

MODUL – 1.01

ABSORPSI

Oleh :

Fatah Sulaiman, ST., MT.

LABORATORIUM OPERASI TEKNIK KIMIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

CILEGON – BANTEN

2008

Modul – 1.01

ABSORPSI**I. Tujuan Praktikum**

- a. Melihat perbandingan kelarutan gas tertentu (seperti CO₂, dan sebagainya) dengan membuat variasi beberapa variabel seperti :
 - Suhu cairan.
 - Laju alir cairan.
 - Konsentrasi gas terlarut.
 - Waktu pengontakan.
 - Tinggi isian menara / *packing*, dan lain – lain.
- b. Membandingkan kurva kesetimbangan hasil dari operasi dengan kurva kesetimbangan pada literatur.

II. Alat dan Bahan**1. Bahan dan zat kimia yang diperlukan**

- a) Untuk Pengoperasian :
 - Gas CO₂ murni.
 - Udara (dari kompressor).
 - Air bersih.
 - Es.
- b) Untuk analisa sampel :
 - Natrium hidroksida (NaOH) : 1 N.
 - Aquadest.
 - Indikator phenolphtalin.

2. Peralatan yang diperlukan

- a) Untuk pengoperasian :
 - *Absorption column* 1 unit.
 - CO₂ *bottle* dan *regulator*.
 - Kompressor.

- Termometer.
 - *Beaker glass* 500 ml dan 1000 ml.
 - *Stopwatch*.
- b) Untuk analisa :
- Buret 50 ml.
 - Erlenmeyer 100 ml.
 - *Beaker glass* 250 ml dan 1000 ml.
 - Pipet volume 10 ml dan 25 ml.
 - Karet sedot
 - Statif untuk buret.
 - Corong kaca.

III. Deskripsi Peralatan

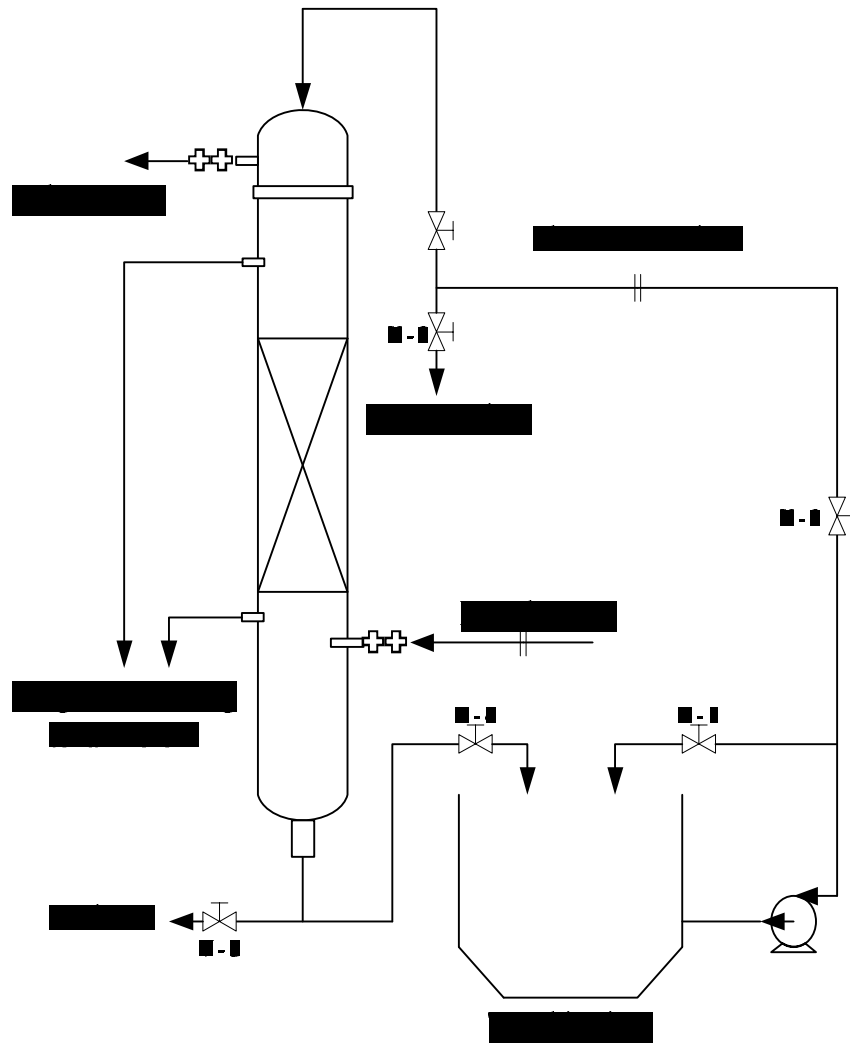
Peralatan praktikum absorber terdiri dari suatu rangkaian kolom berpaking, yang terdiri dari :

1. Kolom absorber kaca (kolom paking).
2. Tangki umpan.
3. Rangkaian perpipaan dan alat ukur laju alir / tekanan.
4. Sumber gas murni (missal CO₂) dan regulator.

Peralatan absorpsi dapat dilihat pada gambar berikut :

Keterangan :

- M – 1 = Manometer pengukur penurunan tekanan kolom
- M – 2 = Manometer pengukur laju alir udara
- M – 3 = Manometer pengukur laju alir cairan
- V – 1 = Kerangan *bypass* sembur cairan
- V – 2 = Kerangan pengatur laju alir cairan
- V – 3 = Kerangan kalibrasi orificemeter
- V – 4 = Kerangan pengatur aras cairan di dasar kolom
- V – 5 = Kerangan drainase kolom
- V – 6 = Kerangan pengatur laju alir udara
- NV – 1 = Kerangan jarum pengukur laju alir udara



Gambar A.1 Skema Perangkat Kontaktor Gas Cair

IV. Dasar Teori

1. Teori Umum

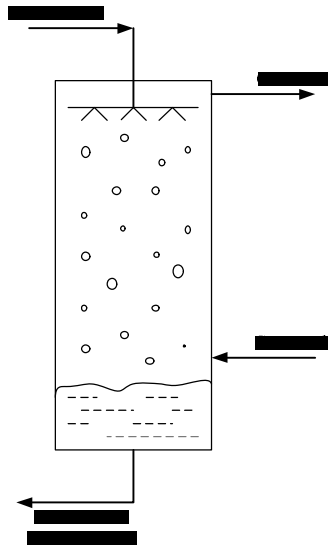
Peralatan absorpsi gas terdiri dari sebuah kolom berbentuk silinder atau menara yang dilengkapi dengan pemasukan gas dan ruang distribusi pada bagian bawah ; pemasukan zat cair dan distributornya pada bagian atas, pengeluaran gas dan zat cair masing-masing diatas dan dibawah.

Serta diisi dengan massa zat tak aktif (*inert*) diatas penyangganya yang disebut isian menara (*towerpacking*). Zat cair yang masuk berupa pelarut murni atau larutan encer zat terlarut dalam pelarut disebut cairan lemah (*weak liquor*), didistribusikan diatas isian dengan distributor secara seragam.

Gas yang mengandung zat terlarut, disebut gas kaya (*rich gas*), masuk ke ruang pendistribusian melalui celah isian, berlawanan arah dengan zat cair. Isian itu memberikan permukaan yang luas untuk kontak antara zat cair dan gas sehingga membantu terjadinya kontak yang maksimal antara kedua fase, dan terjadi penyerapan zat terlarut yang ada di dalam *rich gas* oleh zat cair yang masuk ke dalam menara dan gas encer (*lean gas*) keluar dari atas. Sambil mengalir kebawah, zat cair makin kaya zat terlarut, dan keluar dari bawah menara sebagai cairan pekat (*strong liquor*).

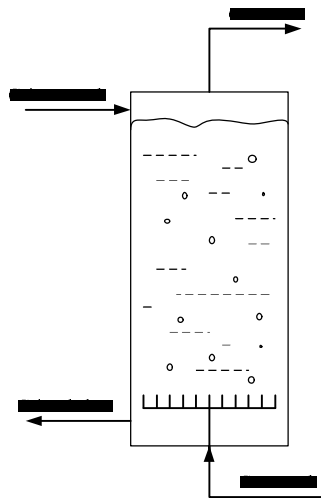
2. Model / Jenis Alat Transfer Massa

Operasi transfer massa umumnya dilakukan dengan menggunakan manara yang dirancang sedemikian sehingga diperoleh kontak yang baik antara kedua fase. Alat transfer massa yang berupa menara secara umum dapat dibagi ke dalam 4 golongan, yaitu : menara sembur, menara gelembung, menara pelat dan menara paking.



Gambar 1. Menara Sembur

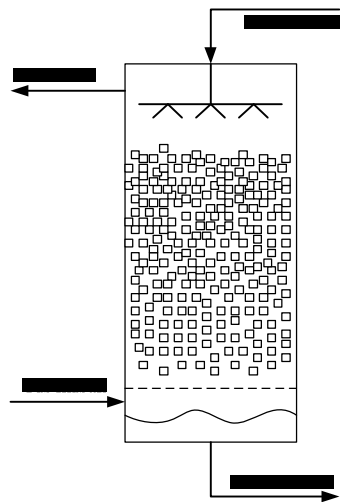
Menara sembur terdiri dari sebuah menara, dimana dari puncak menara cairan disemburkan dengan menggunakan nosel semburan. Tetes – tetes cairan akan bergerak ke bawah karena gravitasi, dan akan berkontak dengan arus gas yang naik ke atas (lihat gambar 1). Nosel semburan dirancang untuk membagi cairan kecil – kecil. Makin kecil ukuran tetes cairan, makin besar kecepatan transfer massa. Tetapi apabila ukuran tetes cairan terlalu kecil, tetes cairan dapat terikut arus gas keluar. Menara sembur biasanya digunakan untuk transfer massa gas yang sangat mudah larut.



Gambar 2. Menara gelembung

Menara gelembung terdiri dari sebuah menara, dimana di dalam menara tersebut gas didispersikan dalam fase cair dalam bentuk gelembung. Transfer massa terjadi pada waktu gelembung terbentuk dan pada waktu gelembung naik ke atas melalui cairan (gambar 2). Menara gelembung digunakan untuk transfer massa gas yang relatif sukar larut. Gelembung dapat dibuat misalnya dengan pertolongan distributor pipa, yang ditempatkan mendatar pada dasar menara.

Menara pelat adalah menara yang secara luas telah digunakan dalam industri. Menara ini mempunyai sejumlah pelat dan fasilitas yang ada pada setiap pelat, maka akan diperoleh kontak yang sebaik-baiknya antara fase cair dengan fase gas. Fasilitas ini dapat berupa topi gelembung (*bubble caps*) atau lubang ayak (*sieve*), gambar 5. Pada pelat topi gelembung dan lubang ayak, gelembung – gelembung gas akan terbentuk. Transfer massa antar fase akan terjadi pada waktu gelembung gas terbentuk dan pada waktu gelembung gas naik ke atas pada setiap pelat. Cairan akan mengalir dari atas ke bawah melintasi pelat di dalam kolom.



Gambar 3. Menara paking

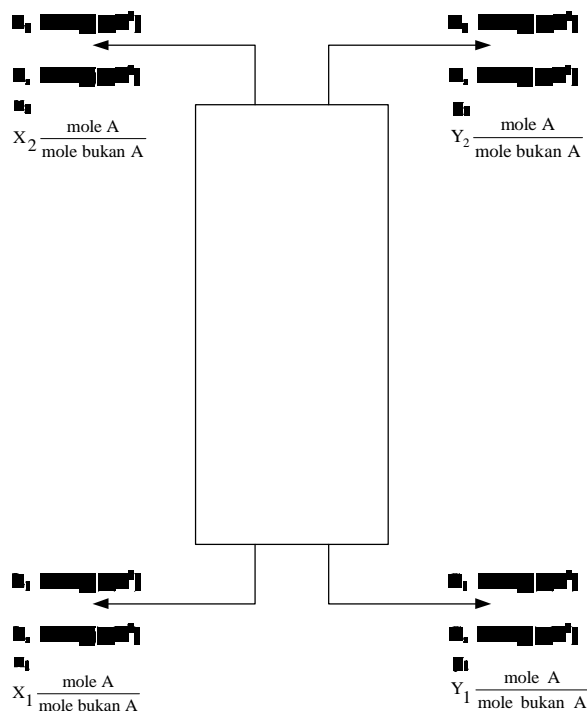
Menara paking adalah menara yang diisi dengan bahan pengisi, gambar 3. Adapun fungsi bahan pengisi ialah untuk memperluas bidang kontak antara kedua fase. Bahan pengisi yang banyak digunakan antara lain

cincin rasching, cincin lessing, cincin partisi, sadel bell, sadel intalox dan cincin pall. Di dalam menara ini, cairan akan mengalir ke bawah melalui permukaan bawah pengisi, sedangkan cairan akan mengalir ke atas secara arus berlawanan, melalui ruang kosong yang ada diantara bahan pengisi.

Persyaratan yang diperlukan untuk isian menara ialah :

1. Tidak bereaksi (kimia) dengan fluida di dalam menara.
2. Mengandung cukup banyak laluan untuk kedua arus tanpa terlalu banyak zat cair yang terperangkap (*hold up*) atau menyebabkan penurunan tekanan terlalu tinggi.
3. Memungkinkan terjadinya kontak yang memuaskan antara zat cair dan gas.
4. Harus kuat, tetapi tidak terlalu berat, serta tidak terlalu mahal.

Kalau diperhatikan cara kontak antara fase – fase yang berkontak di dalam keempat menara tersebut, maka ada dua macam cara kontak yaitu : cara kontak kontinyu yang terjadi di menara sembur, menara gelembung dan menara paking, dan cara kontak bertingkat yang terjadi di menara pelat.



Gambar 4. Transfer massa dalam keadaan tetap arus berlawanan

3. Perhitungan Dasar Neraca Massa

Ditinjau suatu operasi transfer massa dalam keadaan tetap secara arus berlawanan, dimana fase – fase yang berkontak dan saling tidak dapat larut adalah fase G dan L, seperti terlihat pada gambar 5.

Di dalam diagram tersebut L_s dan G_s adalah arus I, dan G dengan dasar bebas solute, sehingga L_s dan G_s adalah arus – arus dari komponen yang tidak mendifusi dalam arus L dan G. Sedangkan x dan y masing – masing adalah fraksi mol A di dalam fase L dan G.

Apabila dibuat neraca bahan komponen A disekitar alat transfer massa, maka diperoleh :

$$G_1 y_1 + L_2 x_2 = G_2 y_2 + L_1 x_1 \dots\dots\dots(1.1)$$

atau

$$G_1 y_1 - G_2 y_2 = L_1 x_1 - L_2 x_2 \dots\dots\dots(1.2)$$

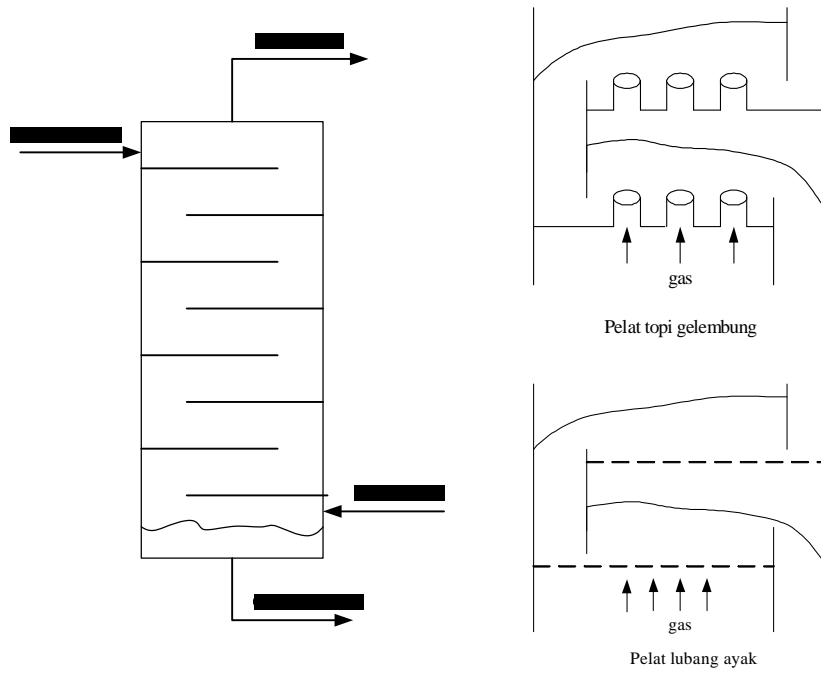
Hubungan yang lebih sederhana akan diperoleh, apabila tidak digunakan konsentrasi fraksi mol, tetapi digunakan konsentarsi dengan dasar bebas solut. Hubungan antara konsentrasi dengan dasar bebas solut dan fraksi mol adalah sebagai berikut :

$$X = \frac{x}{1-x} \dots\dots\dots(1.3)$$

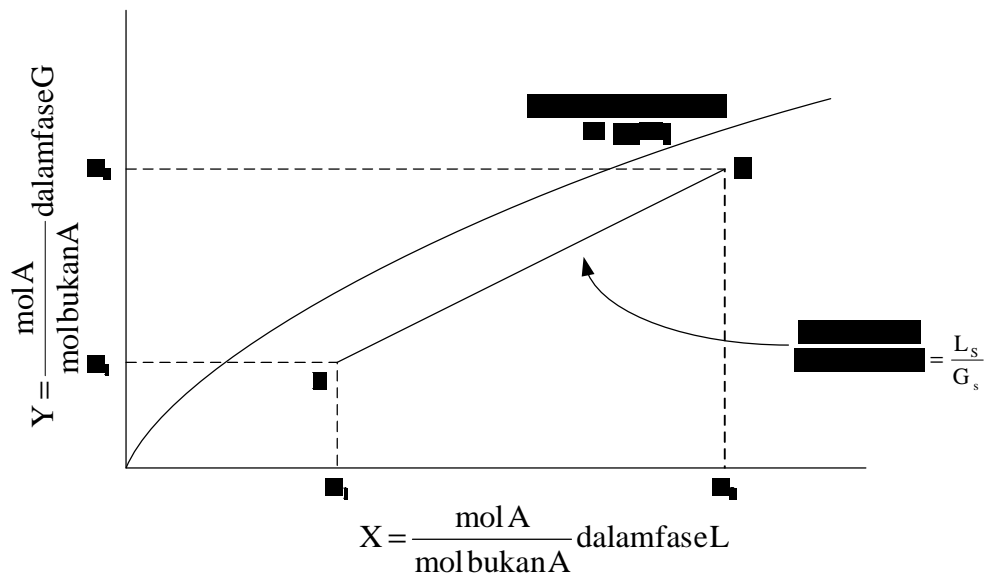
$$Y = \frac{y}{1-y} \dots\dots\dots(1.4)$$

Dengan konsentrasi dasar bebas solut, maka kecepatan aliran yang digunakan sekarang adalah kecepatan aliran dengan bebas solut yaitu L_s dan G_s , sehingga persamaan (1.2) menjadi :

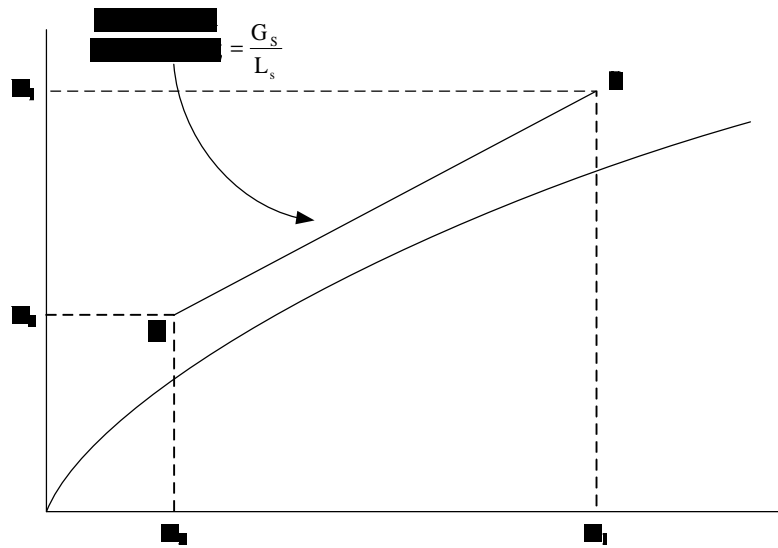
$$G_s (Y_1 - Y_2) = L_s (X_1 - X_2) \dots\dots\dots(1.5)$$



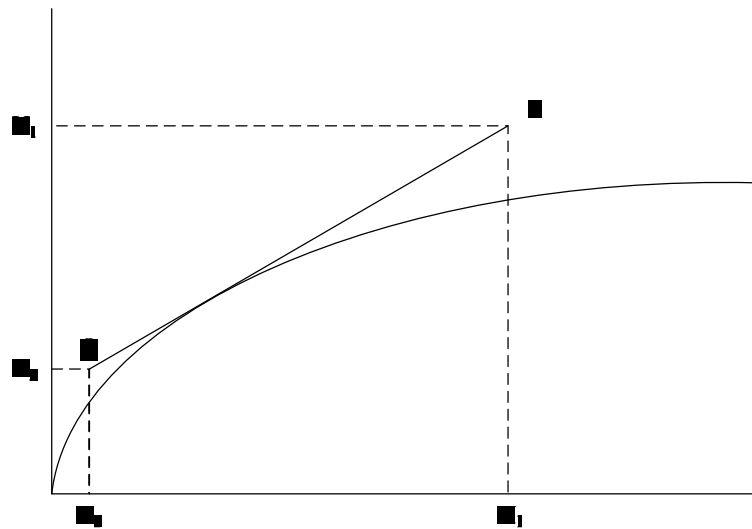
Gambar 5. Menara pelat.



Gambar 6. Transfer massa arus berlawanan, solut ditransfer dari fase L ke fase G.



Gambar 7. Transfer massa arus berlawanan, solut ditransfer dari fase G ke fase L.



Gambar 8. Garis operasi menyinggung kurva keseimbangan.

V. Prosedur Percobaan

Peralatan *absorber column* yang telah terpasang diperiksa terlebih dahulu aliran dan valve dalam keadaan baik. Praktikan dapat membaca gambar/skema secara seksama sesuai dengan yang ada pada peralatan.

A. Kalibrasi Orificemeter.

1. Pastikan semua *valve* pada jalur cairan dalam keadaan tertutup. Isi tangki cairan dengan air kira-kira $2/3$ volume tangki. Buka penuh *valve by pass* cairan V-1, hidupkan pompa cairan.
2. Perlahan – lahan buka kerangan pengatur laju alir cairan V-2 hingga manometer cairan M-2 menunjukkan pembacaan. Biarkan system beroperasi hingga mencapai keadaan konstan. Catat pembacaan manometer.
3. Siapkan wadah penampung cairan (*beaker glass*) dan *stop watch*.
4. Setelah kondisi konstan, buka *valve* kalibrasi V-3. Tunggu beberapa menit hingga alirannya konstan kembali, kemudian tampung sejumlah cairan yang keluar dengan mencatat waktu yang diperlukan untuk penampungan tersebut.
5. Tutup kembali *valve* V-3, kemudian ubah kedudukan valve V-2 sehingga penunjukkan manometer M-2 berubah. Tunggu sampai konstan, catat penunjukkan manometer.
6. Ulangi dari langkah no.4, sampai didapatkan sejumlah data pembacaan manometer, volume cairan tertampung dan waktu penampungan yang cukup untuk membuat kurva kalibrasi.
7. Untuk setiap titik sebaiknya dilakukan beberapa kali untuk mengambil rata – ratanya.

B. Pengujian daya serap gas terhadap cairan (absorpsi) dengan beberapa variasi.

a. Variasi suhu terhadap laju alir cairan.

1. Bersihkan tangki penampungan cairan, gantikan dengan air yang baru.

2. Hidupkan pompa cairan, buka valve pengatur laju cairan pada posisi 25 % penuh. Perhatikan manometer, setelah konstan catat penunjukan manometer.
 3. Sebelumnya perlu dipersiapkan konsentrasi gas CO₂ sama dengan konsentrasi udara 50 %, dengan mengatur bukaan valve dan tekanan gas yang masuk ke kolom.
 4. Setelah komposisi gas masuk tepat, tunggu beberapa menit untuk mensirkulasi seluruh cairan didalam tangki sehingga proses absorpsi maksimum.
 5. Lakukan pengambilan sampel 20 ml untuk dianalisa dengan titrimetri.
 6. Kemudian variasikan bukaan 50, 75, dan 100 % bukaan.
 7. Setelah menutup laju aliran gas dan cairan, tambahkan bongkahan es secukupnya ke dalam tangki, untuk temperatur supaya turun sekitar 5 °C, setelah konstan baru operasi dilanjutkan kembali.
 8. Hidupkan pompa cairan, atur bukaan valve 25 % seperti diatas, buka aliran gas dan udara, tunggu hingga proses stabil. Setelah 5 menit ambil sampel untuk dianalisa.
 9. Lakukan operasi selanjutnya untuk variasi bukaan 50, 75, dan 100 %.
 10. Ulangi untuk penurunan temperatur cairan 5 °C selanjutnya. Buat data percobaan dan hasil analisa (lihat lampiran).
- b. Variasi suhu cairan dan konsentrasi CO₂.
1. Pastikan kondisi *valve* gas dan udara, agar tidak ada kebocoran pada saat operasi berlangsung.
 2. Hidupkan pompa cairan, atur bukaan *valve* pada posisi bukaan penuh.
 3. Setelah laju alir konstan, buka aliran udara penuh dan gas ditutup. Biarkan operasi berlangsung 5 menit.
 4. Ambil sampel untuk dianalisa kadar gas terlarutnya untuk temperatur standar.
 5. Lanjutkan operasi untuk konsentrasi CO₂ = 25 %, set bukaan gas dan udara. Setelah operasi konstan, ambil sampel untuk dianalisa.

6. Lakukan beberapa kali dengan menaikkan konsentrasi CO₂ hingga 100 %. Matikan pompa dan aliran gas.
 7. Tambahkan bongkahan es sambil duduk sampai temperatur turun 5 °C. Setelah konstan lanjutkan operasi untuk bukaan gas 25 – 100 %. Lakukan pengambilan sampel setiap 5 menit.
 8. Buat data percobaan dan analisa seperti pada lampiran.
- c. Variasi suhu cairan dan waktu pengontakan.
1. Setelah air dalam tangki diganti, atur bukaan *valve* CO₂ dan udara pada posisi menengah (50 %).
 2. Hidupkan pompa air, bukaan penuh. Tunggu sampai sirkulasi konstan.
 3. Buka aliran gas dan udara, operasikan pada suhu kamar dengan kenaikan waktu pengontakan 2 menit untuk setiap pengambilan sampel.
 4. Setelah proses konstan lakukan pengambilan sampel tanpa menghentikan operasi, lakukan beberapa kali setiap 2 menit.
 5. Hentikan operasi bila pengambilan sampel telah selesai.
 6. Setelah penambahan es tunggu hingga temperatur konstan dengan penurunan 5 °C.
 7. Lakukan operasi dan pengambilan sampel seperti diatas.
 8. Setelah data yang diambil selesai, lakukan penurunan temperatur untuk tahap selanjutnya dan ulangi lagi seperti no.4 dan no.8.
- d. Variasi laju alir cairan dengan konsentrasi CO₂.
1. Ganti air dalam tangki penampungan sampai $\frac{3}{4}$ penuh. Hidupkan pompa cairan, tunggu hingga aliran konstan, lakukan operasi pada konsentrasi gas (CO₂) = 0
 2. Buka *valve* udara, jaga jangan sampai tekanan berlebihan.
 3. Mulai dengan bukaan *valve* $\frac{1}{4}$ penuh, biarkan operasi berlangsung konstan, setelah 5 menit ambil sampel. Kemudian lakukan untuk bukaan $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan bukaan penuh.
 4. Lakukan pengambilan sampel untuk analisa pada setiap pengujian.

5. Matikan pompa cairan dan hentikan aliran udara, Atur bukaan *valve* cairan mulai dari yang kecil, juga atur konsentrasi gas pada 25 %. Mulai operasi awal 5 menit, ambil sampel lalu naikkan bukaan *valve* sambil dilakukan pengambilan sampel untuk setiap bukaan.
 6. Ubah konsentrasi gas pada 50 %, lakukan langkah no.5 mulai dari bukaan terkecil sambil dilakukan pengambilan sampel.
 7. Lakukan langkah seperti diatas untuk konsentrasi gas 75 dan 100 %.
Buat tabel data seperti pada lampiran.
- e. Variasi laju cairan dengan waktu kontak.
1. Setelah air dalam tangki diganti, hidupkan pompa cairan hingga alirannya konstan. Lalu atur pada bukaan $\frac{1}{4}$ penuh.
 2. Operasikan pada bukaan CO₂ dan udara seimbang 50 % bukaan.
 3. Gunakan *stop watch* untuk menentukan lamanya operasi.
 4. Lakukan pengambilan sampel untuk setiap interval 2 menit, lakukan beberapa kali sesuai tugas.
 5. Tutup aliran gas dan udara, baru kemudian buka *valve* cairan pada posisi $\frac{1}{2}$ penuh.
 6. Buka *valve* gas dan udara seperti no.2, biarkan operasi berlangsung. Lakukan pengambilan sampel setiap 2 menit.
 7. Setelah selesai, mulai kembali operasi untuk bukaan $\frac{3}{4}$ dan penuh. Lakukan pengambilan data dan sampel seperti diatas. Buat tabel seperti pada lampiran.
- f. Variasi konsentrasi gas (CO₂) dengan waktu kontak.
1. Setelah penggantian air dalam tangki, atur *valve* air pada posisi $\frac{1}{2}$ penuh, baru hidupkan pompa cairan. Tinggi hingga aliran air konstan.
 2. Lakukan operasi pada konsentrasi gas = 0 %, buka aliran udara. Lakukan pengambilan sampel setiap 2 menit.
 3. Hentikan aliran udara, naikkan konsentrasi CO₂ pada 25 %, atur bukaan udara dan CO₂. Setelah konstan lakukan operasi. Ambil sampel setiap 2 menit.

4. Ulangi operasi dengan menaikkan konsentrasi CO₂ pada 50, 75 dan 100 %. Serta pengambilan sampel untuk analisa setiap 2 menit.
5. Buatlah data hasil operasi dan analisa seperti pada lampiran.

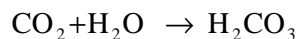
Variasi di atas hanya merupakan alternatif untuk operasi di laboratorium unit operasi kimia, beberapa faktor yang berpengaruh lainnya dapat dikombinasikan untuk mengetahui spesifikasi dari proses absorpsi.

C. Prosedur Analisa.

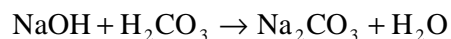
Untuk menganalisa sampel hasil operasi absorpsi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

- a. Pengukuran pH dengan pH meter.
- b. Potensiograph.
- c. Gas kromatografi.
- d. Refraktometer.
- e. Titrimetri.
- f. dan lain – lain.

Dalam percobaan ini kita menggunakan metode titrimetri , yaitu analisa sampel dengan melakukan titrasi dan indikator penunjuk sehingga diperoleh konsentrasi gas terlarut dalam cairan dimana konsentrasi gas berbanding lurus dengan volume titran. Karena reaksi yang terjadi pada proses absorpsi pada percobaan ini antara CO₂ dan air adalah :



Maka konsentrasi H₂CO₃ yang berbanding lurus dengan konsentrasi CO₂ terlarut dapat diketahui dengan menggunakan titran NaOH atau lebih baik basa lemah, dengan reaksi :



Prosedur untuk melakukan analisa, adalah sebagai berikut :

1. Ambil sampel yang ingin dianalisa dengan beaker glass 50 ml.

2. Persiapkan buret titrasi yang telah dicuci bersih dengan aquadest dan dikeringkan. Pasang pada statif.
3. Atur posisi buret supaya lurus sehingga tepat dalam pembacaan skala.
4. Buat larutan NaOH dengan konsentrasi 0,5 N dan 1 N, atau gunakan larutan NaOH yang telah disediakan.
5. Isi buret dengan NaOH 0,5 N dan 1 N pada masing – masing buret.
6. Sedot sampel 10 ml dengan pipet volume, masukkan ke dalam Erlenmeyer, tambahkan beberapa tetes indikator PP.
7. Lakukan proses titrasi sambil digoyang perlahan – lahan agar pencampuran merata.
8. Sambil mengamati titik akhir titrasi, bukaan buret harus tetap dijaga supaya volume titran tepat berakhir pada titik akhir titrasi.
9. Lakukan analisa 2 kali agar bisa diambil rata – rata volume titrasi.
10. Catat data analisa pada tabel yang telah tersedia untuk dibahas atau dilakukan perhitungan lebih lanjut.

D. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K-3)

Untuk menjaga keselamatan selama bekerja di laboratorium patuhilah peraturan yang ada seperti :

- a. Gunakan jas laboratorium, kaca mata pelindung (*safety glass*), sarung tangan karet, *safety shoes*, dan pelindung tubuh lainnya.
- b. Bacalah petunjuk praktikum dengan seksama sebelum memulai praktikum.
- c. Jagalah ketertiban dan kebersihan selama praktikum dan sesudah praktikum berlangsung.
- d. Mintalah bantuan teknisi atau dosen pembimbing bila mengalami kesulitan selama praktikum.