

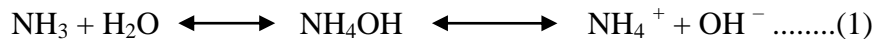
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ammonia

Ammonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang merupakan salah satu indikator pencemaran udara adanya 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 di atmosfer akan bereaksi dengan nitrat dan sulfat sehingga terbentuk garam ammonium yang sangat korosif (Yuwono, 2010).

Gas ammonia adalah larut dalam air, bereaksi dengan air membentuk amonium hidroksida. Oleh karena ionisasi ini dalam air membentuk $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, pada pH tinggi, gas amonia bebas ada dalam bentuk tak terionisasi. Pada pH dari pasokan air pada umumnya, ammonia secara sempurna diionisasi.



(Peningkatan dari OH^- mengarahkan reaksi ke kiri).

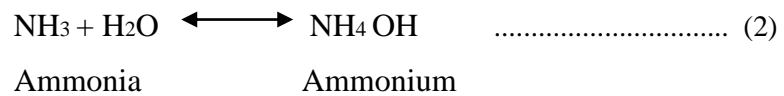
Ammonia (NH_3) merupakan senyawa yang bersifat mudah larut dalam air. Ion ammonium merupakan transisi dari ammonia, selain terdapat dalam bentuk gas ammonia juga dapat berbentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Ammonia banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia, serta industri bubur dan kertas. Sifat-sifat penting pada ammonia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat-sifat ammonia

| Sifat-sifat Ammonia | Nilai |
|--|--------|
| Massa jenis dan fase (g/L) | 0,6942 |
| Kelarutan dalam air (gr/100 ml pada 0°C) | 89,9 |
| Titik lebur (oC) | -77,73 |
| Titik didih (oC) | -33,34 |
| Keasaman (PKa) | 9,25 |
| Kebasaan (PKb) | 4,75 |

(Rahmawati, 2010)

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 kearahnya. Kombinasi dan negatifitas ekstra tersebut dan daya tarik pasangan bebas, menarik hidrogen dari air.

Limbah yang dihasilkan dari industri ammonia sering kali dikeluarkan dalam bentuk gas. Apabila limbah gas ammonia langsung dibuang ke udara dan terhirup oleh makhluk hidup khususnya manusia maka akan mengakibatkan gangguan kesehatan seperti iritasi yang kuat terhadap sistem pernafasan bagian atas yakni bagian hidung hingga tenggorokan. Terpapar gas ammonia pada tingkatan tertentu dapat menyebabkan gangguan fungsi paru-paru serta sensitivitas indera penciuman, seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 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 pajanan. |
| 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. |

(Sulistiyanto, 2018)

Ammonia banyak terkandung dalam limbah cair, baik limbah domestik, limbah pertanian, maupun limbah dari pabrik, terutama pabrik pupuk nitrogen (Bonnin, 2008). Limbah cair dari pabrik ammonia mengandung ammonia sampai

1000 mg/L limbah, pabrik ammonium nitrat mengeluarkan limbah cair dengan kandungan ammonia sebesar 2500 mg/L, sedangkan limbah peternakan dan rumah tangga mengandung ammonia dengan konsentrasi antara 100-250 mg/L. Konsentrasi ammonia diatas 0,11 mg/L akan menimbulkan resiko gangguan pertumbuhan pada semua spesies ikan. Oleh karena itu keberadaan ammonia didalam air limbah sangat dibatasi. Negara-negara Eropa membatasi kandungan ammonia di dalam air limbah maksimum 0,5 mg/L, sedangkan negara-negara Amerika 0,77 mg/L (Jorgensen, 2002).

2.2 Air

Air merupakan suatu pelarut yang baik. Air mampu melarutkan berbagai macam senyawa kimia. Sifat ini memungkinkan unsur hara yang larut diangkut keseluruhan jaringan tubuh manusia dan memungkinkan bahan-bahan toxic yang masuk kedalam tubuh manusia dilarutkan untuk dikeluarkan kembali. Sifat ini memungkinkan untuk air digunakan sebagai pencuci yang baik dan pengencer bahan pencemar (polutan) yang larut kedalam air (Suparno, 2016).

2.3 Absorber Ammonia

Absorber adalah Alat yang digunakan untuk proses Absorsi, yaitu proses penyerapan fluida gas oleh seluruh bagian zat cair sebagai absorben. Proses Absorpsi digunakan untuk memisahkan suatu komponen gas dari campuran gas dengan menggunakan zat cair sebagai absorben. Absorben yang digunakan ditentukan dari daya larut gas pada zat cair tertentu.

Operasi ini umumnya bertujuan memisahkan gas tertentu dari campurannya. Biasanya campuran gas tersebut terdiri dari gas *inert* dan gas yang terlarut dalam cairan. Cairan yang digunakan juga umumnya tidak mudah menguap dan larut dalam gas. Sebagai contoh yang umum dipakai adalah absorpsi ammonia dari campuran udara-ammonia oleh air. Setelah absorpsi terjadi, campuran gas akan di *recovery* dengan cara distilasi.

Kolom Absorpsi Adalah suatu kolom atau tabung tempat terjadinya proses pengabsorpsi (penyerapan/penggumpalan) dari zat yang dilewatkan di kolom/

tabung tersebut. Struktur yang terdapat pada kolom absorber dibagi menjadi tiga bagian yaitu (Redjeki, 2013) :

- Bagian atas: *Spray* untuk megubah gas input menjadi fase cair
- Bagian tengah: *Packed tower* untuk memperluas permukaan sentuh sehingga mudah untuk diabsorpsi
- Bagian bawah: *Input* gas sebagai tempat masuknya gas ke dalam reaktor.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, absorber adalah alat pemisahan suatu komponen gas oleh zat cair sebagai pelarut. Prinsip kerjanya adalah suatu campuran gas diumpankan dari bawah (*bottom*) tower absorber, untuk dikontakkan dengan zat cair dari atas (*top*) absorber. Komponen gas yang mempunyai kelarutan terbesar pada cairan tersebut akan larut bersama absorben (zat cair) dan menjadi *bottom* produk, sedangkan komponen gas lainnya yang tidak terlarut dalam absorben akan ke atas sebagai *top* produk. Karna prinsip kerja Absorber berdasarkan kelarutan gas dalam cairan, maka kondisi operasi absorber adalah pada temperatur rendah dan tekanan tinggi. Dimana pada kondisi ini, daya larut gas dalam fase cair akan maksimal.

2.3.1 Absorpsi

Absorpsi ialah proses pemisahan bahan dari suatu campuran gas dengan cara pengikatan bahan tersebut pada permukaan absorben cair yang diikuti dengan pelarutan. Kelarutan gas yang akan diserap dapat disebabkan hanya oleh gaya-gaya fisik (pada absorpsi fisik) atau selain gaya tersebut juga oleh ikatan kimia (absorpsi kimia). Kecepatan absorpsi merupakan ukuran perpindahan massa antara fasa gas dan fasa cair, disamping pada perbedaan konsentrasi dan luas permukaan absorben (Treybal, 1981).

Secara umum, proses absorpsi diawali dengan penyerapan gas ke dalam liquida melalui interface (Akmal, 2017). Dikenal dua macam absorpsi, yaitu :

a. Absorpsi Fisika

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

propilen, dan karbonat. Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik, difusi gas kedalam air, atau pelarutan gas ke fase cair.

b. Absorpsi kimia

Pada proses ini, perpindahan gas (difusi) disertai dengan reaksi antara gas dan absorben. Reaksi kimia dapat terjadi secara *reversible* dan *irreversible* dengan reaksi orde satu, orde dua dan seterusnya tergantung dari jumlah molekul yang bereaksi yang konsentrasinya berubah sebagai hasil dari reaksi kimia.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses absorpsi :

1) Laju alir air.

Semakin besar laju alir air, penyerapan semakin baik. Hal ini dikarenakan air merupakan media pelarut (absorben), sehingga semakin cepat laju alir air, maka akan semakin banyak gas yg terserap.

2) Komposisi dalam aliran air.

Jika terdapat senyawa yang mampu beraksi dengan CO₂ (misalnya NaOH) maka penyerapan lebih baik.

3) Suhu operasi.

Semakin rendah suhu operasi, penyerapan semakin baik.

4) Tekanan operasi.

Semakin tinggi tekanan operasi, penyerapan semakin baik sampai pada batas tertentu. Diatas tekanan maksimum (untuk hidrokarbon biasanya 4000-5000 kpa), penyerapan lebih buruk.

5) Laju alir gas.

Semakin besar laju alir gas, proses penyerapan semakin buruk. Hal ini disebabkan oleh cepatnya waktu kontak yang terjadi antara gas dengan absorben, sehingga proses absorpsi berjalan tidak sempurna.

2.3.2 Absorben

Absorben adalah cairan yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi pada permukaannya, baik secara fisik atau dengan reaksi kimia. Absorben (juga

disebut cairan pencuci) harus memenuhi persyaratan yang sangat beragam. Misalnya bahan itu harus :

- Memiliki daya melarutkan bahan yang akan diabsorpsi yang sebesar mungkin (kebutuhan akan cairan lebih sedikit, volume alat lebih kecil)
- Memiliki tekanan uap yang rendah, karena jika gas yang meninggalkan kolom absorpsi jenuh terhadap pelarut maka akan ada banyak solven yang terbuang.
- Mempunyai viskositas yang rendah disukai karena akan terjadi laju absorpsi yang tinggi, meningkatkan karakter *flooding* dalam kolom, jatuh-tekan yang kecil dan sifat perpindahan panas yang baik.
- Tidak korosif, stabil secara termis dan murah (Bernasconi, 1995).

Absorben yang sering digunakan adalah air (untuk gas-gas yang dapat larut, atau untuk pemisahan partikel debu dan tetesan cairan), natrium hidroksida (untuk gas-gas yang dapat bereaksi seperti asam) dan asam sulfat (untuk gas-gas yang dapat bereaksi seperti basa).

2.3.3 Jenis Menara Absorpsi

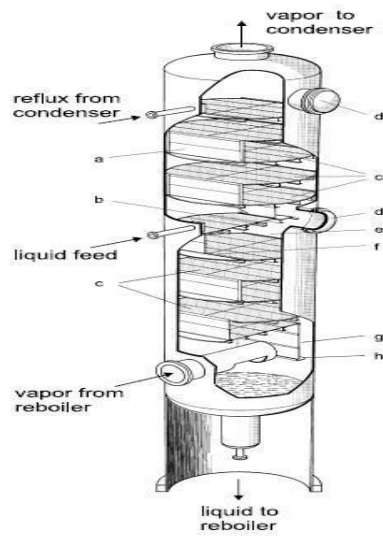
Berikut jenis-jenis menara absorpsi (Redjeki, 2013), yaitu :

a. *Sieve Tray*

Bentuknya mirip dengan peralatan distilasi, Gambar 2.1. Pada *Sieve Tray*, uap menggelembung ke atas melewati lubang-lubang sederhana berdiameter 3-12mm melalui cairan yang mengalir. Luas penguapan atau lubang-lubang ini biasanya sekitar 5-15% luas *tray*. Dengan mengatur energi kinetik dari gas dan uap yang mengalir, maka dapat diupayakan agar cairan tidak mengalir melalui lubang-lubang tersebut. Kedalaman cairan pada *tray* dapat dipertahankan dengan limpasan (*overflow*) pada tanggul (*outlet weir*).

b. *Valve Tray*

Valve Tray adalah modifikasi dari *Sieve Tray* dengan penambahan katup-katup untuk mencegah kebocoran atau mengalirnya cairan ke bawah pada saat tekanan uap rendah. Dengan demikian alat ini menjadi sedikit lebih mahal daripada *Sieve Tray*, yaitu sekitar 20%. Namun demikian alat ini memiliki kelebihan yaitu rentang operasi laju alir yang lebih lebar ketimbang *Sieve Tray*.

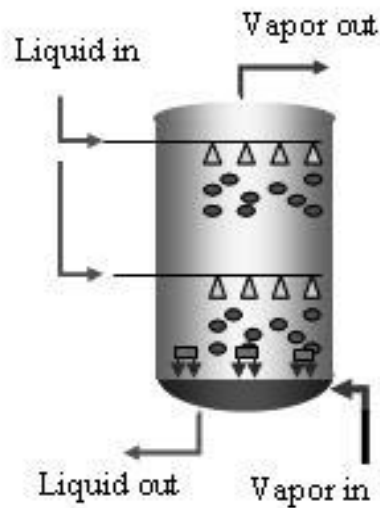


Sumber: Redjeki, 2013.

Gambar 2.1. *Sieve Tray Tower*

c. *Spray Tower*

Jenis ini tidak banyak digunakan karena efisiensinya yang rendah, dapat dilihat pada Gambar 2.2.



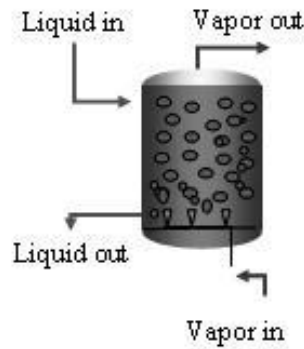
Sumber: Redjeki, 2013.

Gambar 2.2. *Spray Tower*

d. *Bubble Cap Tray*

Jenis ini telah digunakan sejak lebih dari seratus tahun lalu, namun penggunaannya mulai digantikan oleh jenis *Valve Tray* sejak tahun 1950. Alasan

utama berkurangnya penggunaan *Bubble Cap Tray* adalah alasan ekonomis, dimana desain alatnya yang lebih rumit sehingga biayanya menjadi lebih mahal. Jenis ini digunakan jika diameter kolomnya sangat besar.

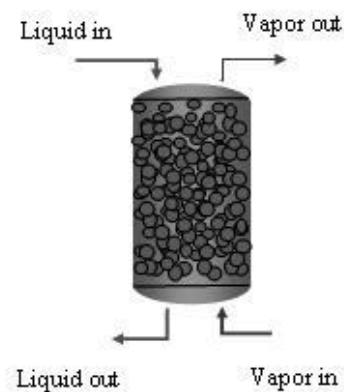


Sumber: Redjeki, 2013.

Gambar 2.3. *Bubble Cap Tray*

e. *Packed Bed*

Jenis ini adalah yang paling banyak diterapkan pada menara absorpsi. *Packed Column*, Gambar 2.4 lebih banyak digunakan mengingat luas kontakannya dengan gas. *Packed Bed* berfungsi mirip dengan media filter, dimana gas dan cairan akan tertahan dan berkontak lebih lama dalam kolom sehingga operasi absorpsi akan lebih optimal.



Sumber: Redjeki, 2013.

Gambar 2.4. *Packed Tower*

Pada masing-masing gambar terlihat adanya 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 diatas.

Beragam jenis *packing* telah dikembangkan untuk memperluas daerah dan efisiensi kontak gas-cairan. Ukuran *packing* yang umum digunakan adalah 3-75mm. Bahan yang digunakan dipilih berdasarkan sifat *inert* terhadap komponen gas maupun cairan solven dan pertimbangan ekonomis antara lain tanah liat, porselin, grafit dan plastik. *Packing* yang baik biasanya memenuhi 60-90% dari volume kolom.

Pengembangan *packing* dilakukan pada penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan bahan isian *Stainless steel*, kelereng dan mika plastik. Bahan isian tersebut bisa menjadi alternatif untuk digunakan sebagai bahan *packing*. Selain harganya yang murah dan mudah didapatkan, penggunaannya sebagai *packing* dapat mengurangi angka pencemaran lingkungan.

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

1. Tidak bereaksi dengan *fluida* dalam absorber. Apabila bahan isian ikut bereaksi, dapat mengakibatkan proses pemisahan tidak berjalan sempurna bahkan dapat mengakibatkan kerusakan pada larutan yang akan dipisahkan/diserap.
2. Kuat tetapi tidak berat, sehingga mengurangi beban pada menara bahan isian.
3. Memberikan luas kontak yang besar, untuk menghindari penurunan tekanan yang terlalu besar (*Pressure drop*).
4. Murah, dengan spesifikasi dan nilai perawatan yang rendah.
5. Tahan korosi, sehingga penting untuk memilih *packing* serta solven dengan teliti.

2.3.4 Pemilihan Solven

Pemilihan solven umumnya dilakukan sesuai dengan tujuan absorpsi (Treybal, 1981), antara lain:

- 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 dilucuti 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 *volatilitas* nya lebih rendah untuk menangkap porsi gas yang teruapkan.

c. Korosivitas

Solven yang korosif dapat mengakibatkan kerusakan pada kolom, dikarenakan terjadinya pengikisan secara terus-menerus.

d. Harga

Penggunaan solven yang mahal dan tidak mudah *di-recovery* akan meningkatkan biaya operasi kolom.

e. Ketersediaan

Ketersediaan pelarut didalam negeri akan sangat mempengaruhi stabilitas harga pelarut dan biaya operasi secara keseluruhan.

f. Viskositas

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

g. Lain-lain

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

2.4 Titrasi Asidimetri

Titration asidimetri adalah titration larutan yang bersifat basa (basa bebas, dan larutan garam-garam terhidrolisis yang berasal dari asam lemah) dengan larutan standart asam.

Larutan standart/larutan baku adalah suatu larutan yang konsentrasinya telah diketahui dengan pasti dan teliti. Dimana, proses penambahan larutan standart ke dalam larutan analit sampai terjadi reaksi sempurna disebut proses titration.

Dalam proses titration ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Indikator Titration

yaitu zat kimia lain, analit atau titran yang sengaja ditambahkan pada proses titration untuk mengetahui titik ekuivalen.

2. Titik Ekuivalen/Titik Akhir Teoritis

yaitu saat dimana reaksi tepat berlangsung sempurna.

3. Titik Akhir Titrasi

yaitu suatu peristiwa dimana indikator telah menunjukkan warna dan titrasi harus dihentikan.

Dalam titrasi juga perlu diperhatikan larutan standart primernya dan larutan standart sekundernya. Larutan standart primer yaitu suatu zat yang sudah diketahui kemurniannya dengan pasti, konsentrasinya dapat diketahui dengan pasti dan teliti berdasarkan berat zat yang dilarutkan. Larutan standart sekunder adalah suatu zat yang tidak murni atau kemurniannya tidak diketahui, konsentrasi larutannya hanya dapat diketahui dengan teliti melalui proses standarisasi, standarisasi dilakukan dengan cara menitrasi larutan tersebut dengan larutan standart primer. Serta faktor yang paling penting adalah ketepatan dalam pemilihan indikator agar kesalahan titrasi yang terjadi menjadi sekecil mungkin (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 (d_p , 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 ($R= 0,0821 \text{ m}^3\cdot\text{atm/kmol}\cdot\text{K}$), dan luas permukaan perpindahan massa per unit volume (a , m^{-1}), berturut-turut:

$$d_p = 6 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{10} \right) \quad (3)$$

$$k_w = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \times \left(\frac{1}{1-\varepsilon} \right)^{\frac{d_p}{b}}} \quad (4)$$

$$Re_{\varepsilon G} = \frac{V_G \times d_p \times \rho_G \times k_w}{(1-\varepsilon) \times \mu_G} \quad (5)$$

$$G_L = \frac{4 \left(\frac{m_L}{\varepsilon \varepsilon_0} \right)}{\pi \times D^2} \quad (6)$$

$$V_L = \frac{GL}{\rho L} \quad (7)$$

$$Re_L = \frac{VL \times \rho L}{\alpha \times \mu_L} \quad (8)$$

$$Fr_L = \frac{VL^2 \times \alpha}{g} \quad (9)$$

$$\frac{\alpha h}{\alpha} = Ch \times Re_L^{0,5} \times fr_L^{0,1} \quad (10)$$

$$\alpha h = \frac{\alpha h}{\alpha} \times \alpha \quad (11)$$

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

$$SC_G = \frac{\mu G}{\rho G \times DG} \quad (13)$$

$$K_G = 0,1304 \cdot C_v \cdot \left[\frac{D_G \cdot P}{R \cdot T} \right] \cdot \left(\frac{\alpha}{[\varepsilon(\varepsilon - h_l)]^{0,5}} \right) \cdot \left[\frac{Re_G}{K_w} \right]^{3/4} \cdot SC_G^{1/3} \quad (14)$$

$$K_L = 0,757 \cdot C_L \cdot \left[\frac{D_L \cdot \alpha \cdot v_L}{\varepsilon \cdot h_l} \right]^{0,5} \quad (15)$$