1. *True Arithmatic Average Diameter* (TAAD)

$$TAAD = \frac{diameter\ total}{jumlah\ partikel\ total}$$

Misal: Hasil analisis ayakan suatu campuran adalah sebagai berikut:

Mesh	Davg	Fraksi Massa	Jumlah Partikel
	D_1	X_1	N_1
	D_2	X_2	N_2
	....	....	....
	Dst		

Diameter total = $N_1.D_1 + N_2.D_2 + N_3.D_3 + \ldots + \ldots = \Sigma (Ni . Di)$

Jumlah partikel total = $N_1 + N_2 + N_3 + \ldots = \Sigma (Ni)$

Dalam prakteknya, menghitung jumlah partikel sangatlah sulit, lebih menentukan massa dari masing-masing ukuran. Oleh karena itu, dicari hubungan antara jumlah partikel dengan massa pada masing-masing ukuran tersebut. Pendekatan yang diambil sebagai berikut :

Ditinjau untuk partikel berukuran Di:

[massa total partikel] = [jumlah partikel] x [massa sebuah partikel]

Dengan,

[massa sebuah partikel = $\rho_{partikel}$ x [volum sebuah partikel]

Volum sebuah partikel = c x Di^2

Dengan c = $\frac{\pi}{6}$ untuk partikel berbentuk bola

c = 1 untuk partikel berbentuk kubus

Jika M = massa total campuran, maka:

[massa total partikel berukuran Di] = M x Xi

Persamaan pendekatan menjadi :

(M . Xi) = Ni x (ρ . c . Di^3)

$$Ni = \frac{M.Xi}{\rho.c.Di^3}$$

Maka jumlah partikel campuran total :

$$\sum Ni = N_1 + N_2 + N_3 + \cdots$$

$$= \frac{M.Xi}{\rho.c.D1^3} + \frac{M.Xi}{\rho.c.D2^3} + \frac{M.Xi}{\rho.c.D3^3} + \cdots$$

$$= \frac{M}{\rho.c} \sum \frac{Xi}{Di^3}$$

Sehingga:

$$TAAD = \frac{\sum Di}{\frac{M}{\rho.c} \sum \frac{Xi}{Di^3}}$$

Keterangan:

M = massa partikel (gram)

ρ = berat jenis partikel (gram/in^3)

Xi = fraksi massa partikel

Di = Diameter partikel (in)

2. *Mean Surface Diameter* (Dp)

   Diameter yang dapat mewakili untuk menghitung luas permukaan total.

(luas permukaan dengan Dp) x (jumlah total partikel) = (luas permukaan total)

Jika bentuk bola, luas permukaan πD^2

Sehingga:

$$Dp = \sqrt{\frac{\sum \frac{Xi}{Di}}{\sum \frac{Xi}{Di^3}}}$$

Keterangan:

Xi = fraksi massa partikel

Di = Diameter partikel (in)

3. *Mean Volume Diameter* (Dv)

Diameter yang dapat mewakili untuk menghitung volume total campuran.

[volum partikel dengan Dv] x [jumlah total partikel] = [volum partikel total]

Dengan,

[volum partikel total] = [vol D1 x N1] + [vol D2 x N2] + ...

$= \sum[c \cdot Di^3 \cdot Ni]$

$c \cdot Dv^3 \cdot \sum Ni = \sum[c \cdot Di^3 \cdot Ni]$

$$Dv = \sqrt[3]{\frac{\sum Xi}{c \sum \frac{Xi}{c.Di^3}}}$$

Keterangan:

Xi = fraksi massa partikel

Di = Diameter partikel (in)

c = konstanta partikel

C. Pengukuran Berat Jenis Zat Padat

Massa jenis atau berat jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik (kg/m^3).

Setiap jenis zat padat memiliki massa jenis yang berbeda. Berat jenis zat padat dapat dihitung dengan bantuan piknometer maupun gelas ukur. Pengukuran berat jenis zat padat menggunakan gelas ukur dapat dilakukan dengan mengisi gelas ukur dengan beberapa mL air kemudian zat padat yang akan diukur berat jenisnya ditimbang terlebih dahulu agar massa zat tersebut diketahui dan setelah diketahui massanya dimasukkan ke dalam gelas ukur

yang telah diisi dengan air tadi, sehingga volume zat padat tadi dapat diketahui melalui gelas ukur. Berat jenis zat padat dapat diketahui dengan rumus.

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

Keterangan:

ρ = massa jenis zat (g/ml)

m = massa zat padat (gram)

V = volume zat padat (ml)

D. Prosedur Percobaan

1. Alat dan Bahan :

Alat Yang Digunakan :

a. Alat Screening
b. Palu
c. Neraca Digital
d. Plastik

2. Bahan Yang Digunakan :

a. Batubara yang telah dikeringkan dan digerus sebanyak 500 gram

3. Prosedur Kerja :

a. Mengecilkan ukuran batubara yang telah dijemur dengan menggunakan palu, hingga ukuran yang lebih kecil (disesuaikan dengan ukuran ayakan).
b. Menimbang sebanyak 500 g batubara yang telah dikecilkan dengan menggunakan nerca digital.
c. Menyusun alat screening sesuai urutan nomer ayakan.
d. Memasukkan batubara yang telah ditimbang dan diperkecil ke dalam alat screening.
e. Menutup dan merapatkan alat.
f. Mengatur kecepatan amplitudo untuk screening.
g. Menunggu proses screening selama 10 menit.
h. Mengeluarkan dan menimbang jumlah batu bara yang lolos ataupun tertinggal di setiap nomer ayakan.

Referensi:

1. Coulson and Richardson's, 2002, *Particle Technology and Separation Processes,* VOLUME 2 FIFTH EDITION Elsevier Science.
2. Horiba, 2014, A GUIDEBOOK TO PARTICLE SIZE ANALYSIS, USA, www.horiba.com/us/particle.

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

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 [1].

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

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

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

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

sedangkan neraca massa pada cairan adalah

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

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).

$$M_o + V_L C_{Lo} = M + V_L C_L \tag{4}$$

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 ekperimen 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

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

daerah antarmuka di definisikan sebagai:

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

dan secara ekperimen nilai C_{SAT} adalah 1613 kg/m^3 pada 20 °C.

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

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

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

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

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

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

Persamaan di atas dapat digunakan sebagai perbandingan dengan hasil eksperimen.

3. Prosedur Percobaan

1. Tutup drain valve pada vessel.
2. Pasang impeler jenis 3-bladed pitched-blade turbin. Jarak impeler dari dasar tangki (*clearance*) adalah ¼ diameter tangki.

3. Isi vessel dengan aquades sampai tanda (tinggi liquid sama dengan diameter tangki) dan ukur volumenya.
4. Ambil tiga padatan, timbang dan ukur diameter rata-ratanya.
   Padatan yang digunakan merupakan campuran antara gula, asam sitrat dan aditif pewarna
5. Nyalakan power pengaduk. Atur kecepatan impeller pada 150 rpm. Jika telah sesuai, matikan pengaduk.
6. Masukkan padatan dalam vessel dan nyalakan power pengaduk.
7. Biarkan selama 3 menit kemudian hentikan pengadukan. Ambil padatan dengan bantuan sendok, keringkan dengan kertas tisu, timbang dan masukkan kembali ke vessel.
8. Ulangi langkah 6 dan 7 sebanyak 3 sampai 4 kali.
9. Ulangi langkah 4 – 8 untuk kecepatan putar impeler 200 rpm
10. Lepaskan impeller dan ganti dengan 6-bladed 45°pitched-blade turbin. C*learance* adalah ¼ diameter tangki.
11. 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.
e) pola alir pada jenis impeller yang berbeda

5. Analisis Data

a. Plot grafik $(M/Mo)^{1/3}$ 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.
c. Bandingkan k_{LS} (eksperimen) dengan k_{LS} (teoritis).

6. Referensi

1. S. Boon-Long, C. Laguerie and J.P. Coudere "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).

Dv = Diffusivity of solid ball (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 = Stirrer speed, (sec^{-1}).

r = radius of the solid particles (solids) at any time, (m).

Re = $\frac{dT\omega\pi}{v}$, 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).

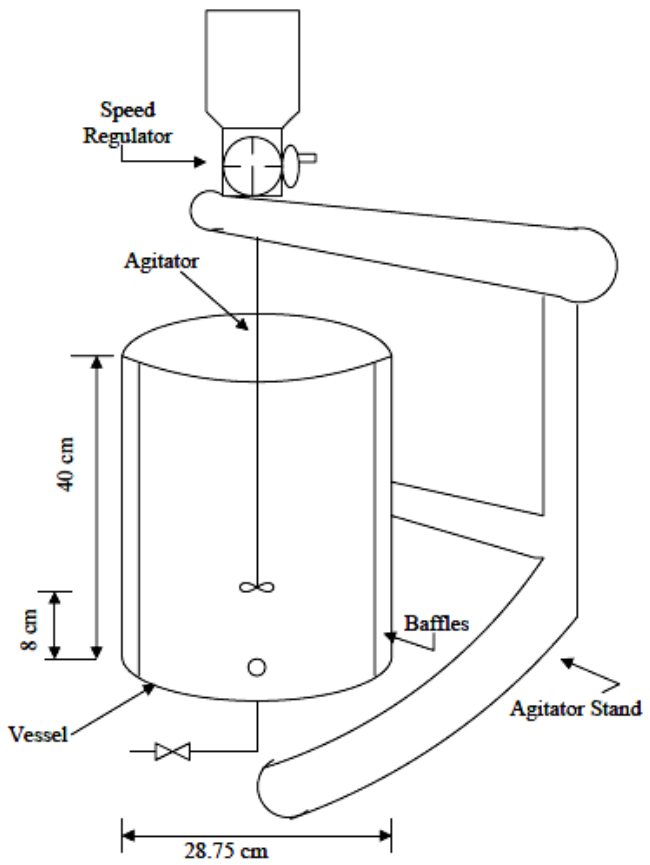
ρ = density of liquid, (kg/m^3).

ρs = 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)



Skema peralatan