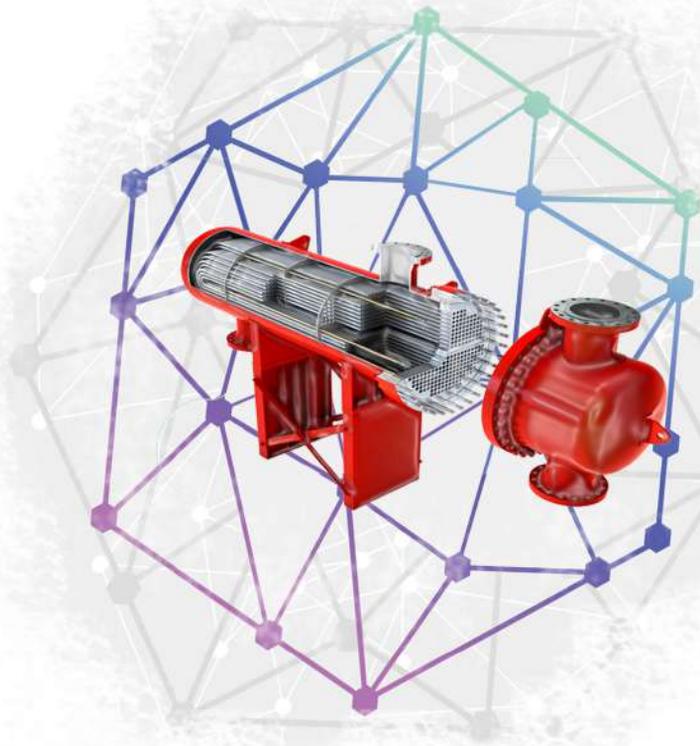


Institut
Teknologi
Indonesia

PENUNTUN PRAKTIKUM TEKNIK KIMIA II



TIM PENYUSUN

Dr. Ir. Sidik Marsudi, M.,Si
Dr. Ir. Aniek S. Handayani, M.si
Dr. Ir. Joelianingsih, M.T
Dr. Ir. Enjarlis, M.T
Dr. Ir. Kudrat Sunandar, M.T
Adam Malik, S.T

Laboratorium
PROGRAM STUDI
TEKNIK KIMIA

PENUNTUN

PRAKTIKUM TEKNIK KIMIA II



TIM PENYUSUN :

- 1. Dr. Ir. Kudrat Sunandar, M.T**
- 2. Dr. Ir. Aniek Sri Handayani, M.Si**
- 3. Dr. Ir. Joelianingsih, M.T**
- 4. Dr. Ir. Enjarlis, M.T**
- 5. Dr. Sidik Marsudi, M.Si**
- 6. Adam Malik, S.T**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
TANGERANG SELATAN

2018

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala Puji Hanya untuk Allah SWT Tuhan Yang Maha Berilmu, karena atas berkat dan rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan Diktat **Penuntun Praktikum Teknik Kimia II** ini dengan baik. Diharapkan dengan adanya diktat ini, Mahasiswa mendapatkan panduan dalam Praktikum Teknik Kimia II pada Program Studi Teknik Kimia – Institut Teknologi Indonesia.

Materi yang ditulis dalam diktat ini berisi sebanyak lima modul praktikum. Di dalamnya berisi tentang pemahaman dan konsep dasar unit proses teknik kimia. Isi buku ini disusun mulai dari tujuan praktikum, teori penunjang/dasar teori, percobaan yang akan dikerjakan, serta matriks percobaan untuk memudahkan mahasiswa menuliskan hasil pengamatan. Dengan mengacu pada diktat praktikum ini Mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mengerti akan konsep dasar serta logika dalam unit proses teknik kimia. Yang diharapkan nantinya bisa menjadi bekal untuk menjadi seorang sarjana teknik kimia yang handal dimasa mendatang.

Kami menyadari bahwa diktat ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat kami harapkan untuk semakin menyempurnakannya pada kesempatan mendatang. Terima Kasih.

Tangerang Selatan, September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
TATA TERTIB PRAKTIKUM LABORATORIUM TEKNIK KIMIA II.....	iii
MODUL 1. ROTARY DRY.....	1
MODUL 2. FILTER PRESS	11
MODUL 3. DINAMIKA PROSES.....	16
MODUL 4. POLYBLEND.....	27
MODUL 5. AERASI.....	33
DAFTAR PUSTAKA	40

TATA TERTIB PRAKTIKUM LABORATORIUM TEKNIK KIMIA II

1. PRAKTIKAN

- a. Hanya mahasiswa yang telah memenuhi syarat-syarat (baik syarat akademik maupun syarat administratif) yang dapat mengikuti praktikum.
- b. Hanya praktikan yang telah menyelesaikan semua kewajiban dilaboratorium (termasuk pengembalian/penggantian alat-alat yang rusak) untuk mendapatkan nilai evaluasi hasil praktikum.
- c. Setiap praktikan diwajibkan memiliki buku harian (*log book*) laboratorium untuk mencatat hasil dan segala hal yang berhubungan dengan praktikum.
- d. Setiap praktikan diwajibkan membawa tissue dan lap.

2. PRAKTIKUM

- a. Sebelum melakukan percobaan semua hal yang berhubungan dengan teori, alat-alat, bahan dan pelaksanaan praktikum harus dipahami benar-benar.
- b. Pengarahan dan test awal dilaksanakan sebelum praktikum oleh dosen penanggung jawab modul (teori) dan pada hari praktikum oleh asisten (lisan tentang cara kerja). Praktikan harus membuat laporan awal yang berisi pendahuluan sampai dengan matrik data percobaan.
- c. Data yang diperoleh dari hasil percobaan perlu dicatat pada laporan awal oleh masing masing praktikan dan harus ditandatangani oleh asisten.
- d. Selama praktikum dilaksanakan, aturan-aturan yang ada harus diperhatikan dan ditaati, antara lain :
 - Dilarang makan, merokok dan menggunakan HP selama praktikum di dalam laboratorium.
 - Diwajibkan menggunakan perlengkapan khusus sesuai dengan keperluannya (misalnya : sepatu tertutup, jaslab, masker dan sarung tangan).
 - Melaporkan segala hal / kejadian di laboratorium yang cenderung membahayakan secepat mungkin kepada asisten , staf laboran yang terdekat.

- Melaporkan segala kerusakan / ketidakberesan di laboratorium terutama yang berkaitan dengan sarana pendukung (air, listrik dll) kepada asisten / staf laboran.
 - Tidak diperbolehkan meninggalkan laboratorium tanpa ijin dsari asisten.
- e. Waktu Praktikum adalah : Senin, Rabu dan Kamis, jam 12.30 – 16.00, dianjurkan praktikan hadir 15 menit sebelum praktikum dimulai. Keterlambatan hanya diberi toleransi selama 15 menit dengan alasan yang dapat dipertanggungjawabkan.
- f. Setelah selesai praktikum, praktikan diwajibkan :
- Membersihkan alat-alat yang dipakai praktikum
 - Membersihkan meja-meja
 - Merapikan kursi-kursi
 - Mematikan semua sarana pendukung yang digunakan (misalnya : mematikan kran, mematikan aliran listrik dll).
- g. Sisipan diberikan 1 (satu) kali hanya bagi mahasiswa yang sakit atau halangan lain yang diijinkan dengan terlebih dahulu memberitahukan secara tertulis.
- h. Setiap kejadian pelanggaran selama praktikum akan dicatat pada buku pelanggaran. Pelanggaran pertama dan kedua akan mengurangi penilaian sedangkan pelanggaran ke 3 akan dikenai sanksi tidak diperbolehkan melanjutkan praktikum dan diberi nilai E untuk praktikum tersebut.

3. ALAT DAN BAHAN

- a. Peminjaman alat dan bahan dilakukan oleh praktikan , dengan menggunakan bon peminjaman yang ditandatangani oleh asisten.
- b. Dalam bon peminjaman alat/permintaan bahan harus dicantumkan jumlah serta spesifikasi alat/bahan yang diminta.
- c. Semua alat (baik instrument ataupun barang gelas) yang dipinjam menjadi tanggungjawab praktikan yang bersangkutan, dan harus dikembalikan dalam keadaan bersih dan baik. Dalam hal barang gelas yang dikembalikan telah kotor sehingga tidak dapat dibersihkan lagi dianggap sebagai alat rusak dan harus diganti sesuai dengan aturan penggantian alat.
- d. Dalam hal alat yang dipinjam merupakan satu set lengkap, harus kembali dalam keadaan satu set lengkap pula.

- e. Dalam hal menggunakan alat yang telah tersedia di laboratorium seperti timbangan, oven harus sesuai dengan petunjuk pemakaian masing-masing serta seizin asisten/petugas yang bertanggung jawab terhadap alat tersebut.
- f. Semua alat yang dipinjam tidak boleh dipindah tangankan.
- g. Pengambilan bahan-bahan kimia harus menggunakan alat-alat yang bersih. Bahan kimia yang rusak karena kelalaian dalam pemakaian, dianggap rusak dan harus diganti.
- h. Penyelesaian peminjaman/penggantian alat/bahan harus diselesaikan pada praktikum terakhir.

4. LAPORAN.

- a. Setiap praktikum harus dilaporkan dalam jenis laporan, format sesuai dengan yang telah ditentukan.
- b. Laporan awal dibawa pada saat akan mulai praktikum
- c. Laporan akhir dikumpulkan pada :
 - Praktikum Kimia Analitik selama 2 hari setelah praktikum.
 - Praktikum Kimia Fisika selama 2 hari setelah praktikum.
 - Praktikum Kimia Organik selama 3 hari setelah praktikum.
 - Praktikum Teknik Kimia I selama 4 hari setelah praktikum
 - Praktikum Teknik Kimia II selama 4 hari setelah praktikum
- d. Waktu pengumpulan laporan dari jam 09.00 s.d 14.00 WIB
- e. Bagi yang tidak mengumpulkan laporan tidak boleh mengikuti praktikum selanjutnya.
- f. Setiap kali praktikum dan mengumpulkan laporan, kartu praktikum harus ditandatangani oleh asisten yang membimbing praktikum dan penerima laporan (dalam hal ini staf laboratorium)

5. LAIN-LAIN

- a. Hal-hal lain yang belum diatur dalam aturan ini akan diatur kemudian.
- b. Segala perubahan atau perbaikan terhadap isi peraturan ini hanya dapat dilakukan dengan persetujuan Ka.Lab. Teknik Kimia.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

1. Tujuan Percobaan

- Menentukan kapasitas pengeringan, (K_p) dalam satuan kg/jam
- Menentukan konsumsi bahan bakar yang digunakan, (K_b) dalam satuan kg/jam atau liter/jam
- Menentukan efisiensi panas (η_H) dan efisiensi pengeringan (η_O), dalam satuan persen (%)
- Membuat neraca massa pada proses pengeringan

2. Teori

Proses pengeringan didefinisikan sebagai penghilangan sejumlah kecil cairan dari padatan atau material hampir padat melalui proses penguapan cairan. Untuk mencapai tujuan tersebut panas harus ditransfer kepadatan guna pemenuhan tenaga yang dibutuhkan untuk penguapan. Massa cairan atau uap harus ditransfer dari dalam padatan ke permukaan bebas dan cairan yang diuapkan bergerak dari sekitar padatan ke gas pembawa. Dalam banyak kejadian pengeringan, cairan yang dihilangkan adalah air dan sebagai medium pengering adalah udara yang dipanaskan.

Pengeringan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Sistem operasi : batch atau kontinyu
- Jenis perpindahan panas : konveksi, konduksi, radiasi atau elektromagnetik
- Keadaan material dalam pengeringan : diam atau bergerak/berputar/tersebar
- Tekanan operasi : atmosfer atau vakum
- Medium pengering : udara, uap superheated atau gas buang
- Temperatur pengeringan : dibawah atau diatas titik didih air, dibawah titik beku air
- Aliran bahan dan medium pengering : co-current (searah) atau counter current (berlawanan arah)
- Tahap pengeringan : single atau multiple
- Waktu tinggal : short (< 1 menit), medium (1 sampai 60 menit), long (> 60 menit)



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

2.1 Konsep Pengeringan

Konsep dasar pengeringan terdiri dari proses transfer panas (proses pemanasan yang mentransfer panas sensible dari medium pemanas ke bahan dan dari permukaan bahan ke pusat bahan) dan proses transfer massa (proses pengeringan atau penguapan sebagai fungsi panas laten dari pusat bahan ke permukaan bahan yang akan di bawa ke udara).

Pada pengeringan terjadi perpindahan panas antara padatan dan gas. Panas berpindah dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi, gaya dorong untuk aliran ini adalah perbedaan suhu. Perpindahan panas dapat terjadi dengan cara konveksi dan konduksi.

a. Konveksi

Pada perpindahan panas secara konveksi, energi panas ini akan dipindahkan ke sekelilingnya dengan perantara aliran fluida. Konveksi hanya dapat terjadi melalui zat yang mengalir, maka bentuk pengangkutan panas ini hanya terdapat pada zat cair dan gas. Oleh karena pengaliran fluida melibatkan pengangkutan masa, maka selama pengaliran fluida bersentuhan dengan permukaan bahan yang panas, suhu fluida akan naik.

b. Konduksi

Pada perpindahan panas secara konduksi, kalor/panas mengalir tanpa disertai gerakan zat, tetapi melalui satu jenis zat. Arah aliran energi panas dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuh rendah.. Molekul dan elektron merupakan alat pengangkut panas di dalam bahan menurut proses perpindahan panas konduksi. Dengan demikian dalam proses perpindahan panas di dalam bahan, aliran electron akan memainkan peranan penting .



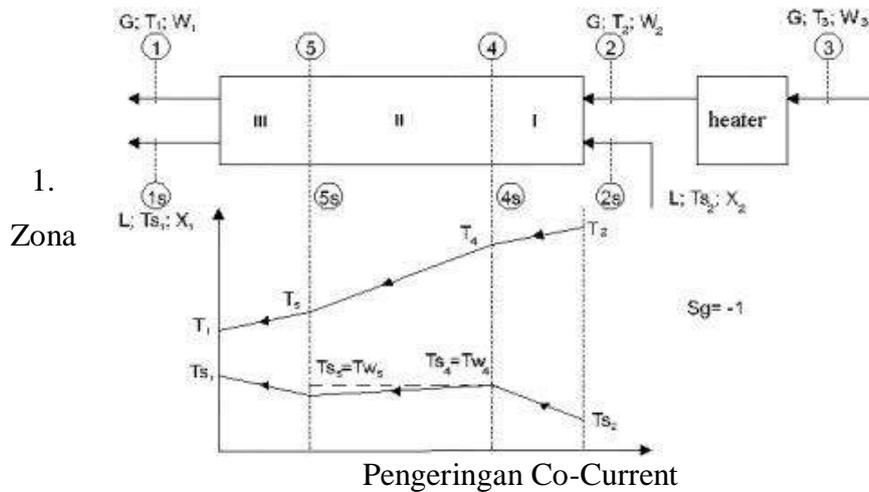
**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

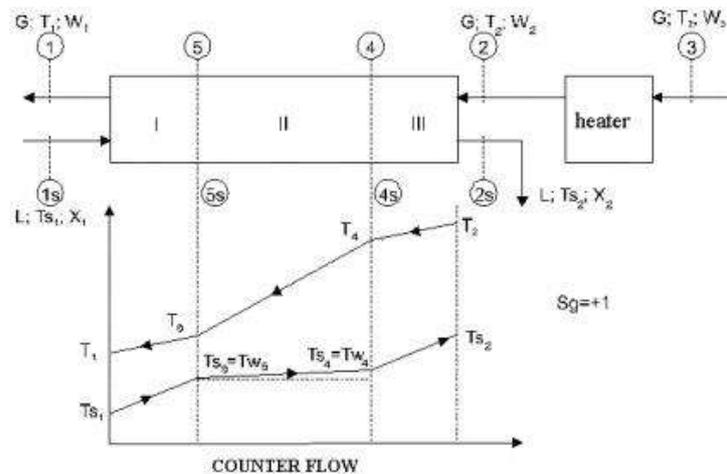
MODUL 1. ROTARY DRY

2.2 Mekanisme Proses Pengeringan

2.2.1 Aliran Searah (Co-Current Flow) dan Berlawanan Arah (Counter Current Flow)



Gambar Grafik



Gambar 2. Grafik Zona Pengeringan Counter Current

Keterangan :

- Zona I : dimana padatan dipanaskan ke temperatur bola basah dari udara pengeringan tanpa kehilangan kelembaban.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

- Zona II : dimana padatan kehilangan seluruh kelembaban yang diinginkan dan tetap pada temperatur bola basah.
- Zona III : dimana temperatur padatan naik tanpa kelembaban lebih lanjut.

2.3 Transfer Massa Dalam Dryer

Dalam semua dryer dimana gas pengering dilewatkan diatas padatan, massa uap ditransfer dari permukaan padatan menuju gas, dan kadang-kadang melalui bagian saluran dalam padatan.

Dari sisi gas, dalam proses pengeringan gas tersebut mengalami pelembaban adiabatik, sedangkan pada padatan terjadi penguapan bila padatannya basah atau sebagai desorpsi bila padatannya kering.

2.4 Kebutuhan Panas Untuk Proses Pengeringan

Panas dalam proses pengeringan digunakan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan sebagai berikut :

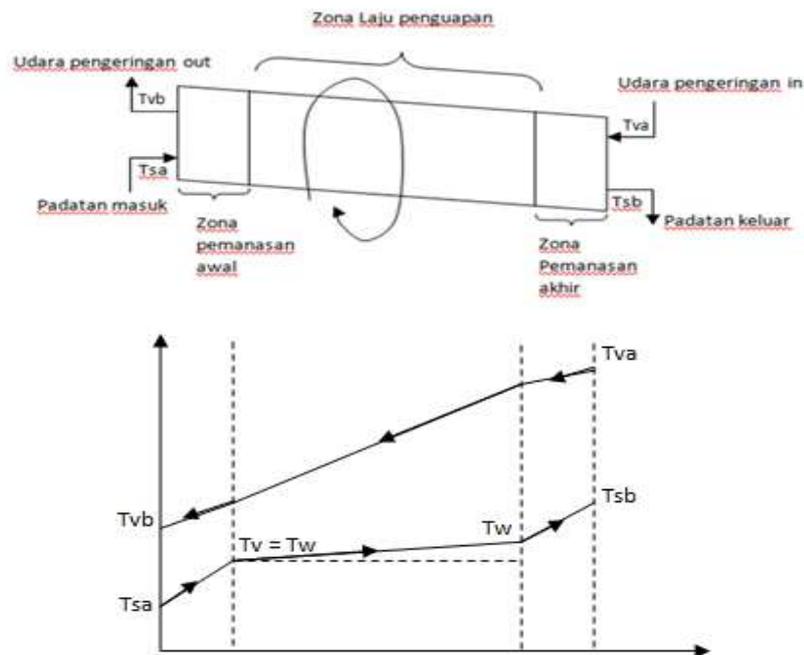
1. Memanaskan umpan (padatan dan cairan) dari suhu awal sampai temperatur penguapan
2. Penguapan cairan
3. Memanaskan padatan samapai temperatur akhir padatan
4. Memanaskan uap (gas) sampai temperatur akhirnya



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY



Gambar 3. Zona Pengeringan

Dalam keadaan umum kecepatan transfer panas keseluruhan dapat dihitung sebagai berikut :

Jika m_s adalah massa padatan yang dikeringkan per satuan waktu, dan X_a dan X_b adalah kandungan cairan awal dan akhir (massa cairan per berat padatan kering) maka jumlah panas yang ditransfer per unit massa padatan (q_T/m_s) adalah :

$$q_T/m_s = C_{ps} (T_{sb} - T_{sa}) + X_a C_{pL} (T_v - T_{sa}) + (X_a - X_b) \lambda + X_b C_{pL} (T_{sb} - T_v) + (X_a - X_b) C_{pv} (T_{vb} - T_v) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- T_{sa} = temperatur awal padatan (padatan basah)
- $T_v = T_{wb}$ = temperatur penguapan
- T_{sb} = temperatur akhir padatan
- T_{va} = temperatur awal medium pengering
- T_{vb} = temperatur akhir medium pengering
- λ = panas penguapan



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

Cps = panas jenis padatan

CpL = panas jenis cairan

Cpv = panas jenis uap

Persamaan tersebut dapat diurai lebih lanjut :

$$Q_T = m_s C_{ps} (T_{sb} - T_{sa}) + m_s X_a C_{pL} (T_v - T_{sa}) + m_s (X_a - X_b) \lambda + m_s X_b C_{pL} (T_{sb} - T_v) + m_s (X_a - X_b) C_{pv} (T_{vb} - T_v) \dots\dots\dots (2)$$

- $Q_1 = m_s C_{ps} (T_{sb} - T_{sa})$
panas sensibel padatan dari suhu T_{sa} menjadi suhu T_{sb}
- $Q_2 = m_s X_a C_{pL} (T_v - T_{sa})$
panas sensibel cairan dari suhu padatan awal (T_{sa}) menjadi suhu penguapan (T_v)
- $Q_3 = m_s (X_a - X_b) \lambda$
panas penguapan cairan atau panas laten penguapan
- $Q_4 = m_s X_b C_{pL} (T_{sb} - T_v)$
panas sensibel cairan yang masih terkandung dalam bahan (sisa air) dari suhu T_v menjadi suhu T_{sb}
- $Q_5 = m_s (X_a - X_b) C_{pv} (T_{vb} - T_v)$
panas sensibel uap cairan dari suhu T_v menjadi suhu T_{vb}

$Q_{total \text{ penguapan}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$

2.4.1 Efisiensi Panas (η_H)

Efisiensi panas adalah perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan dengan panas yang disuplai oleh bahan bakar dalam satuan persen.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

2.4.2 Efisiensi Pengeringan (η_o)

Efisiensi pengeringan adalah perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk penguapan air saja dengan seluruh panas yang digunakan untuk proses pengeringan dalam satuan persen.

2.4.3 Kapasitas Produksi (K_p)

Kapasitas produksi adalah laju alir padatan kering keluaran alat pengering dalam satuan kg/jam.

2.5 Alat Pengeringan Rotary Dryer

Rotary dryer atau pengering berputar terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder yang berputar, atau agak miring ke bawah ke arah keluar. Pengering putar ada yang dipanaskan dengan kontak langsung gas dengan zat padat, dengan gas panas yang mengalir melalui mantel luar, atau dengan uap yang kondensasi di dalam seperangkat tabung longitudinal yang dipasangkan pada permukaan dalam selongsong. Pada rotary dryer pengeringan terjadi akibat dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran.

Keuntungan penggunaan rotary dryer sebagai alat pengering adalah :

- Dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan
- Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam/merata
- Efisiensi panas tinggi
- Instalasi yang mudah
- Menggunakan daya listrik yang sedikit



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

3. Alat dan Bahan

3.1 Alat yang digunakan

- Alat Rotary Dryer
- Thermometer
- Stopwatch
- Timbangan
- Meteran
- Beaker gelas 1 liter

3.2 Bahan yang digunakan

- Bahan yang akan dikeringkan (kacang kedelai)
- Air
- Gas LPG

4. Variabel dan Parameter Percobaan

4.1 Variabel Percobaan

Variabel percobaan :

- Jenis padatan atau material yang dikeringkan
- Kemiringan alat pengering
- Kecepatan perputaran alat pengering
- Jenis bahan bakar
- Jumlah udara masuk atau udara yang digunakan untuk pembakaran

4.2 Parameter Percobaan

Parameter yang diamati atau diukur :

- Kadar air awal (X_a) dan akhir (X_b)
- Temperatur bola basah (T_{wb}) dan bola kering (T_{db})
- Temperatur awal padatan (T_{sa}) dan akhir padatan (T_{sb})
- Temperatur awal medium pengering (T_{va}) dan akhir medium pengering (T_{vb})
- Laju alir massa padatan



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

5. Cara Kerja

5.1 Persiapan Bahan

- a. Ditimbang beaker gelas 1 liter
- b. Diambil bahan yang akan dikeringkan sebanyak ± 500 gr, kemudian direndam dengan
- c. air selama 1-3 jam dalam beaker gelas 1 liter
- d. Ditiriskan bahan tersebut dari air yang masih tersisa
- e. Ditimbang bahan yang sudah direndam air selama 1-3 jam

5.2 Pengukuran Kadar Air Awal

- a. Ditimbang cawan kosong
- b. Dimasukkan 10-15 gr bahan yang sudah direndam, kemudian dimasukkan ke dalam oven
- c. Ditimbang setiap 5-10 menit sekali, sampai berat konstan
- d. Diukur kadar air dalam fraksi massa air per berat padatan kering

5.3 Proses Pengeringan Bahan

- a. Diatur kemiringan alat rotary dryer sesuai slope (divariabelkan) dengan mengukur tinggi y_0 dan y_i serta panjang alat (Δx)
- b. Ditimbang dan dicatat berat tabung gas LPG, kemudian dinyalakan alat pembakar
- c. Dinyalakan alat rotary dryer, kemudian dinyalakan motor pemutar silinder dan atur kecepatan putaran motor (divariabelkan)
- d. Dimasukkan bahan kedalam hopper, kemudian catat temperatur padatan masuk (T_{sa})
- e. Dinyalakan stopwatch saat bahan pertama kali keluar dari alat rotary dryer
- f. Dicatat T_{wb} , T_{db} , T_{va} dan T_{vb}
- g. Dimatikan stopwatch dan dicatat waktu saat seluruh bahan yang dikeringkan telah habis keluar dari alat rotary dryer dan catat temperatur padatan keluar (T_{sb})
- h. Ditimbang dan catat kembali berat bahan kering dan tabung gas LPG



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 1. ROTARY DRY

5.4 Pengukuran Kadar Air Akhir

- Ditimbang cawan kosong
- Dimasukkan 10-15 gr bahan yang sudah dikeringkan dengan rotary dryer, kemudian dimasukkan ke dalam oven
- Ditimbang setiap 5-10 menit sekali, sampai berat konstan
- Diukur kadar air dalam fraksi massa air per berat kering

6. Matriks Percobaan

No	Slope	Rpm	T (°C) padatan		T (°C)		T (°C) medium pengering		Waktu (detik)	Massa padatan kering (gr)	Berat LPG (kg)	
			Tsa	Tsb	Twb (basah)	Tdb (kering)	Tva	Tvb			Awal	Akhir
1												
2												



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 2. FILTER PRESS

1. Tujuan Percobaan

- Menentukan karakteristik penyaringan pada tekanan tetap suatu suspensi (misalnya endapan kalsium karbonat dalam air).
- Menentukan tahanan kain penyaring dan tahanan spesifik padatan saring (filter cake)

2. Teori

Proses Filtrasi merupakan proses pemisahan padatan dari campuran fasa cair dengan driving force berupa perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan tersebut menyebabkan fasa cair melewati medium filter sedangkan padatan akan tertinggal pada medium filter.

Persamaan penyaringan pada tekanan tetap :

$$\frac{\sum dt}{dV} = \frac{\mu\alpha C_s V}{A^2(-\Delta P)} + \frac{\mu R_m}{A(-\Delta P)} \dots\dots\dots (1)$$

$$= K_p \cdot V + B \dots\dots\dots (2)$$

$$K_p = \frac{\mu\alpha C_s}{A^2(-\Delta P)} \dots\dots\dots (3)$$

$$B = \frac{\mu R_m}{A(-\Delta P)} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

t = waktu (detik) / (s)

V = volume filtrat (m³)

μ = viskositas (kg/m.s)

α = tahanan spesifik cake

C = Kg padatan / m³ filtrat

A = luas bidang penyaringan (m²)

(-ΔP) = Penurunan tekanan sepanjang unggun padatan (cake) dan medium penyaring (N/m²)

R_m = tahanan medium penyaring (1/m)

K_p dan B berupa harga tetap, dapat diperoleh dari data percobaan



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 2. FILTER PRESS

Tahanan Spesifik Padatan Saring

Proses filtrasi akan menghasilkan “cake” padatan yang terbentuk pada media filter seiring dengan bertambahnya waktu. Cake pada media tersebut akan terus terakumulasi dan memberikan hambatan/tahanan lain pada proses filtrasi yang perlu diperhitungkan selain hambatan dari media.

Tahan spesifikasi padatan saring, α , dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{k_1^3 (1 - \varepsilon) S_0}{\rho_p^3}$$

k_1 = tetapan (4.17 untuk partikel sembarang dengan ukuran dan bentuk tertentu)

ε = porositas padatan saring

S_0 = luas permukaan spesifik partikel padatan (m^2/m^3)

ρ_p = rapat massa partikel padatan (kg/m^3)

Porositas unggun padatan dipengaruhi oleh tekanan ($-\Delta P$). Dengan membuat percobaan pada berbagai tekanan, hubungan α dengan tekanan dapat diperoleh. Bila α tidak dipengaruhi tekanan, padatan saring dikatakan tak termampatkan (incompressible).

Hubungan α dan tekanan, secara dirumuskan:

$$\alpha = \alpha_0 (-\Delta p)$$

α_0 dan α adalah tetapan-tetapan empiris yang melukiskan ketertampatkan cake. Harga biasanya berkisar 0,1 – 0,8. Harga $s = 1$ untk cake yang tak termampatkan.

Metode filtrasi konvensional mudah untuk dipelajari dalam melihat resistansi spesifik medium maupun resistansi cakeyang terakumulasi. Praktikum ini akan dilakukan menggunakan salah satu metode filtrasi konvensional yaitu metode *plate and frame filter press*. Filter terdiri atas *plate and frame* yang tersusun secara selang - seling, dimana *frame* dipisahkan dari *plate* dengan menggunakan *filter cloth* (media penyaring). Penempatan *plate and frame* harus tepat dan rapat untuk mencegah kebocoran dalam proses filtrasi. Oleh karena itu, *plate and Frame* yang digunakan dipress menggunakan putaran hidrolik manual untuk memastikan kerapatan. *Slurry* padatan yang ingin dipisahkan dialirkan menggunakan pompa



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 2. FILTER PRESS

bertekanan memasuki lubang pada *frame - frame* yang kemudian tersaring pada media filter pada jalan keluarnya. *Slurry* yang tertinggal dalam ruang penyaringan antara media filter pada *frame* akan menjadi *cake* sedangkan fasa cair yang telah bersih akan keluar melewati media filter.

3. Alat dan Bahan

3.1 Alat yang digunakan :

1. Termometer skala 0-100°C
2. Stopwatch
3. Timbangan skala 1-25 kg
4. Neraca teknis/analitik dalam gram
5. Ember dan gelas ukur
6. Cawan dan sendok

3.2 Bahan yang digunakan :

1. CaCO₃
2. Air

4. Cara Kerja

1. Buat suspensi 1 – 2 % CaCO₃ dalam air sebanyak 40 – 50 liter dalam tangki pencampuran.
2. Lakukan penyaringan suspensi tersebut menggunakan 1 atau 2 buah bingkai dalam beberapa tempuhan dengan tekanan yang berbeda.
3. Ukur volume filtrat yang diperoleh selama beberapa selang waktu penyaringan. Mula-mula selang 30 detik, kemudian selang 1 menit, 1.5 menit dan seterusnya sampai filtrat tidak keluar lagi.
4. Ukur temperatur filtrat.
5. Setelah selesai operasi penyaring, bongkar filter press dan keluarkan padatan saring yang ada dalam bingkai.
6. Pindahkan padatan saring dalam cawan, tentukan kandungan airnya.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 2. FILTER PRESS

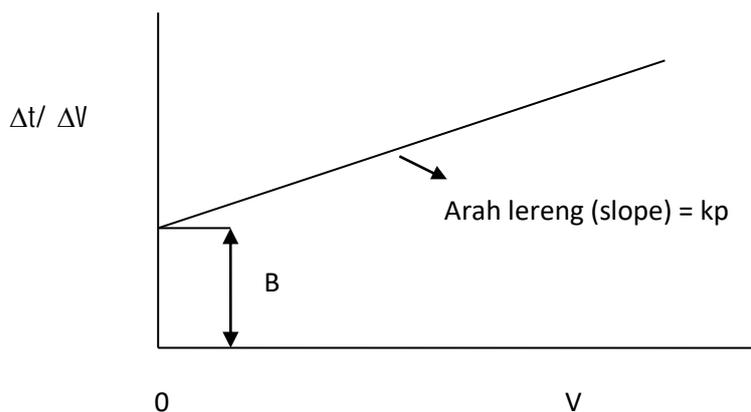
5. Matriks dan Perhitungan

Untuk mendapatkan tetapan-tetapan K_p dan B dalam persamaan (2), data volume filtrat (V) yang diperoleh data sejumlah selang waktu (t) tertentu digrafik seperti berikut:

T	V	Δt	ΔV	$\Delta t/\Delta V$	$V_2 = (V_2 + V_3)/2$

Grafik antara $\Delta t/\Delta V$ vs V

($\Delta t/\Delta V \sim dt/dV$)



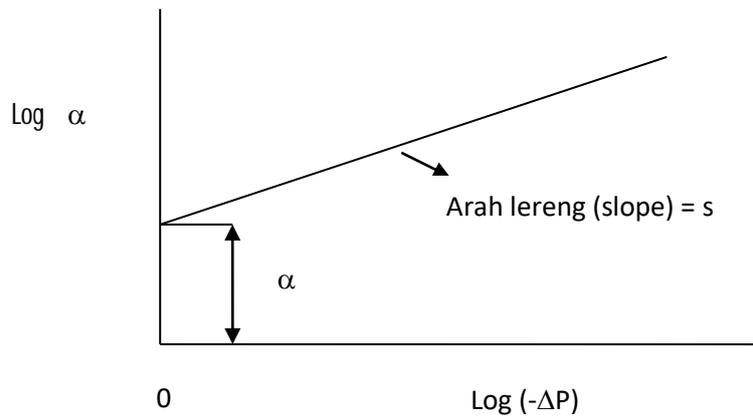


**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 2. FILTER PRESS

α dan R_m dapat diperoleh dari persamaan (3) dan (4). Data α untuk berbagai tekanan diplot dalam koordinat dengan skala log-log



α	P
-	-
-	-
-	-



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

1. Tujuan Percobaan

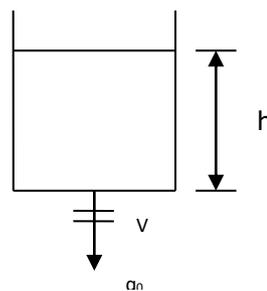
Melalui percobaan Dinamika Proses ini mahasiswa diajak untuk lebih mengenal suatu proses tunak (steady state) dan proses tak tunak (unsteady state). Proses pengenalan tersebut dilakukan melalui penentuan parameter proses diimplementasikan dalam sebuah model matematika yang merepresentasikan fenomena dari sistem yang dinamik. Model tersebut dibangun dari neraca massa sistem dan persamaan konstitutif lainnya (persamaan Bernoulli).

Pada akhirnya parameter-parameter proses tersebut digunakan dalam proses simulasi. Sistem proses yang akan disimulasikan dapat bervariasi, sesuai dengan kemampuan peralatan.

Setelah melakukan percobaan ini, diharapkan para mahasiswa dapat lebih mengerti bagaimana kelakuan proses dinamik, membangun sebuah model matematika dari suatu proses, memperkirakan parameter-parameter model matematika tersebut, dan akhirnya dapat memperkirakan kelakuan suatu system proses dengan cara mensimulasikannya.

2. Dasar Teori

Dinamika Proses adalah variasi unjuk kerja atau prestasi kerja proses dari waktu ke waktu sebagai respon terhadap gangguan-gangguan dan perubahan-perubahan beban proses tersebut. Analisa dan penanganan proses yang berubah terhadap waktu, sangat berguna dalam usaha perencanaan dan pengendalian suatu proses. Tinjau sebuah system tangki berikut:



Gambar 1. Sistem Tangki Dengan Tinggi Cairan h



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

Tangki tersebut mula-mula terisi air dengan ketinggian h_0 , kemudian tangki tersebut dikosongkan dengan cara membuka keterangan keluaran tangki (v), sehingga sekarang terdapat laju alir keluaran tangki, yaitu q_0 (liter/detik) yang merupakan fungsi dari ketinggian cairan di dalam tangki.

Dengan demikian dapat disusun neraca massa proses pengosongan tangki, yaitu:

$$\begin{matrix} \text{akumulasi air} & & \text{Laju alir air} & & \text{Laju alir air} \\ \text{di dalam tan gki} & = & \text{yang memasuki} & = & \text{yang keluar tan gki} \\ & & \text{tan gki} & & \end{matrix}$$

atau

$$\frac{d(\rho Ah)}{dt} = 0 - \rho q_0 \dots\dots\dots(1)$$

- dimana :
- ρ = rapat massa air
 - A = luas penampang lintang tangki
 - h = tinggi cairan setiap saat
 - q_0 = laju alir volumetrik air keluar tangki

jika ρ dan A berharga konstan, maka persamaan (1) dapat disusun ulang menjadi :

$$A \frac{dh}{dt} = - q_0 \dots\dots\dots(2)$$

Laju alir volumetric air yang keluar dari tangki (q_0) merupakan fungsi dari ketinggian cairan didalam tangki (*Russel*)

$$q_0 = - kh^n \dots\dots\dots(3)$$

dimana k dan n adalah parameter model, sehingga persamaan diferensial (2) dapat ditulis sebagai :

$$A \frac{dh}{dt} = -kh^n \dots\dots\dots(4)$$

dengan nilai awal pada $t = t_0$; $h = h_0$

Penyelesaian persamaan (4) adalah:

$$h = \left[(n - 1)(k / A)t + h_0^{(1-n)} \right]^{1/(1-n)} \dots\dots\dots(5)$$



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

Dengan mencatat data h setiap saat, harga parameter k dan n dapat ditentukan dengan berbagai cara sebagai berikut :

Cara I:

Dengan menganggap $dh/dt = \Delta h/\Delta t$, maka k dan n dapat ditentukan dengan regresi linier dari persamaan (4).

Cara II:

Harga k dan n dapat pula ditentukan dari persamaan (5) dengan metoda regresi tak – linier. Prinsip regresi tak – linier ini adalah mencari harga k dan n yang menyebabkan jumlah selisih kuadrat antara h yang diperoleh dari percobaan (h_{PER}) dan h yang dihitung dari mode (h_{MOD}) berharga minimum (Edgar).

Bentuk fungsi obyektif (yang akan diminimumkan) yang dimaksud adalah:

$$0 = \sum_{i=1}^N [h_{PER_i} - [(n-1)(k/A)t_1 + h_0^{(1-n)}]^{1/(1-n)}]^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

Banyak metode optimasi yang dapat digunakan untuk meminimumkan harga 0 diantaranya adalah metode simplex dan metode marquardt (Edgar).

SIMULASI

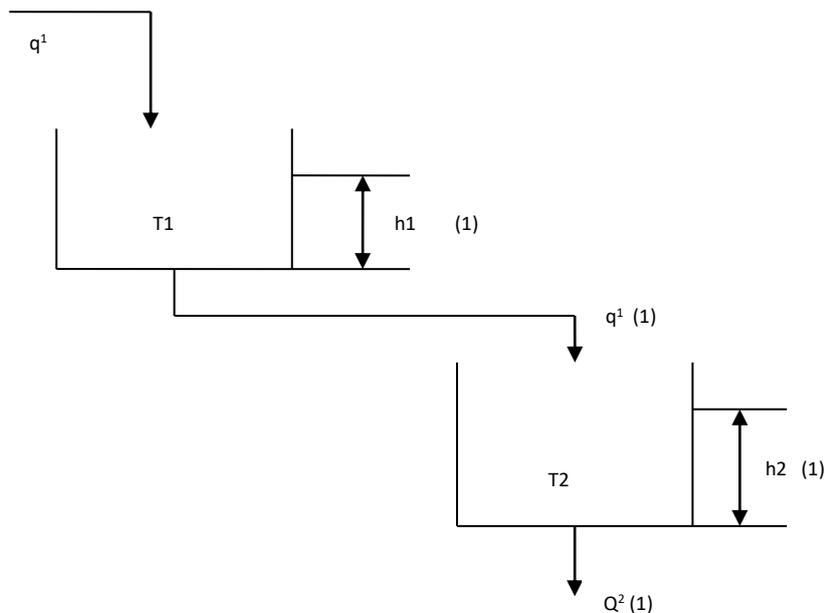
Setelah setiap saluran keluaran memiliki harga k dan n , dapat diciptakan suatu system proses yang akan disimulasikan. Misalnya rangkaian tangki yang tidak saling berinteraksi seperti pada gambar berikut :



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES



Gambar 2. Sistem 2 buah tangki yang satu sama lainnya tidak saling berinteraksi pada keadaan Dinamis

Mula-mula system tersebut dibiarkan dalam keadaan tunak dengan mengalirkan sejumlah air masukan (q_{i0}) yang diketahui harganya. Tunggu sampai beberapa saat sehingga tinggi cairan didalam tangki 1 dan tangki 2 tidak berubah lagi (h_{10} dan h_{20})

Pada saat ini (keadaan tunak) dapat disusun neraca massa pada tangki 1 dan tangki 2.

- Neraca massa air pada tangki 1 :

$$\rho q_{i0} - \rho \cdot k_1 \cdot h_{10}^{n_1} = 0 \dots\dots\dots (7.a.)$$

- Neraca massa air pada tangki 2:

$$k_1 \cdot h_{10}^{n_1} - k_2 \cdot h_{20}^{n_2} = 0 \dots\dots\dots (7.b.)$$

pada saat $t = t_0$, tiba-tiba q_{i0} diubah menjadi q_i yang diketahui harganya. Harga q_i dapat lebih besaratau lebih kecil dari q_{i0} , sehingga system 2 buah tangki yang tidak saling berinteraksi tersebut menjadi system yang tidak tunak. Gangguan yang diterapkan pada system ini dikenal dengan gangguan “step function” (Coughanowr). Hal ini erarti bahwa terjadi perubahan



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

variable-variabel proses harganya berubah terhadap waktu. Sistem proses tersebut adalah system proses yang tidak tunak, sehingga neraca massa air pada system tersebut adalah :

Neraca massa air pada tangki 1:

$$\frac{dh_1}{dt} = (q_i - k_1 h_1^{a_1}) / A_1 \dots\dots\dots (9)$$

Neraca massa air pada tangki 2:

$$\frac{dh_2}{dt} = (k_1 h_1^{n_1} - k_2 h_2^{n_2}) / A_2 \dots\dots\dots (10)$$

Nilai awal kedua persamaan differensial tersebut :

$$t = t_0 ; h_1 = h_{10} ; h_2 = h_{20}$$

Kedua persamaan differensial tersebut (persamaan 9 dan 10) harus diselesaikan secara simultan baik secara analitis (Coughanowr) ataupun numeric. Metode numeric yang diusulkan untuk digunakan dalam penyelesaian masalah ini adalah metode Runge-kutta orde 4, karena metode ini mudah untuk diimplementasikan pada komputer dan memiliki ketelitian yang memadai dalam perhiutngan-perhitungan teknik.

3. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan

1. Air

Alat yang digunakan :

1. Stopwatch
2. Gelas ukur 1lt
3. Seperangkat alat dinamika proses

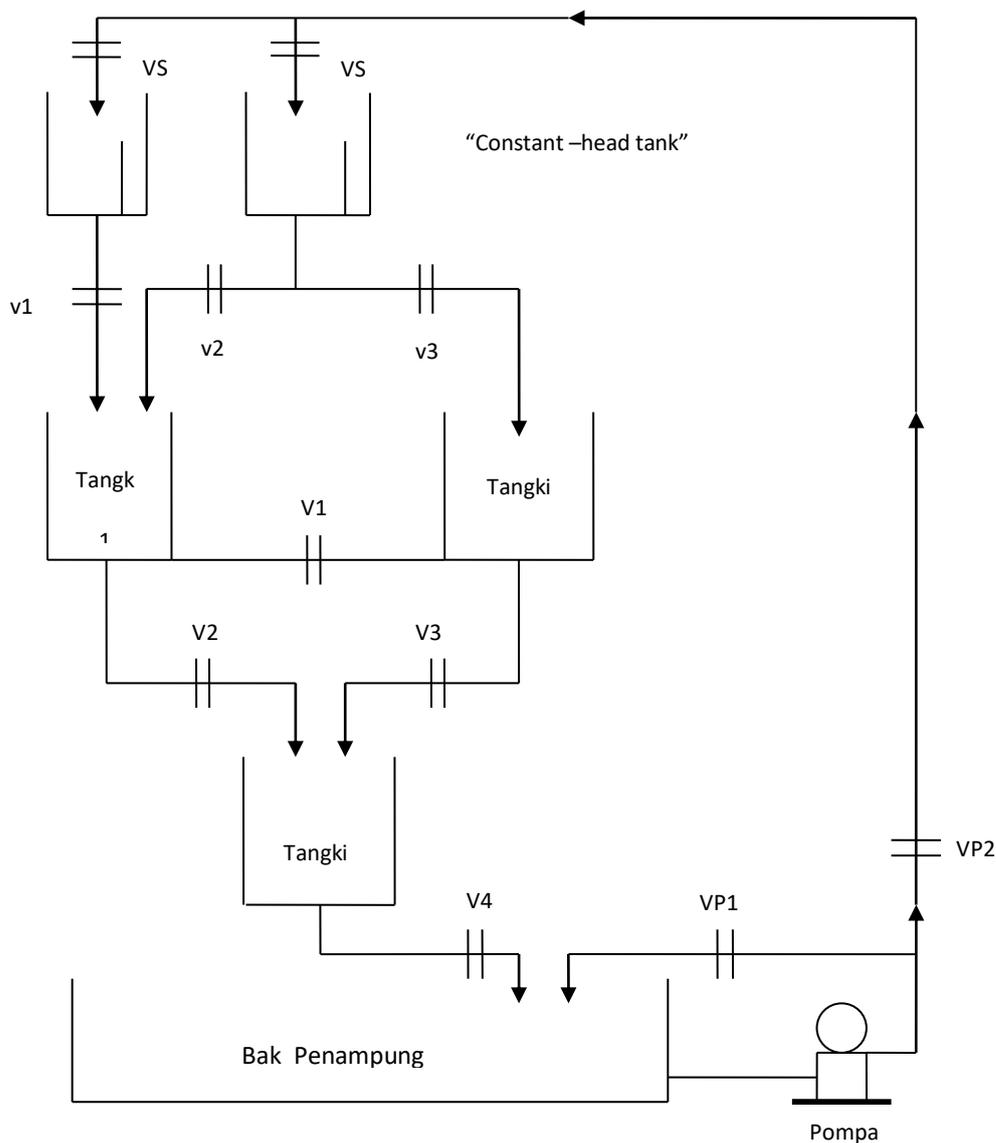
Peralatannya sendiri terdiri dari tangki-tangki yang disusun sedemikian rupa sehingga antara tangki yang satu dan tangki yang lain dapat dan/atau tak dapat saling berinteraksi. Setiap tangki dilengkapi dengan pipa keluaran dengan keterangan pengatur laju alir dan gelas indikator aras (level) cairan. Peralatan pendukung sistim tangki ini berupa “Constant – head tank”, pompa sirkulasi dan bak penampung cairan (lihat gambar).



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES



Gambar 3. Skema Peralatan Dinamika Proses

Keterangan gambar 1 :

Pompa : Pompa sirkulasi yang digunakan untuk mensirkulasikan air, pompa tersebut mengalirkan air dari bak penampung ke Constant head tank.

VP : Keterangan pengatur laju alir keluaran dari pompa.

VS : Keterangan pembagi distribusi air ke constant head tank.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

v : Keterangan pengatur laju alir masukan tangki.

V : Keterangan pengatur laju alir keluaran tangki.

Tangki 1 dan tangki 2 adalah dua buah tangki yang satu dengan yang lainnya saling berinteraksi. Sebaliknya, tangki 1 dan tangki 2 tidak saling berinteraksi. Sebaliknya, tangki 1 dan tangki 2 tidak saling berinteraksi dengan tangki 3. susunan tiga buah tangki ini sedemikian rupa sehingga daripadanya dapat dibuat berbagai kemungkinan rangkaian system.

4. Variabel dan Parameter

A. Variabel

Pada percobaan ini variable yang divariasikan adalah bukaan Valve, sbb :

1. Buka keterangan VP1 50%.
2. Buka keterangan VP2 100%.
3. Buka sejumlah keterangan lainnya 100%.
4. Kemudian atur v_1 , v_2 , v_3 dan V_1 , V_2 dan V_3 sesuai dengan system yang akan ditinjau.

B. Parameter

1. Nilai K
2. Nilai n

5. Cara Kerja

5.1 Penentuan parameter k dan n.

1. Ukur luas penampang lintang tangki yang akan ditentukan parameter (k dan n) nya.
2. Isi penuh tangki yang akan ditentukan parameternya dengan air.
3. Catat tinggi cairan mula-mula.
4. Buka keterangan keluaran pada bukaan yang ditentukan.
5. Catat tinggi cairan setiap saat.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

5.2 Sistem Dinamik Orde Satu

Sistem yang diamati adalah hanya tangki 1 :

1. Buka penuh dua buah kerangan VS dan VP2.
2. Buka kerangan v1 sesuai dengan laju alir volumetric yang diinginkan.
3. tutup kerangan v2, v3, V1, V3.
4. Buka kerangan V2 sesuai dengan tugas yang diberikan.
5. Buka penuh V4 agar air yang masuk ke tangki 3 tidak terakumulasi didalamnya.
6. Hidupka pompa sirkulasi.
7. Tunggu beberapa saat sampai system menjadi tunak (ditandai dengan tidak berubahnya lagi tinggi cairan didalam tangki 1).
8. Ukur laju alir cairan yang keluar tangki 1 dengan gelas ukur. Harga yang didapat adalah harga laju alir mula-mula (q_{i0}).
Catat tinggi cairan didalam tangki 1. Harga ini adalah harga tinggi cairan mula-mula (h_{10}).
9. Buka kerangan v2 sedemikian rupa sehingga laju alir gangguan kira-kira 10% dari laju alir mula-mula.
10. Catat tinggi cairan setiap saat sampai keadaannya menjadi tunak kembali (keadaan tunak ke-2). Keadaan ini tercapai jika tinggi cairan didalam tangki tidak berubah lagi (konstan).
11. Setelah system mencapai keadaan tunak ke-2, ukur laju alir volumetrik keluaran tangki 1. Harga yang didapatkan adalah harga laju alir masukkan setelah diganggu (q_i).

5.3 Sistem Dinamik Orde Dua Tidak Saling Berinteraksi :

Lihat sub bahasan **SIMULASI** mengenai system tangki yang tidak saling berinteraksi. Tata cara kerja untuk system ini, sama dengan tata kerja untuk system dinamik orde satu tentunya dengan sedikit modifikasi pada bukaan kerangan sehingga system yang digambarkan pada gambar 2 terpenuhi. Data yang diamati juga tentu lebih banyak.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

6. Matriks Percobaan

6.1 Penentuan parameter k dan n

Data ke	Waktu	Tinggi

6.2 Sistem Dinamik Orde Satu

Tabel Pengamatan :

Harga A = cm^2 .
Harga q_{10} = ml/detik
Harga q_i = ml/detik
Harga h_{10} = cm

Data ke	Waktu	Tinggi

6.3 Sistem Dinamik Orde Dua Tidak Saling Berinteraksi

Tabel Pengamatan

Harga A_1 = cm^2
Harga A_2 = cm^2
Harga q_{10} = ml/detik



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

Harga q_i = cm

Harga h_{2o} = cm

Data ke	Waktu	h1	H2
		SSSS	

7. Perhitungan

7.1 Penentuan Parameter k dan n

➤ Cara 1 : Regresi Linier

Parameter k dan n dapat ditentukan dengan melinerisasikan persamaan (4) menjadi:

$$\ln(-dh / dt) = \ln(k / A) + n \ln(h) \quad , \dots \dots \dots (11)$$

Dengan menganggap $dh/dt = \Delta h/\Delta t$, maka persamaan (11) dapat ditulis sebagai :

$$\ln(-\Delta h / \Delta t) = \ln(k / A) + n \ln(h) \quad \dots \dots \dots (12)$$

Dari persamaan 12 dapat dilakukan regresi linier $\ln(h)$ terhadap $\ln(\Delta h/\Delta t)$ sehingga didapatkan :

Koefisien arah = n

Intercept = $\ln(k/a)$

Harga n dan k dapat dihitung/didapatkan dari harga-harga koefisien arah dan intercept kurva $\ln(h)$ vs $\ln(-\Delta h/\Delta t)$

➤ Cara 2 : Regresi tak linier

Harga parameter k dan n dapat pula ditentukan dari persamaan (5) dengan metode regresi tak linier (lihat sub bahasan II.4.1 tentang regresi tak linier). Prinsip dasar metode ini adalah mencari harga k dan n yang menyebabkan jumlah selisih kuadrat antara h yang didapat dari percobaan (h_{PER}) dan h yang dihitung dari



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 3. DINAMIKA PROSES

model (h_{MOD}) berharga minimum. Fungsi obyektif yang akan diminimumkan adalah persamaan (6).

Metode minimisasi yang digunakan adalah metode simplek.

Tugas Pembahasan :

Bandingkan harga k dan n yang didapatkan dari kedua metode tersebut, secara visual (gambarakan pada grafik) ataupun secara kuantitatif (menghitung total penyimpangannya terhadap data percobaan).

7.2 Sistem dinamik ordo satu dan system dinamik ordo dua

Untuk system dinamik orde satu maupun system dinamik orde tinggi, bandingkan data yang didapatkan dari percobaan dengan data yang dihitung dengan model neraca massa dinamik. Untuk mendapatkan data yang dihitung dari model neraca massa dinamik, gunakan harga k dan n yang diperoleh baik dari regresi linier maupun regresi tak linier. Bandingkan hasil keduanya.

Untuk mengevaluasi dan menyelesaikan model matematika yang dibangun dari neraca massa dinamik tersebut (misalnya persamaan 9 dan 10), dapat diselesaikan secara analitik dan numerik. Dalam hal penyelesaian numeric metode yang dapat digunakan adalah metode Runge-Kutta atau Runge-Kutta-Fehlberg. Selain mudah mengimplementasikannya dalam computer, metode ini memiliki ketelitian yang memadai dalam perhitungan-perhitungan teknik.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

1. Tujuan

- Mengetahui pengaruh komposisi pati jagung, silikon oil dan Meleic Anhidrit (MA) terhadap proses poliblend polipropilen (PP).
- Mengetahui perubahan ukuran struktur, berat, warna, serta komposisi hasil blending dari pati jagung dan polipropilen pada proses poliblend polipropilen (PP).

2. Dasar Teori

Suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly = banyak; mer = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil yang disebut monomer, saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda.

Klasifikasi Polimer

Polimer umumnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok antara lain atas dasar jenis monomer, asal, sifat termal, dan reaksi pembentukannya.

1. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Jenis Monomernya

Berdasarkan jenis monomernya, polimer dibedakan atas homopolimer dan kopolimer. Homopolimer terbentuk dari sejenis monomer, sedangkan kopolimer terbentuk lebih dari sejenis monomer. Uraian berikut menjelaskan perbedaan dua golongan polimer tersebut.

Homopolimer

Homopolimer merupakan polimer yang terdiri dari satu macam monomer, dengan struktur polimer ...-A-A-A-A-A-A-...

Kopolimer

Kopolimer merupakan polimer yang tersusun dari dua macam atau lebih monomer.

Jenis-jenis kopolimer

- Kopolimer acak, yaitu kopolimer yang mempunyai sejumlah satuan berulang yang berbeda tersusun secara acak dalam rantai polimer. Strukturnya :
...-A-B-A-A-B-B-A-A-...



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

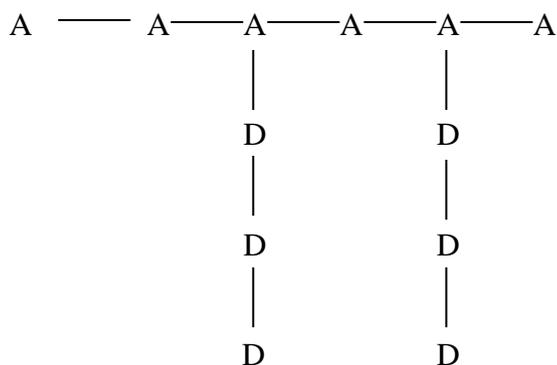
- b) Kopolimer bergatian, yaitu kopolimer yang mempunyai beberapa kesatuan ulang yang berbeda berselang-seling adanya dalam rantai polimer. Strukturnya :

...-A-B-A-B-A-B-A-B-...

- c) Kopolimer balok (blok), yaitu kopolimer yang mempunyai suatu kesatuan berulang berselang-seling dengan kesatuan berulang lainnya dalam rantai polimer. Strukturnya :

...-A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-A-...

- d) Kopolimer tempel/grafit, yaitu kopolimer yang mempunyai satu macam kesatuan berulang menempel pada polimer tulang punggung lurus yang mengandung hanya satu macam kesatuan berulang dari satu jenis monomer. Strukturnya :



2. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan atas **polimer alam** dan **polimer buatan**. Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, seperti amilum, selulosa, kapas, karet, wol, dan sutra. Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik.

3. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Sifat Thermal

Polimer dibedakan atas **polimer termoseting** yaitu polimer tidak dapat larut dalam pelarut apapun, tidak meleleh jika dipanaskan, lebih tahan terhadap asam dan basa,



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

jika dipanaskan akan rusak dan tidak dapat kembali seperti semula dan struktur molekulnya mempunyai ikatan silang antar rantai, dan **polimer termoplastik** yang bersifat mudah larut pada pelarut yang sesuai, pada suhu tinggi akan lunak, tetapi akan mengeras kembali jika didinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antar rantai.

4. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Reaksi Pembentukannya

Dua jenis utama dari reaksi polimerisasi adalah **polimerisasi adisi** dan **polimerisasi kondensasi**. Jenis reaksi yang monomernya mengalami perubahan reaksi tergantung pada strukturnya. Suatu polimer adisi memiliki atom yang sama seperti monomer dalam unit ulangnya, sedangkan polimer kondensasi mengandung atom-atom yang lebih sedikit karena terbentuknya produk sampingan selama berlangsungnya proses polimerisasi.

Saat ini penelitian dalam bidang polimer telah terfokus pada peningkatan masa pakai polimer-polimer tertentu. Akan tetapi, keawetan bisa menghasilkan masalah-masalah. Akhir-akhir ini para ahli dan peneliti semakin meningkatkan perhatiannya terhadap sampah polimer yang merusak pemandangan. Meskipun saat ini polimer-polimer sintesis mewakili persentase yang relatif kecil dari semua sampah yang berbentuk padat, polimer tersebut tetap sangat merusak pemandangan, hal ini terjadi jika kita melihat dari segi pemakaiannya yang meluas dalam bidang pengemasan.

Meskipun motivasi awal untuk mensintesis polimer-polimer degradabel timbul dari pertimbangan-pertimbangan yang bersifat ekologis, sekarang ini banyak penelitian diarahkan ke aplikasi-aplikasi pelepasan terkontrol. Pelepasan terkontrol, mengacu ke pemakaian bahan-bahan yang mengandung polimer untuk bidang pertanian, kedokteran, atau farmasi, bahan-bahan bangunan yang dilepaskan ke lingkungan pada laju yang konstan untuk jangka waktu yang lama.

Plastik dengan bermacam-macam jenisnya yang mempunyai sifat dan karakteristik khas mulai dijadikan bahan alternatif. Untuk memperoleh bahan alternatif yang hampir mirip dengan bahan primer, harus mengedepankan teknik pengelolaannya. Pengetahuan



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

yang mendalam tentang sifat-sifat mekanik, sifat thermal dan struktur mikro sangat membantu teknik pengelolaan, guna memperoleh bahan alternatif yang sesuai kebutuhan.

Perbaikan sifat mekanik dan struktur mikro sebuah bahan material untuk tujuan tertentu dari yang kita inginkan, salah satunya adalah dengan teknik pencampuran (polipaduan). Pencampuran dua atau lebih bahan polimer disebut dengan polipaduan (poliblend), yang pada dasarnya dibagi menjadi polipaduan campur (miscible) dan polipaduan tidak campur (immiscible).

Dalam praktikum kali ini polimer yang digunakan adalah polypropylene. Serat Polypropilene merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Polipropilen (PP) yang termasuk termoplastik dan karet alam yang termasuk elastomer mulai diproduksi besar besaran di bidang industri yang mampu menggantikan bahan primer. Negara Indonesia kaya akan karet alam seharusnya menjadikan kita untuk lebih meneliti dan mengembangkannya untuk kesejahteraan manusia.

3. Alat dan Bahan

ALAT :

1. Alat Rheomix
2. Oven Berlampu UV
3. Gunting
4. Beaker Gelas
5. Neraca Analitik
6. Kaca Arloji

BAHAN :

1. Polipropilen (Gelas Plastik)
2. Silicon Oil
3. Pati Singkong
4. Maleic Anhidrit (MA)



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

4. Cara kerja

- a. Dipanaskan pati jagung pada 60°C selama \pm 4 jam
- b. Ditambah pati jagung (30% ,40%,50%)
- c. Ditambah Maleic Anhidrit (MA) (0,5%, 1 %)
- d. Ditimbang silicon oil 2%
- e. Ditimbang PP (gelas plastik) yang telah digunting (70%, 60%, 50%)
- f. Dinyalakan alat rheomix, kemudian di atur suhunya (140°C, 150°C, 160°C)
- g. Dimasukkan PP ke dalam alar Rheomix, selama 10 menit
- h. Kemudian dimasukan pati jagung, MA, dan silicon oil ke dalam alat Rheomix, sambil dinyalakan motor lalu di blending selama 10 menit
- i. Dikeluarkan hasil blendingan tersebut dari alat, kemudian gunting menjadi ukuran yang lebih kecil
- j. Dimasukkan kembali ke dalam tersebut, lalu di blending selama 20 menit pada suhu yang sama
- k. Dikeluarkan dari alat hasil blendingan tersebut, kemudian digunting dan ditimbang beratnya
- l. Dimasukkan ke dalam oven berlampu UV, diamati struktur perubahan warna, serta ditimbang kembali beratnya setiap hari selama 5 hari

Catatan:

1. Membawa “AQUA” gelas minimal 10 buah atau 25gr
2. Panaskan Pati (T = 60°C selama 4 jam)



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.itl.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 4. POLYBLEND

5. Matriks Percobaan

Group	PP	Pati	Silicon Oil	MA	Tm	T1 (PP)	T2 (Pati+oil+MA)	Blending	Waktu (berat)						Warna	
									1	2	3	4	5	6		
1	50% berat total	45% berat total	2%	3%	150 °C	10 menit	5 menit	2x								
2																
3																
4			3%	2%	160 °C		10 menit									
5																
6																
7			4%	1%	170 °C		15menit									
8																
9																



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

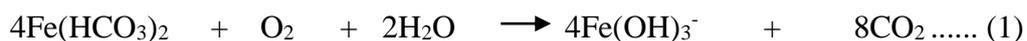
1. Tujuan Percobaan

Mendemonstrasikan peristiwa perpindahan massa dari fasa gas ke liquid (cair) menggunakan model perangkat aerasi.

2. Dasar Teori

Aerasi merupakan unit proses di mana terjadi transfer udara dari satu fasa ke fasa lain, jika transfer udara ke fasa cair maka akan terjadi peningkatan turbulensi dalam fasa cair tersebut. Proses aerasi sering digunakan dalam unit *wastewater treatment*, seperti pada pengolahan secara biologi (proses *aerobic*, *aerobic digestion* dan *activated sludge*), pengurangan karbon dioksida (*decarbonation*), oksidasi besi dan mangan, pengurangan amonia dan hidrogen sulfida melalui proses *stripping*. Aerasi juga efektif dalam mengurangi bahan kimia *Volatile organic*, seperti *benzene*, *trichloroethylene*, *dichloroethylene*, dan *perchloroethylene*.

Reaksi penyisihan besi dan mangan dalam proses aerasi dapat terjadi sebagai berikut:



Besi bikarbonat Oksigen air Ferri Hidroksida Karbon dioksida



Mangan bikarbonat Oksigen Mangan dioksida Karbon dioksida air

Ferri hidroksida dan Mangan dioksida, tidak larut setelah aerasi, sehingga dapat dibuang melalui klarifikasi atau filtrasi.

a. Jenis-Jenis Aerator

Berdasarkan penggunaan dalam pengolahan air buangan beberapa tipe aerator ada berupa:

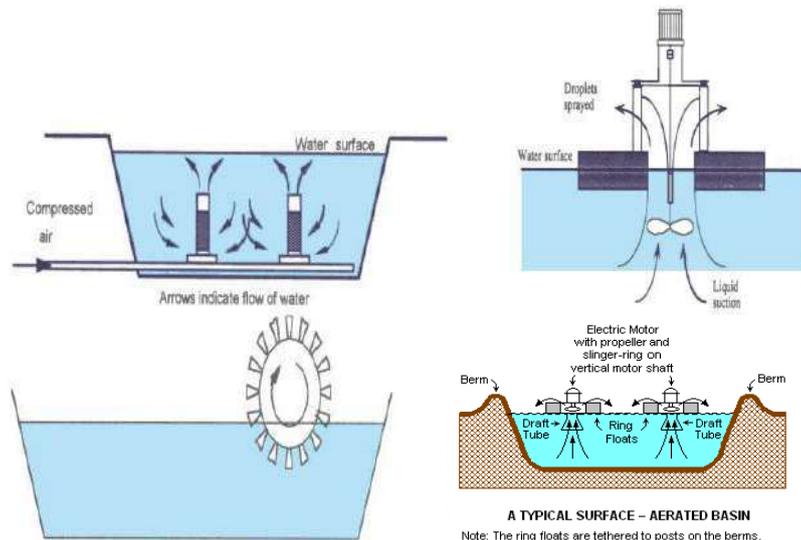
- ✓ *Surface aerators*, biasanya menggunakan motor pada permukaan menggunakan at propeller or brush that splashes liquid into the air and induces fluid movement in the tank for mixing



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

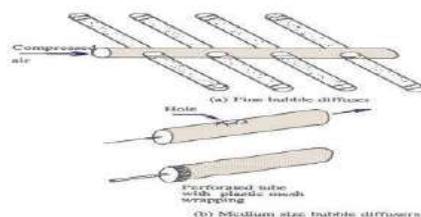
Jl. Raya Puspitpek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

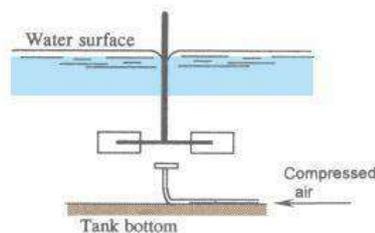


✓ Submerged aerator, dapat berupa :

- *Diffused aerators* dapat berupa *fine bubble* (Pengelembungan secara halus menggunakan media berpori seperti keramik, *vitreous* atau *plate and tubes* sistem ini rentan terhadap penyumbatan), *medium bubble* (umumnya pengelembungan dengan menggunakan plastik), dan *coarse-bubble system* (Pengelembungan dengan *driftices*, *injectors* dan *nozzles*).



- *Sparger turbine* (terdiri kecepatan turbin rendah dan penekanan sistem injeksi udara)



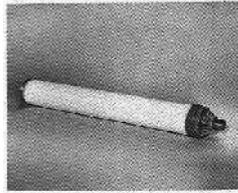


**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

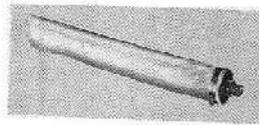
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

- *Static tube mixer* (berupa tube yang pendek di internal yang dilengkapi dengan baffles pada dasar)



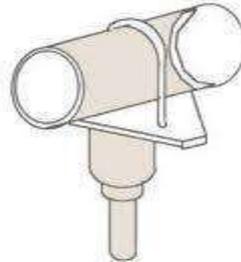
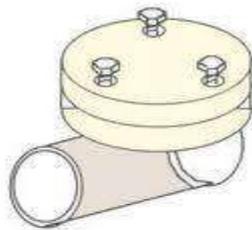
(a)



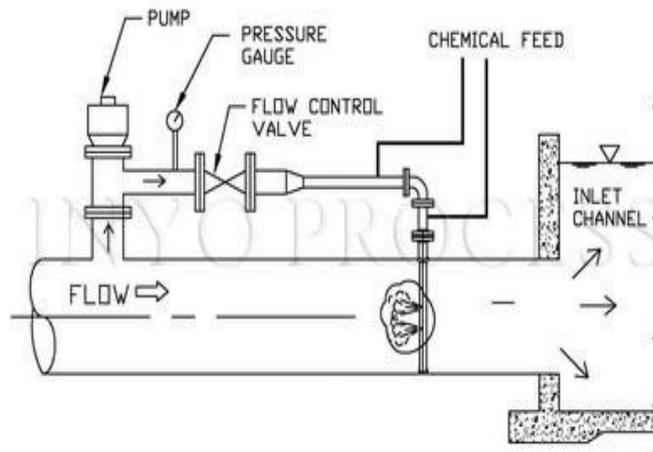
(b)



(c)



- Jet (udara tekan yang di injection ke dalam campuran menggunakan pompa dibawah tekanan melalui jet device)

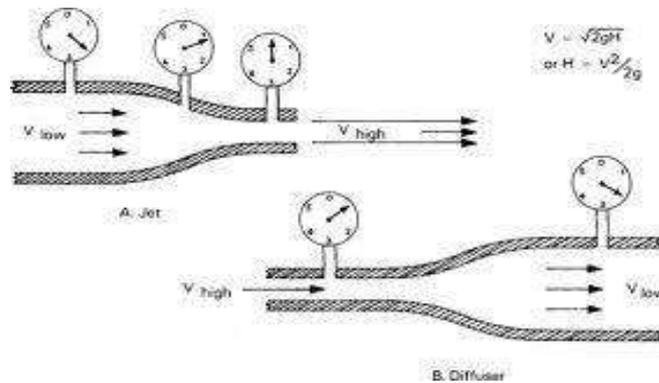




**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI



Pada *wastewater treatment* penggunaan proses aerasi seringkali terjadi kendala dalam pemilihan aerator yaitu dalam menentukan kapasitas dan kemampuan transfer oksigen aerator tersebut pada cairan tertentu. Oleh sebab itu, perlu dilakukan atau ditentukan koefisien transfer massa gas (kla) dan faktor introduce (β dan γ) pada suhu dan jenis air tertentu. Pada sisi lain Henry menyatakan dalam Hukum Hendri yaitu kelarutan gas dalam cairan berbanding lurus terhadap tekanan parsial gas di atas cairan pada kesetimbangan. Hukum Henry tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C_{Total} = kP \dots\dots\dots(3)$$

dimana

C_{Total} = Konsentrasi total gas dalam

larutan P = Tekanan parsial gas di atas

larutan

k = Konstanta proporsionalitas yang dikenal sebagai konstanta Hukum Henry

Banyak faktor yang mempengaruhi koefisien transfer oksigen ke cairan atau fluida yaitu kejenuhan gas (C_s), Temperatur (T), karakteristik air dan turbulensi. Oleh sebab itu, faktor-faktor yang berengaruh terhadap koefisien transfer massa gas (kla) perlu dipelajari.

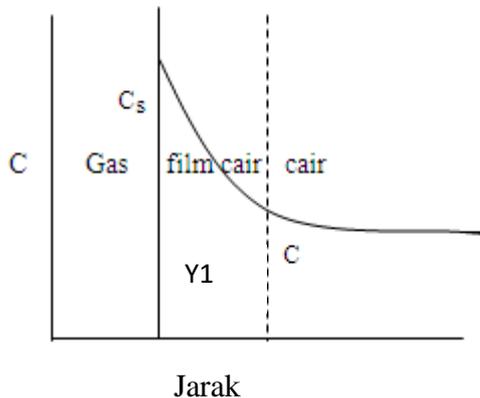


**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

✓ Perpindahan Massa



Gb 1. Skema transfer gas melalui lapisan film

Berlaku Hukum difusi pertama dari *Fick's*

- ✓ Faktor – faktor yang mempengaruhi transfer gas (oksigen) ke liquid (cairan)
- ✓ Persamaan matematis dari perubahan oksigen dalam tangki
- ✓

$$\frac{V dC}{dt} = k_{ia} \cdot (C^* - C) \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{d(C^* - C)}{C^* - C} = -\frac{k_{ia}}{V} dt \dots \dots \dots (5)$$

$$\ln(C^* - C_{t2}) - \ln(C^* - C_{t1}) = -\frac{k_{ia}}{V} (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (6)$$

$$\ln \frac{C^* - C_{t2}}{C^* - C_{t1}} = -\frac{k_{ia}}{V} (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (7)$$

Bila $D_{t1} = C^* - C_{t1}$, dan $D_{t2} = C^* - C_{t2}$ maka persamaaan di atas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\ln \frac{D_{t2}}{D_{t1}} = -\frac{k_{ia}}{V} (t_2 - t_1) = k_s (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (8)$$



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

Koefisien $\frac{k_{la}}{V} = k_s$ merupakan slope dari kurva lurun $\ln D_{t2}$ VS t .

$$\alpha = \frac{k_{la} \text{ air kotor}}{k_{la} \text{ air bersih}} \dots\dots\dots(9)$$

$$\beta = \frac{\text{konsentrasi jenuh gas dalam waste water}}{\text{konsentrasi jenuh gas dalam air bersih}} \dots\dots\dots(10)$$

3. Alat dan Bahan

3.1 Alat :

- a. Seperangkat Alat Aerasi
- b. DO-meter
- c. Stopwatch

3.2 Bahan :

- a. Air sampel

3.3 Variabel

- a. Perpindahan oksigen pada keadaan *unsteady state*.
- b. Pengaruh pengadukan terhadap koefisien perpindahan massa dan kapasitas oksigenasi.
- c. Pengaruh rate udara terhadap koefisien perpindahan massa dan kapasitas oksigenasi.
- d. Pengaruh jenis limbah (detergent, garam dan sebagainya) terhadap koefisien perpindahan massa dan kapasitas oksigenasi.
- e. Pengaruh kedalaman air terhadap koefisien perpindahan massa dan kapasitas oksigenasi.



**LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320
Website : www.tekim.iti.ac.id Telp/Fax. (021) 7560942

MODUL 5. AERASI

d. Cara Kerja:

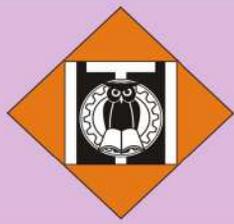
1. Siapkan alat dan bahan seperti: stopwatch, macam-macam air limbah.
2. Diisi perangkat dengan de-oxygenated water (Volume dapat divariasikan) lalu diukur DOnya.
3. Diatur kecepatan pengadukan, kemudian dinyalakan.
4. Diatur laju alir udara, kemudian dinyalakan.
5. Dinyalakan DO meter (dicek terlebih dahulu kadar DO limbah awal)
6. Dinyalakan Pengaduk dan Oksigenator, serta diamati kadar DO pada limbah setiap 2 menit selama 30 menit
7. Dilakukan hal yang sama untuk variabel berikutnya.

e. Pengolahan Data

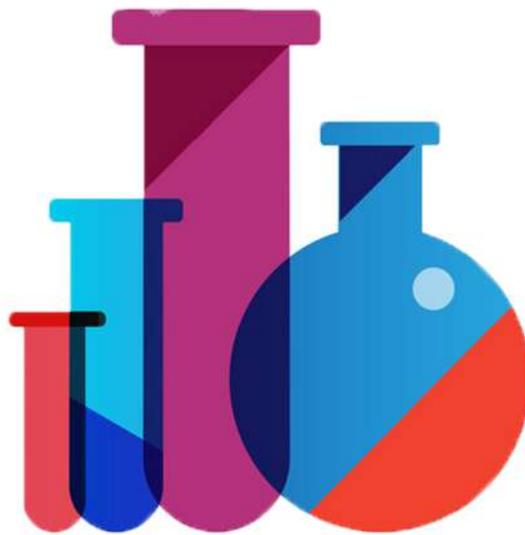
- a. Tentukan koefisien transfer massa gas dari masing – masing variable
- b. Tentukan α dan β dari setiap jenis air.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapra, S.C., *Numerical Methods for Engineers*, McGraw Hill Book Co., 1985.
- Coughanowr, D.R., Koppel, L.B. *Process Systems Analysis and Control*, McGraw Hill Book Co., 1965.
- Edgar, T.F. Himmelblau, D.M. *Optimization of Chemical Processes*, McGraw Hill Book Co., 1988.
- Geankopolis, C.J., *Transport Processes and Unit Operations*, Allyn and Bacon, Inc, Boston, (1983).
- Larry D. Benefield. and Clifford W. Randall.1980. *Biological Process Design For Wastewater Treatment.*: United States of America.
- Russel, T.W., *Introduction to Chemical Engineering Analysis*, Joh Willey & Sons Inc., 1972.
- Salimin, Zainus. 1994. *Diktat Operasi Teknik Kimia Pengeringan*. Serpong : ITI
- Smith J.M. and Van Ness, H. C. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. ed. 6. Singapore: Mc Graw Hill International Edition.
- Stephanopoulos, G. *Chemical Process Control*, Prentice Hall International Inc. 1984
- Wesley Eckenfelder, W.Jr.1989. *Industrial Water Pollution Control*. Second edition. McGraw – Hill.: New York.
- Yaws, L. Carl, 1998, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw-Hill, London.
- Zimmerman, O.T. and LAVine, I. *Chemical Engineering Laboratory Equipment*, Industrial Research Services, N.Y. (1943)



Institut
Teknologi
Indonesia



LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA



iti.ac.id // tekkim.iti.ac.id



Laboratorium Teknologi dan Rekayasa
material, lantai 1, Gedung F.