

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Berdasarkan keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI. No.KEP-03/MENKLH/II/1991, pencemaran udara adalah masukan atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Polusi udara terdiri atas polusi udara dalam ruang (PUDR), polusi udara luar ruang (PULR) dan polusi udara akibat dari lingkungan kerja (Hidayat dkk, 2012). Pencemaran udara dapat terjadi dimana-mana, misalnya di dalam rumah, sekolah, kantor atau yang sering disebut sebagai pencemar dalam ruang. Selain itu, gejala secara akumulatif juga terjadi di luar ruang mulai dari tingkat lingkungan rumah, perkotaan, hingga ke tingkat regional, bahkan saat ini sudah menjadi gejala global (Ali, 2008).

2.1.1 Dampak Pencemaran Udara

Pencemaran udara menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan maupun kesehatan diantaranya adalah (Sumantri, 2010):

1. Lingkungan
 - a. Menyebabkan terjadinya hujan asam
 - b. Menyebabkan efek rumah kaca
 - c. Kerusakan lapisan ozon

2. Kesehatan
 - a. Menyebabkan terjangkitnya penyakit pernafasan, seperti ISPA
 - b. Memicu terjadinya stress
 - c. Menyebabkan efek toksik dan karsinogenik

Tabel 2.1. Pencemar udara dan dampak kesehatan

No	Agent	Dosis Respon	Efek Kritis dan Referensi
1	NH ₃	2,86E-2	Kenaikan keparahan rintis dan pneumonia dengan lesi pernafasan pada uji hayati tikus subkronik (Broderson <i>et.al.</i> 1976)
2	H ₂ S	5,71E-4	Lesi nasal lendir offaktori pada uji hayati tikus subkronik (Brenneman <i>et.al</i> 2000)
3	NO ₂	2E-2	Gangguan pernafasan (EPA/NAAQS 1990)
4	TSP	2,42	Gangguan saluran Pernafasan

Sumber: Rahman dalam Kemenkes, 2012

2.2 Ammonia

Ammonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH₃ yang merupakan salah satu indikator pencemaran udara pada bentuk kebauan. Gas ammonia adalah gas yang tidak berwarna dengan bau menyengat, biasanya ammonia berasal dari aktifitas mikroba, industri ammonia, pengolahan limbah dan pengolahan batu bara. Ammonia merupakan senyawa anorganik yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik. Ammonia di atmosfer akan bereaksi dengan nitrat dan sulfat sehingga terbentuk garam ammonium yang sangat korosif (Yuwono, 2010).

Ammonia (NH₃) dan garam-garamnya merupakan senyawa yang bersifat mudah larut dalam air. Ion ammonium merupakan transisi dari ammonia, selain terdapat dalam bentuk gas ammonia juga dapat berbentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Ammonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia, serta industri bubur dan kertas (Effendi, 2003).

Pada air ammonia berada dalam dua bentuk yaitu ammonia tidak terionisasi dan ammonia terionisasi. Ammonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf pada ikan sedangkan ammonia yang

terionisasi memiliki kadar racun yang rendah. Daya racun ammonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah. Keberadaan bakteri pengurai sangat berpengaruh terhadap persediaan oksigen yang secara alami terlarut dalam air (Komarawidjaja, 2005).

2.2.1 Sifat Ammonia

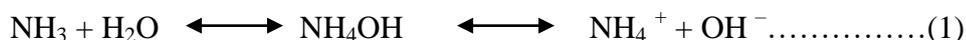
Ammonia memiliki sifat seperti yang tertera dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.2. Sifat fisika ammonia

Sifat Fisika	Nilai
Massa jenis dan fasa	0,7710 g/L, gas
Kelarutan dalam air	89,9 g/100ml pada 0 ^o c
Titik lebur	-77,7 ^o C (195,42 K)
Temperatur autosulutan	650 ^o C
Titik didih	-33,34 ^o C (239,81 K)
Keasaman (pKa)	9,25
Kebasaan (pKb)	4,75

Sumber : *Toxicological Profile For Ammonia*, EPA,2004

Ammonia dalam air mudah terkomposisi menjadi ion ammonium dengan persamaan sebagai berikut :



Ammonium bereaksi dengan basa karena adanya pasangan bebas yang aktif dari nitrogen, sehingga menarik ikatan elektron pada molekul ammonia ke arahnya. Kombinasi dan negatifitas ekstra tersebut dan daya tarik pasangan bebas, menarik hidrogen dari air (Halalayah, 2013).

2.2.2 Dampak Penyebab Ammonia

Efek Terhadap Kesehatan Manusia

Gejala yang ditimbulkan akibat terpapar dengan amonia tergantung pada jalan terpaparnya, dosis, dan lama pemaparannya. Gejala-gejala yang dialami dapat berupa mata berair dan gatal, hidung iritasi, gatal dan sesak, iritasi tenggorokan, kerongkongan dan jalan pernafasan terasa panas dan

kering, batuk-batuk. Pada dosis tinggi dapat mengakibatkan kebutaan, kerusakan paru-paru, bahkan kematian, amonia juga dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit. Pada kadar 2500-6500 ppm, gas ammonia melalui inhalasi menyebabkan iritasi hebat pada mata (Keraktitis), sesak nafas (Dyspnea), Bronchospasm, nyeri dada, sembab paru, batuk darah, Bronchitis dan Pneumonia. Pada kadar tinggi (30.000 ppm) dapat menyebabkan luka bakar pada kulit (Hutabarat, 2007).

Tabel 2.3. Gejala yang di timbulkan pada manusia

Konsentrasi Ammonia (mg/L)	Gejala yang ditimbulkan pada manusia
50	Iritasi ringan pada mata, hidung dan tenggorokan, toleransi dapat terjadi dalam 2 jam.
100	Mengakibatkan iritasi tingkat menengah pada mata.
250	Berdampak pada kesehatan ketika terpajan lebih dari 60 menit
500	Merupakan kadar yang memeberikan dampak bahaya langsung pada kesehatan
700	Berdampak langsung pada mata dan tenggorokan
>1500	Mengakibatkan <i>laryngospasm</i>
2500-4500	Berakibat fatal setelah terpapar selama 30 menit
>5000	Berakibat fatal dan menyebabkan kematian mendadak.

Sumber : (Hendrik Sulistiyanto,2018)

2.3 Absorber

Absorpsi merupakan salah satu operasi pemisahan dalam industri kimia dimana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai. Pada proses absorpsi terjadi perpindahan massa. Proses perpindahan massa ini mengakibatkan komponen didalam gas yang diserap akan berpindah dari fase gas ke fase cair. Cairan penyerap yang digunakan untuk proses absorpsi harus mempunyai selektivitas pelarutan yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya (Bernasconi, 1995).

Alat yang digunakan dalam proses absorpsi disebut absorber. Absorber berfungsi untuk memisahkan satu komponen atau lebih dari campurannya menggunakan prinsip perbedaan kelarutan. Karena perbedaan kelarutan inilah, perpindahan massa absorber digunakan untuk memisahkan suatu *solute* dari arus gas. *Solute* adalah komponen yang dipisahkan dari campurannya sedangkan pelarut (*solvent* sebagai *separating agent*) adalah cairan atau gas yang melarutkan *solute* (Alan, 2012). Kinerja absorber juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Tekanan.

Perubahan tekanan pengaruhnya kecil terhadap kelarutan zat cair atau padat. Kelarutan gas sebanding dengan tekanan partial gas itu. Menurut hukum Henry (William Henry : 1774 – 1836) massa gas yang melarut dalam sejumlah tertentu cairan (pelarutnya) berbanding lurus dengan tekanan yang dilakukan oleh gas itu (tekanan partial), yang berada dalam kesetimbangan dengan larutan itu.

2. Laju alir gas.

Kecepatan aliran gas dinyatakan dalam banyaknya gas yang mengalir dalam satuan waktu.

3. Konsentrasi larutan penyerap.

Konsentrasi larutan adalah komposisi yang menunjukkan dengan jelas perbandingan jumlah zat terlarut terhadap pelarut. Kelarutan dapat kecil atau besar sekali, dan jika jumlah zat terlarut melewati titik jenuh, zat itu akan keluar (mengendap di bawah larutan). Dalam kondisi tertentu suatu larutan dapat mengandung lebih banyak zat terlarut dari pada dalam keadaan jenuh (Adha, S. D. 2015).

Absorber merupakan alat yang dapat digunakan untuk memurnikan produk ammonia.

2.3.1 Absorpsi

Metode absorpsi ammonia adalah pemisahan suatu komponen gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan *liquid* yang mempunyai *selektivitas* pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya baik secara fisika maupun kimia efektif untuk laju alir gas yang rendah dimana ammonia dioperasikan pada kondisi normal. Salah satu metode yang sederhana dan murah yaitu menggunakan air bertekanan sebagai *absorben* (Shannon *et al.*, 2006, dalam Harsono, 2013). Pada absorpsi sendiri ada dua macam proses yaitu, absorpsi fisik dan absorpsi kimia.

a. Absorpsi fisik

Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia. Contoh absorpsi ini adalah absorpsi gas H_2S dengan air, metanol, propilen, dan karbonat. Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik, difusi gas ke dalam air, atau pelarutan gas ke fase cair.

b. Absorpsi kimia

Absorpsi kimia merupakan absorpsi dimana gas terlarut didalam larutan penyerap disertai dengan adanya reaksi kimia. Contoh absorpsi ini adalah absorpsi dengan adanya larutan MEA, NaOH, K_2CO_3 , dan sebagainya. Aplikasi dari absorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO_2 pada pabrik ammonia. Penggunaan absorpsi kimia pada fase kering sering digunakan untuk mengeluarkan zat terlarut secara lebih sempurna dari campuran gasnya. Keuntungan absorpsi kimia adalah meningkatnya koefisien perpindahan massa gas, sebagian dari perubahan ini disebabkan makin besarnya luas efektif permukaan. Absorpsi kimia dapat juga berlangsung di daerah yang hampir stagnan disamping penangkapan dinamik. Ada beberapa hal yang mempengaruhi absorpsi gas ke dalam cairan, yaitu :

1. Temperatur dan tekanan operasi
2. Konsentrasi komponen di dalam cairan
3. Konsentrasi komponen di dalam aliran gas

4. Luas bidang kontak
5. Lama waktu kontak

2.3.2 Absorben

Absorben adalah cairan yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi pada permukaannya, baik secara fisik maupun secara reaksi kimia. Absorben sering juga disebut sebagai cairan pencuci. Persyaratan absorben :

1. Mampu melarutkan dalam jumlah yang besar.
2. Selektif
3. Tidak korosif.
4. Mempunyai viskositas yang rendah
5. Stabil secara termis.
6. Murah dan mudah didapat
7. Pelarut tidak beracun, tidak mudah terbakar dan harus mempunyai titik beku yang rendah (Bernasconi, 1995).

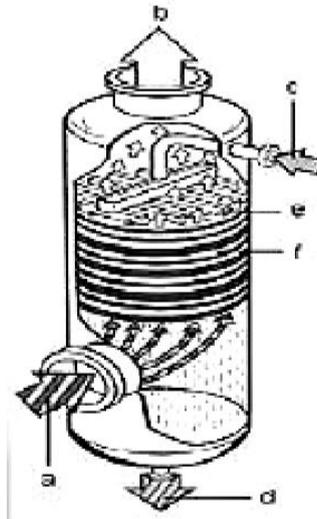
Absorben yang digunakan untuk menyerap komponen gas NH_3 ini adalah air. Alasan penggunaan air sebagai absorben dikarenakan air dapat bereaksi dengan gas NH_3 .

Berikut ini adalah karakteristik dari air :

- a. Sifat-sifat fisika air
 - Rumus molekul : H_2O
 - Massa molar : 18.02 g/mol
 - Volume molar : 55,5 mol/ L
 - Kerapatan pada fasa : 1000 kg/m³, liquid
 - Titik didih : 100 °C (373.15 K) (212°F)
 - Titik leleh : 0 °C (273.15 K) (32 °F)
 - PH : 7
 - Tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau
- b. Sifat-sifat Kimia air
 - Bersifat polar karena adanya perbedaan muatan.
 - Sebagai pelarut yang baik karena kepolarannya.

2.3.3 Kolom Absorpsi

Kolom absorpsi adalah kolom atau tabung tempat terjadinya proses pengabsorpsi (penyerapan/penggumpalan) dari zat yang dilewatkan di kolom/tabung tersebut. Proses ini dilakukan dengan melewatkan zat yang terkontaminasi oleh komponen lain dan zat tersebut dilewatkan ke kolom ini dimana terdapat fase cair dari komponen tersebut.



Sumber: Redjeki, 2013

Gambar 2.1. Kolom Absorpsi

Berikut ini adalah bagian-bagian dari kolom absorpsi.

- a. Input gas biasanya berupa spray untuk megubah gas input menjadi fase cair.
- b. Output gas
- c. Input pelarut
- d. Output pelarut dan gas terserap keluar
- e. Tempat pencampuran pelarut dan umpan
- f. Packed tower untuk memperluas permukaan sentuh sehingga mudah untuk diabsorpsi.

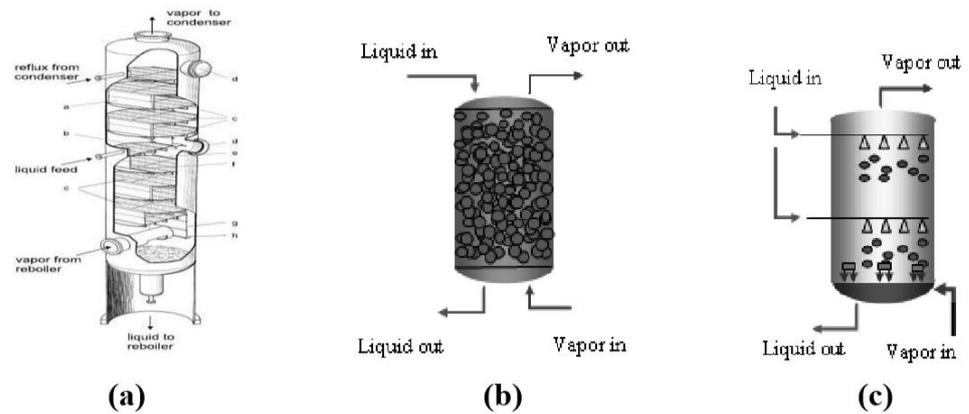
Cara kerja kolom absorpsi adalah dimana ada zat yang berbeda fase mengalir berlawanan arah yang dapat menyebabkan komponen kimia ditransfer dari satu fase cairan ke fase lainnya, terjadi hampir pada setiap reaktor kimia.

Proses ini dapat berupa absorpsi gas, destilasi, pelarutan yang terjadi pada semua reaksi kimia.

Kemudian campuran gas yang merupakan keluaran dari reaktor diumpankan kebawah menara absorber. Didalam absorber terjadi kontak antar dua fasa yaitu fasa gas dan fasa cair mengakibatkan perpindahan massa difusional dalam umpan gas dari bawah menara ke dalam pelarut air sprayer yang diumpankan dari bagian atas menara. Peristiwa absorpsi ini terjadi pada sebuah kolom yang berisi packing atau plate dengan tingkat sesuai kebutuhan.

Kolom absorpsi pun terdapat beberapa jenis, diantaranya adalah (Samsudin, 2015)

1. *Tray Tower* : Berbentuk seperti rak-rak yang tersusun. Tiap tray akan terjadi proses transfer massa. Pemilihan tray tower dipengaruhi oleh kecepatan gas. Efisiensi pemisahan akan tinggi bila kecepatan gas yang mengalir juga tinggi
2. *Packed Tower* : Dalam tower (menara) ini berisi packing, liquida didistribusi di atas packing dan mengalir ke bawah membentuk lapisan tipis di permukaan packing. Kedua fasa (liquid & gas) akan teraduk sempurna. Tower/kolom berpacking ini digunakan bila perpindahan massa dikendalikan oleh kedua tahanan baik gas maupun liquid
3. *Spray Tower* : Cairan masuk dispraykan dan jatuh karena gravitasi, aliran gas naik berlawanan arah. Nozzle (lubang) spray berfungsi untuk memperkecil ukuran liquida. Spray Tower digunakan untuk perpindahan massa gas-gas yang sangat mudah larut dimana tahanan fasa gas yang menjadi kendali dalam fenomena ini.
4. *Bubble Tower* : Bubble Tower pada prinsipnya merupakan kebalikan dari spray tower. Dalam tower ini gas terdispersi kedalam fasa liquid membentuk gelembung kecil. Gelembung yang kecil ini menjadikan kontak antar fasa menjadi besar. Bubble Tower digunakan bila laju perpindahan massa dikendalikan oleh tahanan fasa gas.



Sumber: Samsudin, 2015

Gambar 2.2. (a) Tray Tower, (b) Packed Tower, (c) Spray Tower

Pada Gambar 2.2 terlihat terdapat tumpukan *packing absorber* (bahan isian) yang tersusun secara vertikal pada kolom *absorber* yang berfungsi untuk menambah luas bidang kontak antara gas pelarut. Pada zaman dahulu *Packing Absorber* yang sering digunakan adalah kokas dan pecahan batu, sedangkan sekarang sering digunakan dari bahan porselen polimer, kaca, logam, dan plastik.

Kelereng bisa menjadi bahan alternatif untuk digunakan sebagai bahan *Packing*. Selain harganya murah dan mudah ditemukan, penggunaan kelereng sebagai packing dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3. Kelereng

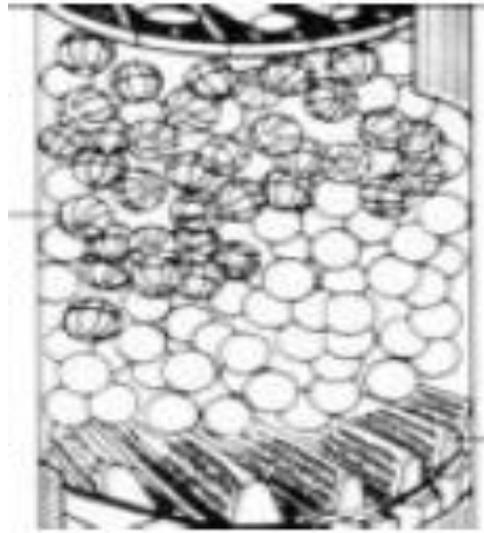
Adapun syarat-syarat bahan isian yang dapat digunakan adalah sebagai berikut (Mc. Cabe, 1993):

1. Tidak bereaksi dengan fluida dalam *absorber*
2. Kuat tetapi tidak berat
3. Memberikan luas kontak yang besar
4. Murah
5. Tahan korosi

Cara Penyusunan *Packing* :

1. *Random Packing*

- Hanya dituang dan dibiarkan jatuh ke dalam kolom (acak).
- Jenis *packing* yang digunakan adalah *raschig ring*, *leasing ring*.
- Luas permukaan besar, *pressure drop* gas besar, ukuran *packing* kecil, ongkos kecil.

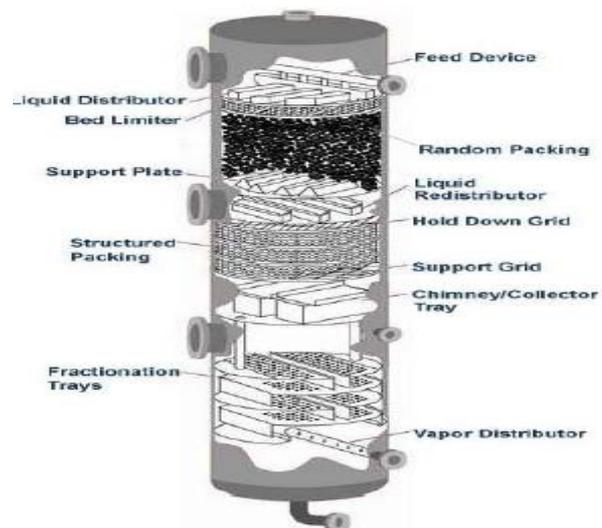


Sumber: Santosa, H., 2004

Gambar 2.4. Packed Random *Packing*

2. Regular *Packing*

- Disusun secara teratur.
- Jenis packing yang digunakan adalah *raschig ring*, dan *wood grid*.
- *Pressure drop* gas kecil, aliran fluida besar, dan ongkos besar.



Sumber: Santosa, H., 2004

Gambar 2.5. Regular *Packing*

2.3.4 Pemilihan Solven

Pemilihan solven umumnya dilakukan sesuai dengan tujuan absorpsi, antara lain: (Treybal,1981 ; Mc. Cabe,1993)

- Jika tujuan utama adalah untuk menghasilkan larutan yang spesifik, maka solven ditentukan berdasarkan sifat dari produk.
- Jika tujuan utama adalah untuk menghilangkan kandungan tertentu dari gas, maka ada banyak pilihan yang mungkin. Misalnya air, dimana merupakan solven yang paling murah dan sangat kuat untuk senyawa polar. Terdapat beberapa hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan solven, yaitu:

a. Kelarutan Gas

Kelarutan gas harus tinggi sehingga meningkatkan laju absorpsi dan menurunkan kuantitas solven yang diperlukan. Umumnya solven yang memiliki sifat yang sama dengan bahan terlarutkan lebih mudah dilarutkan. Jika gas larut dengan baik dalam fraksi mol yang sama pada beberapa jenis solven, maka dipilih solven yang memiliki berat molekul paling kecil agar didapatkan fraksi mol gas terlarut yang lebih besar. Jika terjadi reaksi kimia dalam operasi absorpsi maka umumnya kelarutan akan sangat besar. Namun bila solven akan direcovery maka reaksi tersebut harus reversible. Sebagai contoh, etanol amina dapat digunakan untuk mengabsorpsi hidrogen sulfida dari campuran gas karena sulfida tersebut sangat mudah diserap pada suhu rendah dan dapat dengan mudah dilucut pada suhu tinggi. Sebaliknya, soda kostik tidak digunakan dalam kasus ini karena walaupun sangat mudah menyerap sulfida tapi tidak dapat dilucuti dengan operasi stripping.

b. Volatilitas

Pelarut harus memiliki tekanan uap yang rendah, karena jika gas yang meninggalkan kolom absorpsi jenuh terhadap pelarut maka akan ada banyak solven yang terbuang. Jika diperlukan dapat digunakan cairan pelarut kedua yang volatilitasnya lebih rendah untuk menangkap porsi gas yang teruapkan. Aplikasi ini umumnya digunakan pada

kilang minyak dimana terdapat menara absorpsi hidrokarbon yang menggunakan pelarut hidrokarbon yang cukup volatil dan di bagian atas digunakan minyak nonvolatil untuk me-recovery pelarut utama. Demikian juga halnya dengan hidrogen sulfida yang diabsorpsi dengan natrium fenolat lalu pelarutnya di-*recovery* dengan air.

c. Korosivitas

Solven yang korosif dapat merusak kolom.

Korosif merupakan sesuatu yang sangat berbahaya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Di bidang industri minyak dan gas, proses korosi adalah suatu masalah yang penting dan perlu diperhatikan karena dampak akibat dari korosi cukup besar. Contoh di bidang industri minyak dan gas dari pengeboran menuju platform proses, maka akan dapat berakibat timbul kerusakan (*damage*) dan kebocoran pada pipa-pipa tersebut. Dampak bahaya korosi secara langsung ialah dibutuhkan biaya untuk mengganti material-material logam atau alat-alat yang rusak akibat korosi, bila pengerjaan untuk penggantian material terkorosi, biaya untuk pengendalian korosi dan biaya tambahan untuk membuat konstruksi dengan logam yang lebih tebal (*over design*). Dampak secara tidak langsung, korosi dapat mengakibatkan kerugian seperti penyediaan gas terhenti, image perusahaan menurun, nilai saham menjadi turun, dan menghasilkan safety yang rendah (Halwan Jaya dkk, 2010).

d. Selektifitas

Pelarut diharapkan memiliki selektifitas yang tinggi sehingga hanya akan melarutkan senyawa-senyawa tertentu yang ingin diabsorpsi atau sedikit mungkin melarutkan senyawa-senyawa pengotor, sehingga pemisahan dari campurannya pun dapat berlangsung lebih sempurna

e. Harga

Penggunaan solven yang mahal dan tidak mudah di-recovery akan meningkatkan biaya operasi kolom. Ketersediaan pelarut di dalam negeri juga akan sangat mempengaruhi stabilitas harga pelarut dan biaya operasi secara keseluruhan.

f. Kepolaran

Bersifat polar sehingga pelarut dapat melarutkan solute dengan baik. Dengan tingkat kelarutan yang tinggi, hanya sedikit pelarut yang diperlukan.

g. Viskositas

Viskositas pelarut yang rendah sangat disukai karena akan terjadi laju absorpsi yang tinggi, meningkatkan karakter flooding dalam kolom, jatuh-tekan yang kecil dan sifat perpindahan panas yang baik.

h. Lainlain

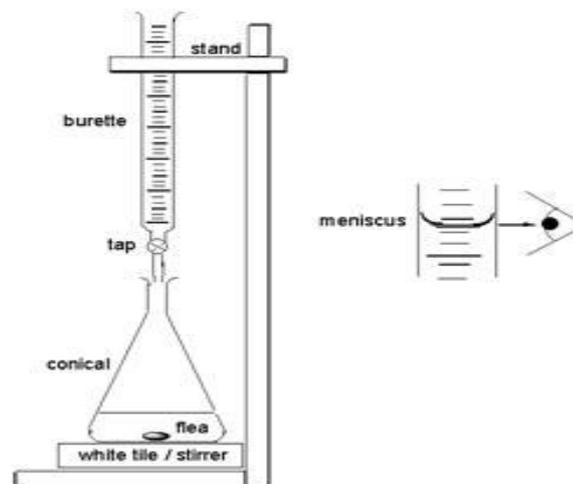
Sebaiknya pelarut tidak memiliki sifat racun, mudah terbakar, stabil secara kimiawi dan memiliki titik beku yang rendah.

2.4 Titrasi

Titration merupakan suatu metode untuk menentukan kadar suatu zat dengan menggunakan zat lain yang sudah diketahui konsentrasinya sampai didapat suatu titik ekuivalen. Titrasi asidimetri dan alkalimetri menggunakan analisis volumetri dalam penetapan kadarnya. Analisis volumetri adalah suatu analisis yang menggunakan volume larutan untuk menetapkan suatu kadar larutan atau zat. Asidimetri merupakan penetapan kadar secara kuantitatif terhadap senyawa-senyawa yang bersifat basa dengan menggunakan baku asam. Asidimetri termasuk reaksi netralisasi yakni reaksi antara ion hidrogen yang berasal dari asam dengan ion hidroksida yang berasal dari basa untuk menghasilkan air yang bersifat netral. Kadar larutan asam ditentukan dengan menggunakan larutan dari basa. Titrat ditambahkan titran sedikit demi sedikit sampai mencapai keadaan ekuivalen (artinya secara stokiometri, titran dan titrat tepat habis bereaksi) keadaan ini disebut "titik ekuivalen". Pada saat titik akhir titrasi yaitu larutan tepat berubah warna karena adanya larutan indikator, maka proses titrasi dihentikan. Jumlah indikator yang ditambahkan ke dalam larutan yang akan dititrasi harus sesedikit mungkin sekitar 3-5 tetes, karena pemberian yang berlebih akan mengakibatkan ketidaktepatan titik akhir dengan titik ekuivalen titrasi, sehingga indikator mempengaruhi pH larutan dengan demikian jumlah titran yang diperlukan untuk terjadi perubahan warna juga seminimal mungkin. Pada

umumnya dalam proses titrasi asidimetri indikator yang sering digunakan adalah Jingga metil atau metil orange dimana perubahan warna pada larutan titrat dari merah menjadi kuning dari asam ke basa dengan jangkanya pH 3,1-4,4.

Kemudian kita mencatat volume titrat yang diperlukan untuk mencapai keadaan tersebut. Untuk memperoleh ketepatan hasil titrasi yang tinggi, maka diusahakan titik akhir titrasi sedekat mungkin dengan titik ekuivalen. Dengan menggunakan data volume titran, dan volume dari konsentrasi titrat maka kita bisa menghitung kadar titrat selanjutnya.

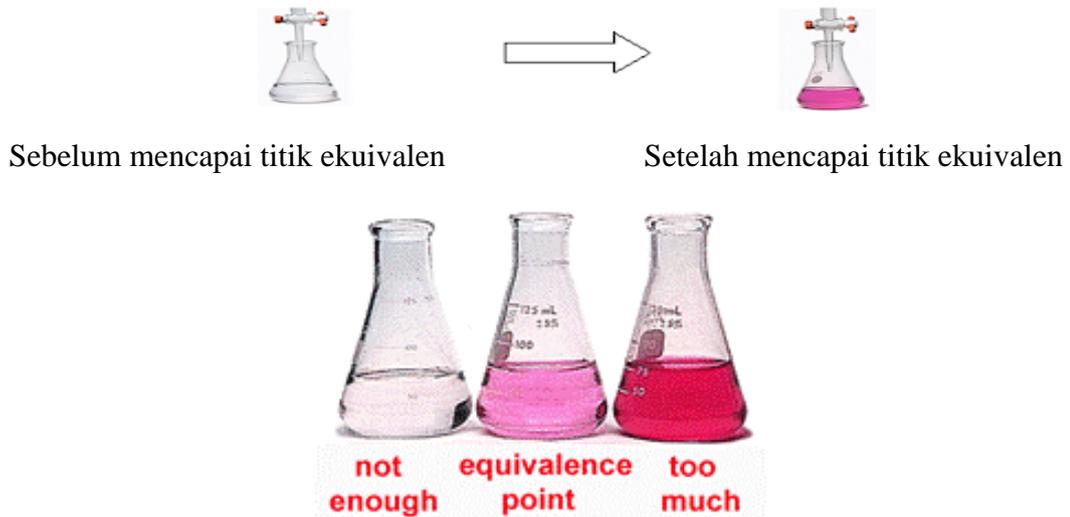


Sumber: Dwi Sulistiyo, 2016

Gambar 2.6. Seperangkat Alat Titrasi

Ada beberapa persyaratan dalam reaksi analisa titrimetri agar dapat digunakan sebagai dasar untuk titrasi yaitu, reaksi harus stokiometri, dan tidak ada reaksi sampingnya, reaksi harus sempurna sampai terjadi titik ekivalen, ada suatu zat atau cara untuk menentukan titik akhir titrasi, dan reaksi harus berjalan cepat.

Salah satu contoh penerapan titrasi asidimetri ini yaitu dalam penentuan kadar ammonia dalam larutan ammonium hidroksida. Dalam penetapannya menggunakan larutan HCl sebagai larutan standar asam/titrasi asam. Larutan ammonia dititrasi dengan larutan asam klorida yang telah distandarisasi dengan Natrium Bikarbonat. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna Indikator Metyl Orange dari kuning menjadi jingga (kuning kemerahan).



Gambar 2.7 Perubahan Warna Titrasi

Indikator yang dipakai dalam titrasi asam basa adalah indikator yang perubahan warnanya dipengaruhi oleh pH. Penambahan indikator diusahakan sesedikit mungkin dan umumnya adalah dua hingga tiga tetes.

Untuk memperoleh ketepatan hasil titrasi maka titik akhir titrasi dipilih sedekat mungkin dengan titik ekuivalen, hal ini dapat dilakukan dengan memilih indikator yang tepat dan sesuai dengan titrasi yang akan dilakukan. Keadaan dimana titrasi dihentikan dengan cara melihat perubahan warna indikator disebut sebagai “titik akhir titrasi”. (Dwi Sulistiyo, 2016).

2.5 Penentuan Koefisien Perpindahan Massa

Nilai koefisien perpindahan massa gas (K_G) atau cairan (K_L), dapat dicari dengan menggunakan korelasi yang dibuat oleh *Billet* dan *Schultes*, meliputi koefisien perpindahan massa konvektif gas (K_G , $\text{kmol/m}^2 \cdot \text{dt}$) dan cairan (K_L , m/dt). Untuk menentukan besaran kedua koefisien tersebut, maka harus ditentukan dahulu nilai dari diameter partikel efektif (dP , m), faktor dinding (K_W), bilangan Reynolds gas (Re_G), kecepatan massa cairan (G_L , $\text{kg/m}^2 \cdot \text{dt}$), kecepatan cairan (v_L , m/dt), bilangan Reynolds cairan (Re_L), bilangan Froude cairan (Fr_L), rasio luas permukaan (ah/a , m^{-1}), luas permukaan spesifik efektif *packing* (ah , m^{-1}), dan waktu tinggal cairan (hL,j), bilangan Schmidt (Sc_G), faktor perpindahan massa dari jenis *packing*

yang digunakan untuk gas (C_V) dan untuk cairan (C_L), nilai tetapan gas ideal ($R= 0,0821 \text{ m}^3 \cdot \text{atm}/\text{kmol} \cdot \text{K}$), dan luas permukaan perpindahan massa per unit volume (a, m^{-1}), berturut-turut:

$$dp = 6 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{10} \right) \quad (2)$$

$$kw = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \times \left(\frac{1}{1-\varepsilon} \right) \frac{dp}{b}} \quad (3)$$

$$Re_G = \frac{V_G \times dp \times \rho_G \times kw}{(1-\varepsilon) \times \mu_G} \quad (4)$$

$$G_L = \frac{4 \left(\frac{m_L}{3600} \right)}{\pi \times D^2} \quad (5)$$

$$V_L = \frac{GL}{\rho_L} \quad (6)$$

$$Re_L = \frac{VL \times \rho_L}{\alpha \times \mu_L} \quad (7)$$

$$Fr_L = \frac{VL^2 \times \alpha}{g} \quad (8)$$

$$\frac{\alpha h}{\alpha} = Ch \times Re_L^{0,5} \times fr_L^{0,1} \quad (9)$$

$$\alpha h = \frac{\alpha h}{a} \times \alpha \quad (10)$$

$$h_L = \left[12 \times \frac{Fr_L}{Re_L} \right]^{1/3} \times \left[\frac{\alpha h}{\alpha} \right]^{2/3} \quad (11)$$

$$SC_G = \frac{\mu_G}{\rho_G \times DG} \quad (12)$$

$$K_G = 0,1304 \cdot C_v \cdot \left[\frac{D_G \cdot P}{R \cdot T} \right] \cdot \left(\frac{a}{[\varepsilon(\varepsilon - h_l)]^{0,5}} \right) \cdot \left[\frac{Re_G}{Kw} \right]^{3/4} \cdot SC_G^{2/3} \quad (13)$$

$$K_L = 0,757 \cdot C_L \cdot \left[\frac{D_L \cdot a \cdot v_L}{\varepsilon \cdot h_l} \right]^{0,5} \quad (14)$$