

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Pengembangan Teknologi Biogas**

Sejarah keberadaan biogas sendiri sebenarnya sudah ada sejak kebudayaan Mesir, China, dan Romawi Kuno. Masyarakat pada waktu itu diketahui telah memanfaatkan gas alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan Willam Henry pada tahun (1806) mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882) memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan (Wahyono dan Sudarno,2012).

Perkembangan biogas pada akhir abad ke 19 tercatat Jerman dan Perancis memanfaatkan limbah pertanian menjadi beberapa unit pembangkit yang berasal dari biogas. Selama perang dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa lainnya yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas. Namun, dalam perkembangannya karena harga BBM semakin murah dan mudah diperoleh, pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa mulai ditinggalkan. Namun hal sebaliknya justru terjadi di negara-negara berkembang seperti India dan Cina yang membutuhkan energi murah dan selalu tersedia. Cina menggunakan teknologi biogas dengan skala rumah tangga yang telah dimanfaatkan oleh hampir sepertiga rumah tangga di daerah pinggiran Cina. Perkembangan biogas di Cina bisa dikatakan mengalami perkembangan yang signifikan, pada tahun 1992 sekitar lima juta rumah tangga menggunakan instalasi biogas sehingga biogas menjadi bahan bakar utama sebagian penduduk Cina.

Menginjak abad ke 21 ketika sadar akan kebutuhan energi pengganti energi fosil, di berbagai negara mulai menggalangkan energi baru terbarukan, salah satunya biogas. Tak ketinggalan negara adidaya seperti Amerika Serikat menunjukkan perhatian khususnya bagi perkembangan biogas. Bahkan, Departemen Energi Amerika Serikat memberikan dana sebesar US\$ 2,5 juta untuk perkembangan biogas di California. Sedangkan di Indonesia, teknologi biogas masuk pada tahun 1970-an yang perkembangannya diawali di daerah perdesaan.

Pada tahun 1981, pengembangan instalasi biogas di Indonesia dikembangkan melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari *Food and Agriculture Organization* (FAO) dengan dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Mulai tahun 2000-an telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana yang terbuat dari plastik secara siap pasang dan dengan harga yang relatif murah. Pengembangan teknologi biogas ini merupakan upaya pemerintah untuk mewujudkan program diversifikasi energi. Ignasius Jonan, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2016 – sekarang) sangat mendukung teknologi biogas agar dapat dikembangkan lebih lanjut. Beliau pernah meresmikan instalasi biogas skala komunal berbasis kotoran manusia di Pondok Pesantren Terpadu Al-Yasini di Desa Areng-areng, Kecamatan Wonorejo, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. kapasitas digester biogas komunal sebesar 24 meter kubik yang mampu menghasilkan gas sebanyak 81 meter kubik per bulan atau setara dengan 12 tabung LPG 3 kg per bulan. Selain untuk memasak, biogas juga dapat digunakan untuk penerangan. Biaya pembangunan instalasi biogas komunal bersumber dari APBN 2017 dan mulai beroperasi sejak bulan Oktober tahun 2017. pembangunan biogas komunal merupakan salah satu upaya Pemerintah meningkatkan akses energi kepada masyarakat dan mendorong pemanfaatan energi dari sumber daya yang berbasiskan potensi energi terbarukan.

## 2.2 Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) dan dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana seperti *Methanobacterium sp* (Hamida, 2011). Biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) serta hydrogen dan ( $\text{H}_2$ ), nitrogen yang kandungannya sangat kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi konsentrasi metana pada biogas maka nilai kalor dari biogas tersebut juga meningkat. Semakin rendah kandungan metana pada maka nilai kalor dari biogas tersebut juga menurun. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa komposisi biogas untuk melihat % volume komponen biogas Untuk mengetahui lebih jelas tentang komposisi biogas dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Komposisi Biogas**

| No | Komponen                          | Satuan | Komposisi (%) |         |         |
|----|-----------------------------------|--------|---------------|---------|---------|
|    |                                   |        | 1*)           | 2**)    | 3***)   |
| 1  | Metana (CH <sub>4</sub> )         | % Vol  | 40– 55        | 50 – 60 | 45 – 65 |
| 2  | Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) | % Vol  | 25– 45        | 24 – 40 | 27 – 45 |
| 3  | Nitrogen (N <sub>2</sub> )        | % Vol  | 0 – 0,3       | < 2     | 0– 1    |
| 4  | Hidrogen (H <sub>2</sub> )        | % Vol  | 1– 5          | < 1     | 0– 1    |
| 5  | Karbonmonoksida (CO)              | % Vol  | -             | -       | 0,1     |
| 6  | Oksigen (O <sub>2</sub> )         | % Vol  | 0,1– 0,5      | < 2     | 0,1     |

Sumber : \*) Setiawan, 2011, \*\*) Hambali, 2007, \*\*\*) Hanif, 2000

### 2.2.1 Sifat Biogas

Sifat fisik dan kimia dari biogas mempengaruhi pemilihan teknologi yang akan digunakan, dimana pengetahuan tentang sifat-sifat dari biogas bermanfaat untuk mengoptimalkan peralatan yang menggunakan gas ini, karena kandungan utama biogas terdiri dari metana dan karbondioksida maka sifat biogas difokuskan pada sifat-sifat dari masing-masing gas tersebut. Semakin tinggi konsentrasi metana maka nilai kalor yang dihasilkan semakin meningkat. Unsur-unsur seperti nitrogen (N<sub>2</sub>). Hidrogen sulfida mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap material yaitu dapat menyebabkan korosi jika bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O). Selain itu, komponen gas tersebut dapat menyebabkan gas beracun. Sifat-sifat metana dan karbondioksida dapat dilihat Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Sifat-sifat Metana dan Karbon Dioksida**

| Sifat komponen                          | Metana<br>(CH <sub>4</sub> ) | Karbon dioksida<br>(CO <sub>2</sub> ) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Berat molekul                           | 16,04                        | 44,1                                  |
| Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ) | 0,554                        | 1,52                                  |
| Titik didih @ 14,7 psia                 | 26,43 °C                     | 42,99 °C                              |
| Titik beku @ 14,7 psia                  | 182,53 °C                    | -56.60 °C                             |
| Volume jenis                            | 4,2 ft <sup>3</sup> /lb      | 8,8 ft <sup>3</sup> /lb               |
| Temperatur kritis                       | 46,6 °C                      | 31,10 °C                              |
| Tekanan kritis                          | 673 psia                     | 1072 psia                             |
| Perbandingan panas jenis                | 1,307                        | 1,303                                 |

Sumber : Fadly, Suparjo dkk, 2012

Proses pembentukan biogas di dalam digester disebut dengan fermentasi *anaerob* (pembusukkan tanpa oksigen). Proses fermentasi anaerob di dalam digester dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

- a. Hidrolisa merupakan perubahan zat organik menjadi bahan cairan mikroba oleh mikroba asam
- b. Asidifikasi adalah perubahan organik cair menjadi asam – asamorganik oleh mikroba asam
- c. Metanasi adalah perubahan asam organik menjadi metana, karbon dioksida, asam sulfida, nitrogen, dan sel-sel mikroba oleh mikroba metanasi.

### 2.2.2 Potensi kotoran sapi sebagai Biogas

Kotoran sapi merupakan limbah dari peternakan sapi yang jarang dimanfaatkan sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Sapi memiliki sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput berserat tinggi, oleh karena itu kotoran sapi memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan sangat cocok untuk diolah menjadi biogas karena kandungan selulosanya yang tinggi. Dengan mengolah limbah sapi menjadi biogas maka kita telah mengurangi pencemaran limbah dan menjaga lingkungan. Kotoran sapi sangat cocok sebagai sumber penghasil biogas maupun sebagai biostarter dalam proses fermentasi, karena kotoran sapi tersebut mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan.

Populasi hewan ternak sapi semakin meningkat setiap tahunnya, di Sumatera Selatan jumlah sapi sudah mencapai 216.277 ekor (Badan Pusat Statistik Sumatera Selatan, 2013). Produksi kotoran setiap ternak merupakan fungsi dari bobot badannya, ternak yang lebih besar memproduksi kotoran lebih banyak. Ternak dewasa yang makan hanya cukup untuk pemeliharaan tubuhnya akan mengeksresikan kotoran yang lebih sedikit secara proporsional.

Produksi limbah ternak diasumsikan dari proporsi bobot hidup ternak. Ternak sapi 9,4 % dari total bobot hidup. Gangguan yang disebabkan oleh limbah peternakan meliputi gangguan estetika, lalat, bau, debu, dan bulu sehingga jika tidak dikelola dengan baik dapat mencemari perairan umum atau danau. Komposisi kotoran sapi yang umumnya telah diteliti dapat dilihat pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3 Komposisi Kotoran Sapi**

| Senyawa       | Persentase |
|---------------|------------|
| Hemisellulosa | 18,6 %     |
| Selulosa      | 25,2 %     |
| Lignin        | 20,2 %     |
| Protein       | 14,9 %     |
| Debu          | 13 %       |

Sumber : Candra, 2012

### 2.2.3 Proses Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas pada kotoran sapi secara anaerob yang terjadi di dalam digester terdiri dari 3 tahap proses yaitu hidrolisis, asetogenesis, dan metanogenesis (Tuti Haryati, 2006).

#### 1. Hidrolisis / Tahap Pelarutan

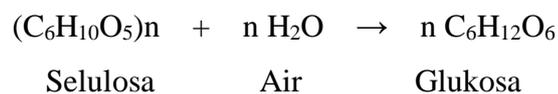
Pada tahap ini terjadi penguraian bahan – bahan organik mudah larut yang terdapat pada kotoran sapi dan pemecahan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana dengan bantuan air (perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer yang larut dalam air). Senyawa kompleks ini, antara lain protein, karbohidrat, dan lemak, dimana dengan bantuan eksoenzim dari bakteri anaerob, senyawa ini akan diubah menjadi monomer (Deublein et al., 2008).

Protein → asam amino, dipecah oleh enzim protease

Selulosa → glukosa, dipecah oleh enzim selulase

Lemak → asam lemak rantai panjang, dipecah oleh enzim lipase

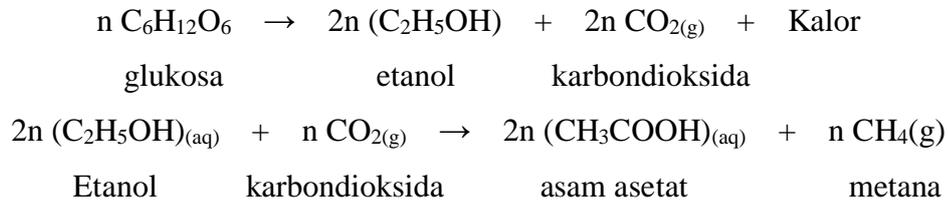
Reaksi selulosa menjadi glukosa adalah sebagai berikut :



#### 2. Pengasaman /Asetogenesis

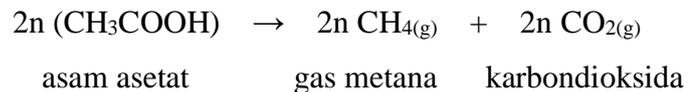
Pada tahap pengasaman, komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Monomer yang dihasilkan dari tahap hidrolisis akan didegradasi pada tahap ini. Pembentukan asam-asam organik tersebut terjadi dengan bantuan bakteri, seperti *Pseudomonas*, *Eschericia*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes* (Hambali et al., 2007). Asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap fermentasi dan asam lemak

yang berasal dari hidrolisis lemak akan difermentasi menjadi asam asetat, H<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri asetogenik (Drapcho et al., 2008). Pada fase ini, mikroorganisme homoasetogenik akan mengurangi H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk diubah menjadi asam asetat (Deublein et al., 2008).



### 3. Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis, terjadi pembentukan gas metana. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini yang akan mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi gas metana dan karbondioksida. Bakteri yang berperan dalam proses ini, antara lain *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanobacterium*. Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob.



#### 2.2.3 Karakteristik Kandungan Biogas

##### a. Gas Methana (CH<sub>4</sub>)

➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 16,04 gram/mol
- Densitas : 7,02 x 10<sup>-4</sup> gram/mL (pada 1 atm dan 0°C)
- Titik didih : -161,4 °C
- Titik leleh : -182,6 °C
- Nilai kalor CH<sub>4</sub> : 13.279,302 kkal/kg

##### b. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 44,01 gram/mol
- Densitas : 1,98 x 10<sup>-3</sup> gram/mL (pada 1 atm dan 0°C)
- Titik didih : -78,5 °C
- Titik leleh : -55,6 °C (pada tekanan 5,2 atm)

### c. Nitrogen (N<sub>2</sub>)

#### ➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 28,02 gram/mol
- Densitas :  $1,25 \times 10^{-3}$  gram/mL (pada 1 atm dan 0°C)
- Titik didih : -195,8 °C
- Titik leleh : -209,86 °C
- Merupakan senyawa inert (sukar berekasi) (Fessenden, 1989)
- Merupakan senyawa Dwiatomic (fessenden, 1989)

### d. Hidrogen (H<sub>2</sub>)

#### ➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 12,016 gram/mol
- Densitas :  $8,97 \times 10^{-5}$  gram/mL (pada 1 atm dan 0°C)
- Titik didih : - 252,7 °C
- Titik leleh : - 259,1 °C

### e. Oksigen (O<sub>2</sub>)

#### ➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 16 gram/mol
- Densitas :  $1,43 \times 10^{-3}$  gram/mL
- Titik didih : -183 °C
- Titik beku : -218,4 °C

### f. Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S)

#### ➤ Karakteristik Umum ( Perry, 1997 )

- Berat molekul : 38,08 gram/mol
- Titik didih : - 59,6 °C
- Titik leleh : - 82,9 °C

## 2.3 Absorber

Absorpsi merupakan salah satu operasi pemisahan dalam industri kimia dimana suatu campuran gas dikontakan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai. Pada proses absorpsi terjadi proses transfer massa. Proses transfer massa ini mengakibatkan komponen di dalam gas yang diserap akan berpindah dari fase gas

ke fase cair. Alat yang digunakan pada proses absorpsi disebut absorber. Absorber berfungsi memisahkan satu komponen atau lebih dari campurannya menggunakan prinsip perbedaan kelarutan. Karena perbedaan kelarutan inilah, transfer massa inilah, transfer absorber digunakan untuk memisahkan suatu solute dari fase gas. Solute adalah komponen yang dipisahkan dari campurannya sedangkan pelarut adalah cairan yang melarutkan solute. Kinerja absorber dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Tekanan
2. Laju alir gas
3. Laju alir absorben
4. Konsentrasi larutan absorben

Absorber merupakan alat yang dapat digunakan untuk memurnikan produk biogas. Kemurnian biogas menjadi pertimbangan yang sangat penting karena berpengaruh terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan, sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian terhadap impuritas-impuritas yang lain. Impuritas yang berpengaruh terhadap nilai kalor/panas adalah CO<sub>2</sub>, keberadaan CO<sub>2</sub> dalam biogas sangat tidak diinginkan karena semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> dalam CH<sub>4</sub> maka semakin rendah nilai kalor biogas dan akan mengganggu proses pembakaran menjadi pembakaran tidak sempurna (Hamidi, 2011, Harsono, 2013). Dalam pemisahan CO<sub>2</sub> dari biogas terdapat metode yang telah dikembangkan, yaitu:

### 2.3.1 Absorpsi

Metode absorpsi biogas 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 biogas 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<sub>2</sub>S 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<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan sebagainya. Aplikasi dari absorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO<sub>2</sub> pada pabrik amoniak. 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. Memiliki daya melarutkan bahan yang akan diabsorpsi yang sebesar mungkin
2. Selektif dan viskositas rendah
3. Memiliki tekanan uap yang rendah
4. Tidak korosif, stabil secara termis dan murah ( Bernasconi, 1995 )

Absorben yang digunakan untuk menyerap komponen gas CO<sub>2</sub> pada biogas ini adalah larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Alasan penggunaan larutan NaOH sebagai absorben dikarenakan larutan NaOH dapat bereaksi dengan gas CO<sub>2</sub>.

Berikut ini adalah karakteristik dari larutan NaOH sebagai berikut :

➤ Sifat – sifat fisika

- Berat molekul : 39,9971 gr/mol
- Densitas : 2,1 mL
- Titik lebur : 318 °C
- Titik didih : 1390 °C
- PH : 13
- Zat cair Berwarna putih

➤ Sifat –sifat kimia NaOH

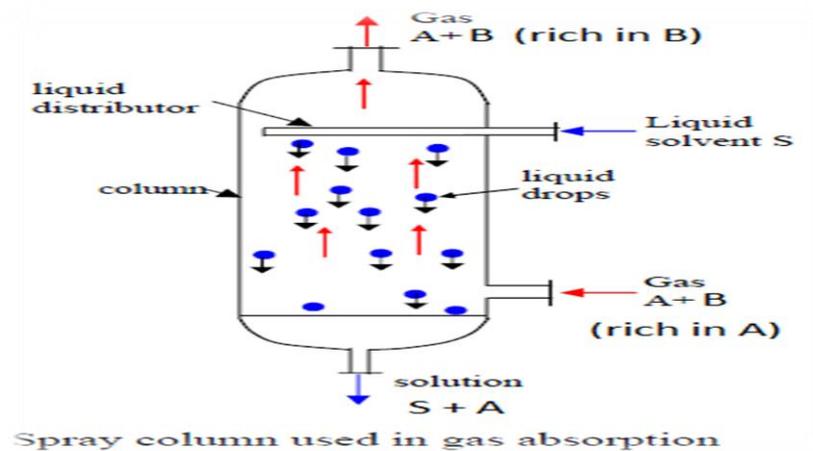
- Larut dalam pelarut air
- memiliki sifat tidak mudah terbakar
- mudah reaktif dengan oksidator dan logam
- Bersifat Korosif
- bersifat Higroskopis,yaitu kemampuan untuk menyerap suatu molekul
- Bila dibiarkan di udara akan cepat menyerap karbondioksida dan lembab
- mudah larut dalam air dan dalam etanol tetapi tidak larut dalam eter
- NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air

### 2.3.3 Kolom Absorpsi

Kolom Absorpsi adalah suatu kolom atau tabung tempat terjadinya pengabsorpsian (penyerapan) dari zat yang di lewatkan dikolom/tabung tersebut. Proses ini dilakukan dengan melewati zat yang terkontaminasi oleh komponen lain dan zat tersebut dilewatkan ke kolom ini dimana terdapat fase cair dari komponen tersebut. Pada absorber, terdapat beberapa jenis kolom absorpsi, yaitu :

#### a. Menara Sembur (Spray Tower)

Pada menara ini, Liquida masuk dispraykan dan jatuh karena gravitasi, aliran gas naik berlawanan arah. Nozzle (lubang) spray berfungsi untuk memperkecil ukuran liquida. Jarak jatuhnya liquid ditentukan berdasarkan waktu kontak dan pengaruh jumlah massa yang dipindahkan.



**Gambar 2.1 Menara Spray**

(Sumber : google image/menara spray)

Pada menara spray, cairan disemburkan dari puncak menara menggunakan nozzle sembur sedangkan gas dimasukkan dari dasar menara. Tetesan cairan akan bergerak ke bawah karena gravitasi dan akan berkontak dengan gas yang naik ke atas. Makin kecil ukuran tetes cairan, makin besar kecepatan transfer massa. Menara ini digunakan untuk transfer massa gas yang sangat mudah larut. Biasanya:

- a. Gas yang diserap bersifat korosif
- b. Gas mengandung debu atau partikel – partikel kecil yang akan menyumbat jika dipakai menara packing atau menara plat.

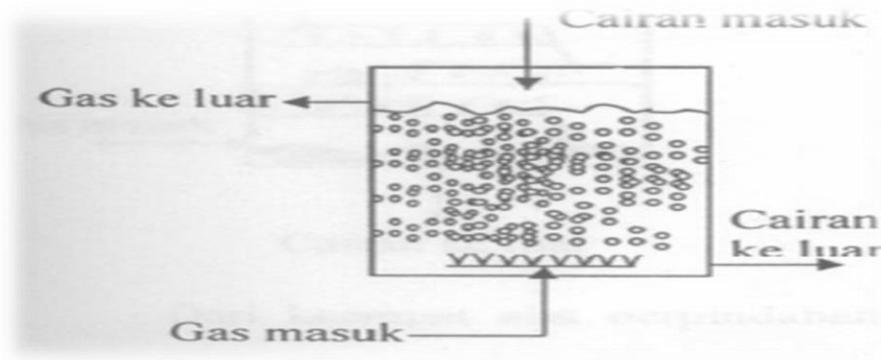
Beberapa hal penting yang harus ada di menara sembur:

- a. Diperlukan energi untuk semburan cairan.
- b. Harus dilengkapi dengan penangkap kabut (*mist eliminator*).
- c. Menara harus cukup tinggi

b. Menara Gelembung ( 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 yang besar. Perpindahan massa yang terjadi selama gelembung naik melalui fasa liquid, gerakan gelembung tersebut

mengurangi tahanan fasa liquidnya. Bubble Tower digunakan bila laju perpindahan massa dikendalikan oleh tahanan fasa gas.



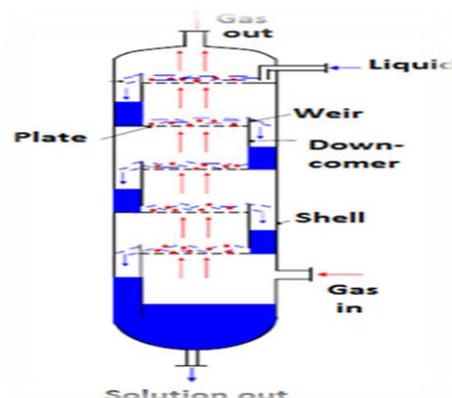
**Gambar 2.2 Menara gelembung**

(Sumber : google image/menara gelembung)

Gas didispersikan dalam fase cair dalam bentuk gelembung. Gelembung-gelembung dapat dibuat dengan pertolongan distributor pipa yang ditempatkan mendatar pada dasar menara. Transfer massa terjadi ketika gelembung terbentuk dan kemudian naik ke atas melalui cairan dan menara ini cocok digunakan untuk gas yang relatif sukar larut

#### c. Menara pelat

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),



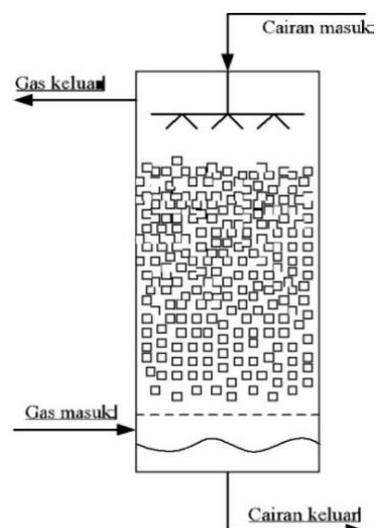
**Gambar 2.3 Menara Pelat**

(sumber : google image/menara pelat)

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.

#### d. Menara *packing*

Menara *packing* merupakan menara kolom dengan benda isi ( *Packing column* ). Menara jenis ini terdiri dari kolom dengan pengisian khusus, yang digunanya untuk memperbesar permukaan kontak dengan jala penyebaran zat cair dan penyebaran gas. Bahan pengisi yang banyak digunakan antara lain cincin rasching, cincin lessing, cincin partisi, sadel bell, sadel intalox dan cincin pall. Pada menara ini, zat cair disemprotkan dari atas dan mengalir ke bawah sepanjang bahan isian, sedangkan gas yang akan dibersihkan diinputkan dari dasar kolom dan menyapu sepanjang kolom isian dengan aliran berlawanan arah sehingga gas dan zat cair terjadi kontak didalam kolom absorpsi dan membentuk reaksi penyerapan antara gas dan zat cair. bahan isian biasanya digunakan berbentuk teratur/seragam. Bahan isian biasanya dipasang menggantung diatas dasar kolom untuk memperoleh pembagian gas yang sempurna dan menjaga supaya bagian pengisian yang paling bawah tidak berada di bawah zat cair absorpsi. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar 2.4



**Gambar 2. 4 Menara Absorpsi Packing**  
(sumber : Dokumen Pribadi)

Pada gambar 2.1 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5



**Gambar 2.5 Jenis-jenis packing**

( sumber : *kaite-chemical alibaba.com*, 2016 )

Kulit kerang bisa menjadi bahan alternatif untuk digunakan sebagai bahan *Packing*. Selain harganya murah dan mudah ditemukan, penggunaan kulit kerang sebagai packing dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6



**Gambar 2.6 Kulit kerang darah**

(sumber : Dokumen Pribadi)

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

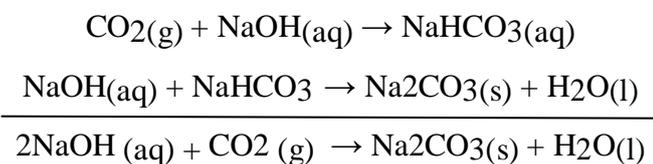
1. Tidak bereaksi dengan fluida dalam *absorber*
2. Kuat tetapi tidak berat
3. Memberikan luas kontak yang besar
4. Murah
5. Tahan korosi

#### 2.3.4 Aplikasi Absorpsi

Absorpsi dalam dunia industri digunakan untuk meningkatkan nilai guna dari suatu zat dengan cara merubah fasenya.

##### a. Proses Pemurnian Biogas

Proses absorpsi dapat digunakan untuk memurnikan gas yang dihasilkan dari fermentasi kotoran sapi ( Biogas ) Alat yang digunakan pada proses absorpsi disebut absorber. Absorber berfungsi memisahkan satu komponen atau lebih dari campurannya menggunakan prinsip perbedaan kelarutan. Absorben (NaOH) akan bereaksi dengan Gas CO<sub>2</sub> di dalam kolom absorber sedangkan CH<sub>4</sub> tidak bereaksi dengan absorben. Dengan berkurangnya konsentrasi CO<sub>2</sub> maka perbandingan konsentrasi CH<sub>4</sub> dengan CO<sub>2</sub> menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH<sub>4</sub>. Absorpsi CO<sub>2</sub> dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH dapat dituliskan sebagai berikut.



Dalam kondisi alkali atau basa, pembentukan bikarbonat dapat diabaikan karena bikarbonat bereaksi dengan OH<sup>-</sup> membentuk CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

##### b. Prinsip Absorpsi

Gas yang mengandung komponen terlarut (misalnya CO<sub>2</sub>) dialirkan ke dalam kolom pada bagian bawah dan dari atas dialirkan larutan absorben sebagai penyerap CO<sub>2</sub>. Pada saat udara dan absorben bertemu dalam kolom isian, akan

terjadi perpindahan massa. Dengan menganggap udara tidak larut dalam larutan (sangat sedikit larut), maka hanya komponen gas CO<sub>2</sub> saja yang berpindah ke dalam fase larutan (terserap). Semakin ke bawah, aliran larutan absorben semakin banyak mengandung gas CO<sub>2</sub> sedangkan semakin ke atas, aliran gas semakin sedikit mengandung komponen gas CO<sub>2</sub>. Dengan berkurangnya kandungan gas CO<sub>2</sub> maka nilai kalor biogas akan meningkat sehingga efisiensi biogas sebagai bahan bakar akan bertambah. Berikut adalah contoh perbandingan nilai kalor biogas dan beberapa bahan bakar lainnya dapat dilihat pada tabel 2.4

**Tabel 2.4 Nilai kalor berbagai jenis bahan bakar**

| No | Jenis bahan bakar                    | Nilai kalor (Kkal/Kg) |
|----|--------------------------------------|-----------------------|
| 1  | CH <sub>4</sub>                      | 13.279,302            |
| 2  | LPG                                  | 11.220                |
| 3  | Minyak tanah                         | 8.365                 |
| 4  | Arang kayu                           | 7.075                 |
| 5  | Batubara                             | 4.800                 |
| 6  | Biogas (Kadar CO <sub>2</sub> 40 °C) | 4.647,76              |
| 7  | Kayu bakar                           | 3.920                 |

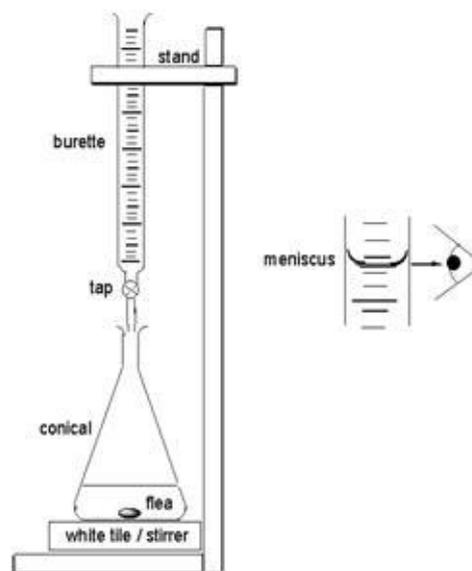
( Sumber : [energyefficiencyasia.org](http://energyefficiencyasia.org) )

Adapun faktor-faktor yang berpengaruh pada operasi absorpsi adalah sebagai berikut :

- Laju alir air, semakin besar laju alir maka penyerapan semakin baik.
- Komposisi dalam aliran air, jika terdapat senyawa yang mampu beraksi dengan CO<sub>2</sub> (misalnya NaOH) maka penyerapan lebih baik.
- Suhu operasi, semakin rendah suhu operasi maka penyerapan semakin baik.
- Tekanan operasi, semakin tinggi tekanan operasi maka penyerapan semakin baik sampai pada batas tertentu.
- Laju alir gas, semakin besar laju alir gas maka penyerapan semakin baik.

## 2.4 Titrasi asam basa

Titration merupakan proses penentuan konsentrasi suatu larutan dengan mereaksikan larutan yang sudah ditentukan konsentrasinya (larutan standar). Titrasi asam basa adalah suatu titration dengan menggunakan reaksi asam basa (reaksi penetralan). Prosedur analisis pada titration asam basa ini adalah dengan titration volumetri, yaitu mengukur volume dari suatu asam atau basa yang bereaksi (Syukri, 1999). Proses ini digunakan untuk menentukan konsentrasi absorbensi. Sehingga kita dapat mengetahui penurunan konsentrasi absorbensi setelah dilakukan pada proses absorpsi.



**Gambar 2.7** Seperangkat alat titration

Titration asam basa melibatkan asam maupun basa sebagai titer ataupun titrant. Kadar larutan asam ditentukan dengan menggunakan larutan basa atau sebaliknya. Titrant ditambahkan titer tetes demi tetes sampai mencapai keadaan ekuivalen ( artinya secara stoikiometri titrant dan titer tepat habis bereaksi) yang biasanya ditandai dengan berubahnya warna indikator. Keadaan ini disebut sebagai “*titik ekuivalen*”, yaitu titik dimana konsentrasi asam sama dengan konsentrasi basa atau titik dimana jumlah basa yang ditambahkan sama dengan jumlah asam yang dinetralkan :  $[H^+] = [OH^-]$ . Sedangkan keadaan dimana titration dihentikan dengan cara melihat perubahan warna indikator disebut sebagai “*titik akhir titration*”. Titik

akhir titrasi ini mendekati titik ekuivalen, tapi biasanya titik akhir titrasi melewati titik ekuivalen. Oleh karena itu, titik akhir titrasi sering disebut juga sebagai titik ekuivalen.

Proses penentuan konsentrasi suatu larutan dipastikan dengan tepat dikenal sebagai standarisasi. Suatu larutan standar kadang-kadang dapat disiapkan dengan menggunakan suatu sampel zat terlarut yang diinginkan, yang ditimbang dengan tepat, dalam volume larutan yang diukur dengan tepat. Zat yang memadai dalam hal ini hanya sedikit, disebut standar primer. Pada saat titik ekuivalen ini maka proses titrasi dihentikan, kemudian catat volume titer yang diperlukan untuk mencapai keadaan tersebut. Dengan menggunakan data volume titran, volume dan konsentrasi titer maka bisa dihitung konsentrasi titran tersebut. Dalam analisis kuantitatif, indikator digunakan untuk menentukan titik ekuivalen dari titrasi asam-basa. Karena indikator mempunyai interval pH yang berbeda-beda dan karena titik ekuivalen dari titrasi asam-basa berubah-ubah sesuai dengan kekuatan relatif asam biasanya, maka pemilihan indikator merupakan hal terpenting. Titrasi merupakan suatu metode untuk menentukan kadar suatu zat dengan menggunakan zat lain yang sudah diketahui konsentrasinya. Titrasi asam-basa adalah titrasi yang melibatkan asam maupun basa sebagai titer (zat yang telah diketahui konsentrasinya) maupun titrant (zat yang akan ditentukan kadarnya) dan berdasarkan reaksi penetralan asam-basa. Kadar larutan asam ditentukan dengan menggunakan larutan basa yang telah diketahui kadarnya, dan sebaliknya, kadar larutan basa dapat diketahui dengan menggunakan larutan asam yang diketahui kadarnya. Titik ekuivalen yaitu pH pada saat asam dan basa (titrant dan titer) tepat ekuivalen atau secara stoikiometri tepat habis bereaksi. Titik ekuivalen titrasi ini dapat dicapai setelah penambahan 100 ml basa, pada saat ini pH larutan besarnya 7. Titik ekuivalen ini disebut titik akhir teoritis. Problemnnya sekarang adalah kita ingin menetapkan titik akhir ini dengan pertolongan indikator. Titik akhir yang dinyatakan oleh indikator disebut titik akhir titrasi. Indikator yang dipakai harus dipilih agar titik akhir titrasi dan teoritis berhimpit atau sangat berdekatan. Untuk itu harus dipilih indikator yang memiliki trayek perubahan warnanya di sekitar titik akhir teoritis. Perhitungan-perhitungan stokiometri yang melibatkan larutan yang diketahui molaritasnya bahkan lebih sederhana lagi. Dengan devinisi bobot

ekuivalen, dua larutan akan bereaksi dengan tepat satu sama lain bila keduanya mengandung gram ekuivalen yang sama. Dalam hubungan ini, kedua normalitas harus dinyatakan dengan satuan yang sama, demikian juga kedua volume.

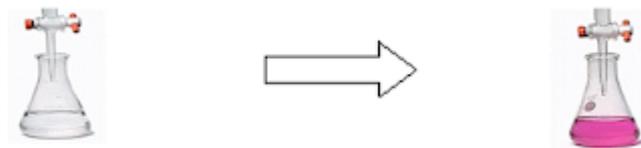
Ada dua cara umum untuk menentukan titik ekuivalen pada titrasi asam basa, antara lain:

1. Memakai pH meter untuk memonitor perubahan pH selama titrasi dilakukan, kemudian membuat plot antara pH dengan volume titran untuk memperoleh kurva titrasi. Titik tengah dari kurva titrasi tersebut adalah “titik ekuivalen”.
2. Memakai indikator asam basa. Indikator ditambahkan dua hingga tiga tetes (sedikit mungkin) pada titran sebelum proses titrasi dilakukan. Indikator ini akan berubah warna ketika titik ekuivalen terjadi, pada saat inilah titrasi dihentikan. Indikator yang dipakai dalam titrasi asam basa adalah indikator yang perubahan warnanya dipengaruhi oleh pH.

Pada umumnya cara kedua lebih dipilih karena kemudahan dalam pengamatan, tidak diperlukan alat tambahan, dan sangat praktis, walaupun tidak seakurat dengan pH meter. Gambar berikut merupakan perubahan warna yang terjadi jika menggunakan indikator fenolftalein. (*J.E. Bredy : 1999*). Istilah analisis titrimetri mengacu pada analisis kimia kuantitatif yang dilakukan dengan menetapkan volume suatu larutan yang konsentrasinya diketahui dengan tepat, yang diperlukan untuk bereaksi secara kuantitatif dengan larutan zat yang akan ditetapkan. Larutan dengan kekuatan (konsentrasi) yang diketahui tepat itu, disebut larutan standar. Bobot zat yang hendak ditetapkan, dihitung dari volume standar yang digunakan dan hukum-hukum stokiometri yang diketahui. Dahulu digunakan orang analisis volumetri, tetapi sekarang telah diganti dengan analisis titrimetri, karena yang terakhir ini dianggap lebih baik menyatakan proses titrasi, sedangkan yang disebut terdahulu dapat dikacaukan dengan pengukuran-pengukuran volume, seperti yang melibatkan gas-gas. Reagensia dengan konsentrasi yang diketahui itu disebut titran, dan zat yang sedang dititrasi disebut titrat (*Basset, 1994*).

Analisis kimiawi menetapkan komposisi kuantitatif dan kualitatif suatu materi. Konstituen-konstituen yang akan direaksi ataupun ditentukan jumlahnya adalah unsur, rasikal, gugus fungsi, senyawaan atau fase. Analisis kimia menyangkut aspek analisis yang lebih sempit. Analisis pada umumnya terdiri atas

analisis kualitatif dilakukan sebelum analisis kuantitatif. Tahapan penentuan analisis kuantitatif adalah dengan usaha mendapatkan sampel, mengubahnya menjadi keadaan yang dapat terukur, pengukuran konstituen yang dikehendaki, dan yang terakhir perhitungan dan interpretasi data numerik (Khopkar, 1990). 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”. Berikut ini contoh titik akhir titrasi dapat dilihat pada gambar 2.8



**Gambar 2.8 titik akhir titrasi**

Pada saat titik ekuivalen maka mol-ekuivalen asam akan sama dengan mol-ekuivalen basa, maka hal ini dapat kita tulis sebagai berikut:

$$\text{mol-ekuivalen asam} = \text{mol-ekuivalen basa}$$

Mol-ekuivalen diperoleh dari hasil perkalian antara Normalitas dengan volume maka rumus diatas dapat kita tulis sebagai :

$$N \times V \text{ asam} = N \times V \text{ basa}$$

Normalitas diperoleh dari hasil perkalian antara molaritas (M) dengan jumlah ion H<sup>+</sup> pada asam atau jumlah ion OH<sup>-</sup> pada basa, sehingga rumus diatas menjadi:

$$n \times M \times V \text{ asam} = n \times V \times M \text{ basa}$$

keterangan :

N = Normalitas

V = Volume

M = Molaritas

n = jumlah ion H<sup>+</sup> (pada asam)

atau OH<sup>-</sup> (pada basa)