

PERANCANGAN SCRUBBER SEBAGAI UNIT PENGURANG KADAR KLOORIN PADA PRODUKSI STANNIC CHLORIDE DENGAN KAPASITAS 18 TON/HARI DI PT TIMAH INDUSTRI

G.A. Ridaus¹, M. Nur'aeni¹, N.E.P. Hasanah¹, D. Istanto²

¹Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Nasional Bandung

²PT Timah Industri, Cilegon Banten

Email: ardyangelar0@mhs.itenas.ac.id

Received 05 09 2023 | *Revised* 12 09 2023 | *Accepted* 12 09 2023

ABSTRAK

Plant stannic chloride PT Timah Industri mengalami peningkatan kapasitas produksi mengakibatkan peningkatan jumlah limbah gas yang dihasilkan, limbah gas didominasi oleh gas klorin sebesar 93,08%w ini sangat berbahaya, perlu dilakukan pengurangan kadar gas klorin ini agar aman untuk dilepas ke lingkungan. Pada penelitian ini dirancang unit pengurang kadar klorin pada plant stannic chloride PT Timah Industri, dimana metode yang digunakan adalah metode absorpsi dengan mengontakkan gas klorin terhadap absorben NaOH. Jenis kolom scrubber yang akan dirancang adalah packed bed scrubber. Melalui penelitian ini diketahui bahwa tinggi packing untuk kolom scrubber yang akan mengabsorpsi limbah gas pada saat produksi stannic chloride optimal 18 ton/hari yaitu 5,5 m dan kebutuhan larutan NaOH untuk proses absorpsi limbah gas plant stannic chloride sebesar 28,1038 m³/hari. Spesifikasi kolom packed yang dirancang adalah jenis packing pall ring, diameter 0,24 m, tinggi 7,5 m.

Kata Kunci: Klorin, NaOH, Scrubber, Packed Bed, Pall Ring

ABSTRACT

PT Timah Industri's stannic chloride plant has increased its production capacity resulting in an increase in the amount of waste gas produced, the waste gas is dominated by chlorine gas at 93.08% w this is very dangerous, it is necessary to reduce the levels of this chlorine gas so that it is safe to be released into the environment. In this study, a unit for reducing chlorine levels was designed at PT Timah Industri's stannic chloride plant, where the method used was the absorption method by contacting chlorine gas with the NaOH absorbent. The type of scrubber column to be designed is packed bed scrubber. Through this research it is known that the packing height for the scrubber column which will absorb waste gas during the optimal production of stannic chloride is 18 tons/day, which is 5.5 m³ and the need for NaOH solution for the absorption process of stannic chloride plant waste gas is 28.1038 m³/day. The designed packed column specifications are type of packing pall ring, diameter 0,24 m, height 7,5 m.

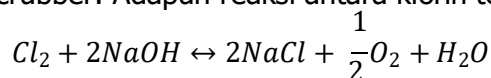
Keywords: Chlorine, NaOH, Scrubber, Packed Bed, Pall Ring

1. PENDAHULUAN

PT Timah Industri merupakan salah satu anak perusahaan dari PT Timah Tbk yang merupakan produsen dan pengeksportir timah terbesar di dunia. PT Timah Industri melakukan pengembangan produk petrokimia dalam bidang stabilizer berbahan baku logam timah bebas timbal yang digunakan sebagai bahan aditif tambahan dalam pembuatan pipa PVC (polivinil klorida) dan produk lainnya yang berbahan utama PVC (polivinil klorida). Dalam memenuhi kebutuhan bahan baku untuk pembuatan tin stabilizer, PT Timah Industri mendirikan beberapa plant lainnya seperti Plant DMT-DCL dan Plant Stannic Chloride. Kapasitas produksi dari masing-masing plant yang ada di PT Timah Industri, sebesar 10.000 ton/tahun untuk methyltin stabilizer, 8.000 ton/tahun untuk dimethyltin dichloride dan 3.000 ton/tahun untuk stannic chloride.

Menyandang sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri kimia, PT Timah Industri tidak bisa terhindarkan dari berbagai bentuk resiko, salah satunya adalah pencemaran limbah gas dari plant stannic chloride. Oleh karena itu, dalam upaya meminimalkan kerugian bagi perusahaan, lingkungan dan karyawan diperlukan adanya langkah untuk pencegahan dan penanggulangan bahaya. Penggunaan bahan baku klorin dalam proses produksi stannic chloride memungkinkan limbah gas yang dihasilkan oleh plant stannic chloride akan didominasi oleh senyawa klorin itu sendiri. Gas klorin merupakan gas yang berbahaya. Menurut Canadian Centre for Occupational Health and Safety, klorin dapat meledak jika dipanaskan, dapat menyebabkan kebakaran, dan sangat reaktif. Klorin yang bersifat asam sehingga dapat menyebabkan iritasi dan sangat korosif. Meskipun klorin adalah bahan berbahaya dalam hal reaktivitas dan toksisitas, klorin dapat ditangani dengan aman asalkan dilakukan tindakan pencegahan yang sesuai.

Berdasarkan data dan pengamatan di lapangan kadar klorin yang terkandung pada limbah gas plant stannic chloride cukup tinggi yaitu sebesar 93.08 % w/w. Kandungan klorin yang tinggi sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan, selain itu dapat menyebabkan korosi pada peralatan di industri. Batas maksimum kandungan klorin dalam gas yang boleh dilepas ke lingkungan adalah sebesar 10 mg/Nm³ sehingga perlu dilakukan pengurangan kadar klorin hingga sesuai baku mutu. Terdapat banyak metode untuk pengurangan kadar klorin dalam gas, salah satunya dengan proses absorpsi dimana memanfaatkan kelarutan klorin terhadap larutan NaOH, pada industri kimia unit pengurang kadar klorin menggunakan metode absorpsi ini sering disebut sebagai scrubber. Adapun reaksi antara klorin terhadap NaOH adalah



Pada saat ini di plant stannic chloride PT Timah Industri sudah menerapkan upaya pengolahan limbah gas menggunakan unit scrubber, namun seiring berjalannya waktu dan kenaikan kapasitas produksi perlunya diadakan evaluasi dari setiap alat proses di plant stannic chloride untuk tetap memastikan semua unit dalam kondisi normal dan mampu mengakomodir jalannya proses produksi yang semakin meningkat, hal ini dilakukan sebagai upaya untuk selalu mencapai hasil maksimal di setiap plant maupun produk utamanya dengan dilakukan pengembangan dan improvisasi proses dari yang ada dengan mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Maka penelitian ini bertujuan merancang scrubber untuk mengurangi kadar klorin pada limbah gas yang dihasilkan saat proses produksi stannic chloride hingga mencapai 18 ton/hari dan menentukan kebutuhan larutan NaOH untuk mengabsorpsi limbah gas klorin tersebut.

2. METODOLOGI

Pada perancangan scrubber ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur mengenai perancangan scrubber
Studi literatur dilakukan dalam mencari ide dan referensi baik menggunakan buku maupun jurnal-jurnal ilmiah.
2. Melakukan pengambilan data operasional dan data properti existing scrubber
Data yang diambil meliputi:

Tabel 1. Data Operasional dan Data Existing Scrubber

Parameter	Nilai	Satuan
Laju alir gas	1483,8	Kg/Jam
Suhu Gas	48,3	°C
Suhu Cair	45	°C
Tekanan Gas	1,2	bar
Tekanan Cair	1	bar
Komposisi klorin dalam gas	0,9308	%w/w
Konsentrasi NaOH	20	%
Konversi reaksi di reaktor SnCl_4	95	%

Selain data yang diambil dilapangan dilakukan pengasumsian, limbah gas hanya terdiri dari klorin dan oksigen, dan laju gas hanya sisaan dari hasil reaksi pada unit reaktor.

3. Melakukan perancangan dimensi scrubber untuk kapasitas produksi stannic chloride 18 ton/hari dengan menentukan diameter kolom, tinggi packing dan kebutuhan larutan natrium hidroksida.

Proses perancangan scrubber ini melalui beberapa tahap perhitungan yaitu sebagai berikut:

- Penentuan Komposisi Solut dalam Gas

$$\text{Mol solute dalam gas} = \frac{\% \text{ berat solut} \times \text{laju alir gas}}{Mr \text{ Cl}_2} \quad (1)$$

$$\text{Mol inert gas} = \frac{(100 - \% \text{ berat solut}) \times \text{laju alir gas}}{Mr \text{ inert gas}} \quad (2)$$

$$y_1 = \frac{\text{mol solut}}{\text{mol solut} + \text{mol inert}} \quad (3)$$

$$Y_1 = \frac{y_1}{1 - y_1} \quad (4)$$

$$Y_2 = (100 - \% \text{ recovery}) \times Y_1 \quad (5)$$

$$y_2 = \frac{Y_2}{1 + Y_2} \quad (6)$$

Keterangan:

Mr: massa molekul reaktif

y_1 : fraksi mol solute (basis total) dalam aliran gas masuk

y_2 : fraksi mol solute (basis total) dalam aliran gas keluar

Y_1 : fraksi mol solute (basis bebas solute) dalam aliran gas masuk

Y_2 : fraksi mol solute (basis bebas solute) dalam aliran gas keluar

- Pembuatan Kurva Kesetimbangan

Kurva kesetimbangan dibuat berdasarkan hukum Rault dan Dalton yang dinyatakan pada Persamaan 7.

$$y_i = \frac{P_i^{sat}}{P_t} x_i \quad (7)$$

Keterangan:

y_i : fraksi mol solute dalam fasa gas

P_i^{sat} : tekanan uap komponen i

x_i : fraksi mol solute dalam fasa cair

P_t : tekanan total

Dari persamaan 7 pula, dilakukan perhitungan nilai x_i . Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai X_i dengan menggunakan persamaan 9.

$$y_1 = \frac{Y_1}{1+Y_1} \quad (8)$$

$$X_i = \frac{x_i}{1-x_i} \quad (9)$$

Keterangan:

y_i : fraksi mol solute (basis total) dalam aliran gas

Y_i : fraksi mol solute (basis bebas solute) dalam aliran gas

x_i : fraksi mol solute (basis total) dalam aliran cairan

X_i : fraksi mol solute (basis bebas solute) dalam aliran cairan

- Penentuan Number of Transfer Unit (NTU)

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \left(\frac{m \cdot G_m}{L_m}\right)} \ln \left[\left(1 - \frac{m \cdot G_m}{L_m}\right) \frac{y_1}{y_2} + \frac{m \cdot G_m}{L_m} \right] \quad (10)$$

$$x_1 = \frac{m \cdot G_m \cdot y_1}{m_{eq} L_m} - y_2 \quad (11)$$

Keterangan:

m : gradien kurva kesetimbangan

G_m : laju molar gas yang memasuki kolom absorpsi

L_m : laju molar cairan penyerap yang memasuki kolom absorpsi

- Penentuan Laju Alir Gas dan Cairan Penyerap

$$Mr_{gas\ umpan} = Mr_{Cl_2} \times y_1 + Mr_{udara} \times (1 - y_1) \quad (12)$$

$$G_m = \frac{G}{Mr_{gas\ umpan}} \quad (13)$$

$$L_m = \frac{m \times G_m}{0,7} \quad (14)$$

Keterangan:

G_m : laju alir molar gas umpan,

G : laju alir massa gas umpan,

$Mr_{gas\ umpan}$: massa molar gas umpan

- Penentuan Sifat Fisik Gas dan Cairan

Penentuan sifat fisik gas dan cairan ini diperoleh melalui simulasi pada software Aspen Hysys.

- Penentuan Ukuran Packing

Pada kasus perancangan kali ini mengacu pada kondisi operasi akan digunakan jenis packing berupa Plastic Pall Ring. Berdasarkan literatur, Sinnott (2008), ukuran packing akan dipilih berdasarkan ukuran diameter kolom. Pada literatur tersebut, tertulis untuk diameter kolom dengan rentang 0,3—0,9 m, digunakan ukuran packing dengan rentang

PERANCANGAN SCRUBBER SEBAGAI UNIT PENGURANG KADAR KLOLIN PADA PRODUKSI STANNIC CHLORIDE DENGAN KAPASITAS 18 TON/HARI DI PT TIMAH INDUSTRI

25—38 mm. Dalam melakukan analisis dan pertimbangan asumsi, perlu diperhatikan trade-off berupa penurunan packing size akan meningkatkan diameter kolom secara signifikan. Selain itu, Sinnott (2008) menganjurkan untuk memiliki ukuran packing size yang terbesar pada rentang yang dipilih dengan alasan persentase flooding tidak melebihi batas 80%.

- Penentuan Diameter Kolom

1. Penentuan faktor uap-cair (F_{LV})

$$F_{LV} = \frac{L_W^*}{V_W^*} \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho}} \quad (15)$$

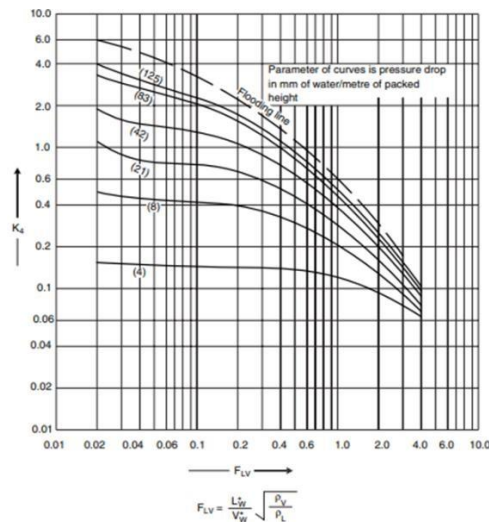
Keterangan:

V_W^* : laju aliran massa gas per satuan luas penampang kolom, kg/m²s

μ_L : viskositas cairan, Ns/m²

$\rho_L - \rho_v$: densitas cairan dan gas, kg/m³

2. Penentuan nilai K_4



Gambar 1. Kurva Penentuan K_4

3. Penentuan nilai %flooding

$$\%flooding = \sqrt{\frac{k_{4,pressure\ drop}}{k_{4,flooding}}} \times 100\% \quad (16)$$

4. Penentuan nilai packing factor (F_p)

5. Penentuan laju alir massa superfisial gas dalam kolom

$$V_W^* = \sqrt{\frac{K_4 \rho_v (\rho_L - \rho_v)}{13.1 F_p \left(\frac{\mu_L}{\rho_L}\right)^{0.1}}} \quad (17)$$

6. Penentuan luas penampang minimum (A_c)

$$A_c = \frac{V_W^*}{V_W^*} \quad (18)$$

7. Penentuan diameter kolom minimal (D_c)

$$D_c = \sqrt{\frac{A}{\pi c}} \quad (19)$$

8. Penentuan nilai %flooding baru

$$\%flooding_{komersial} = \frac{A_{C_{kalkulasi}}}{A_{C_{komersial}}} \times \%flooding_{kalkulasi} \quad (20)$$

- Penentuan Nilai Height of Overall Gas Phase Transfer Unit (HOG) dengan Metode Cornell

1. Penentuan nilai difusivitas cairan

$$D_{L,AB} = \frac{1,173 \times 10^{-13} (\phi M)^{0,5} T}{\mu V_m^{0,6}} \quad (21)$$

Keterangan:

$D_{L,AB}$: difusivitas cairan (m^2/s)

ϕ : association factor untuk solvent

M : massa molekul relative solvent ($kg/kmol$)

μ : viskositas solvent ($mN s/m^2$)

T : temperature (K)

V_m : volume molar solute pada titik didihnya ($m^3/kmol$)

2. Penentuan nilai difusivitas gas

$$D_{V,AB} = \frac{1,013 \times 10^{-7} T^{1,75} \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/4}}{P[(\Sigma V_A)^{1/3} + (\Sigma V_B)^{1/3}]^2} \quad (22)$$

Keterangan:

$D_{V,AB}$: difusivitas gas (m^2/s)

T : temperature (K)

M_A : masa molekul solute ($kg/kmol$)

M_B : massa molekul solvent ($kg/kmol$)

P : tekanan total (bar)

ΣV_A : structural volume increment solute

ΣV_B : structural volume increment solvent

3. Penentuan bilangan Schmidt

$$S_c = \frac{\mu}{\rho \times D} \quad (23)$$

Keterangan:

μ : viskositas fluida (Pa.s)

ρ : densitas fluida (kg/m^3)

D : difusivitas fluida (m^2/s)

4. Penentuan nilai gas film transfer unit height dan liquid film transfer unit height

$$H_G = \frac{0,011 \Psi_h (S_c)_v^{0,5} (2,3)^{1,11} \left(\frac{Z}{3,05} \right)^{0,33}}{(L^* w f_1 f_2 f_3)^{0,5}} \quad (24)$$

$$H_L = 0,305 \phi_h \left(\frac{S}{c} \right)_L^{0,5} K_3 \left(\frac{Z}{3,05} \right)^{0,15} \quad (25)$$

Keterangan :

Ψ_h : faktor H_G ,

ϕ_h : faktor H_L ,

S_c : bilangan Schmidt, dengan Sc_v merupakan bilangan Schmidt untuk gas dan Sc_L merupakan bilangan Schmidt untuk cairan,

PERANCANGAN SCRUBBER SEBAGAI UNIT PENGURANG KADAR KLOORIN PADA PRODUKSI STANNIC CHLORIDE DENGAN KAPASITAS 18 TON/HARI DI PT TIMAH INDUSTRI

D_c : diameter kolom (m),
 Z : tinggi kolom (m),
 K_3 : koreksi dari faktor persentase flooding,
 Lw^* : laju alir massa cairan per luas area cross-sectional kolom ($\text{kg/m}^2\text{s}$),
 f_1 : faktor koreksi viskositas cairan,
 f_2 : faktor koreksi densitas cairan,
 f_3 : faktor koreksi tegangan permukaan cairan

5. Penentuan laju alir massa cair

$$L_w^* = \frac{L_m}{A_c} \quad (26)$$

Keterangan:

L_m : laju alir massa cair (kg/s),

A_c : luas area cross-sectional kolom (m^2)

6. Penentuan faktor koreksi viskositas (f_1), densitas (f_2), dan tegangan permukaan cairan (f_3)

$$f_1 = \left(\frac{\mu_L}{\mu_w}\right)^{0,16} \quad (27)$$

$$f_2 = \left(\frac{\rho_L}{\rho_w}\right)^{1,25} \quad (28)$$

$$f_3 = \left(\frac{\sigma_w}{\sigma_L}\right)^{0,8} \quad (29)$$

Keterangan:

f_1 : faktor koreksi viskositas cairan,

f_2 : faktor koreksi densitas cairan,

f_3 : faktor koreksi tegangan permukaan cairan

7. Penentuan koreksi flooding factor

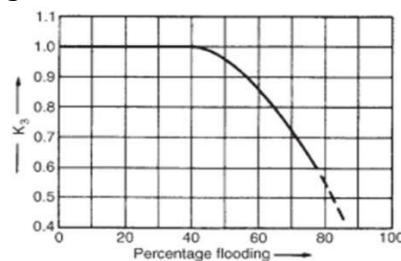


Figure 11.41. Percentage flooding correction factor

Gambar 2. Grafik penentuan koreksi flooding factor

8. Penentuan faktor ψ_h (H_G)

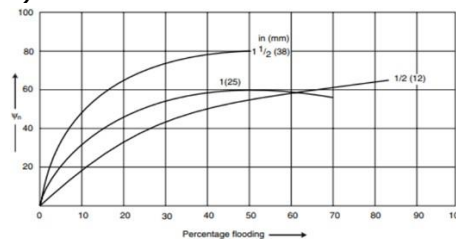
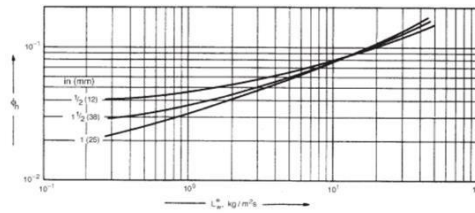


Figure 11.42. Factor for H_G for Berl saddles

Gambar 3. Grafik penentuan faktor ψ_h (H_G)

9. Penentuan faktor ϕh (H_L)Figure 11.43. Factor for H_L for Berl saddles**Gambar 3. Grafik penentuan faktor ϕh (HL)**

10. Penentuan nilai tinggi packing (Z)

$$Z = H_{OG} \times N_{OG} \quad (30)$$

$$H_{OG} = H_G + \frac{m G_m}{L_m} H_L \quad (31)$$

$$\text{Galat } H_{OG} = \left| \frac{H_{OG, \text{hitung}} - H_{OG, \text{tebak}}}{H_{OG, \text{hitung}}} \right| \quad (32)$$

11. Menentukan isian dan alat pendukung untuk memaksimalkan kinerja scrubber hasil perancangan

Penentuan internal kolom terdiri dari penentuan material kolom, tipe packing, packing support, liquid distributor, liquid redistributor, bed limiter, gas inlet system, liquid inlet system, lokasi dan dimensi manhole, tutup kolom, dan penyangga kolom.

12. Analisis hasil perancangan scrubber dan melakukan perbandingan hasil tersebut dengan existing scrubber

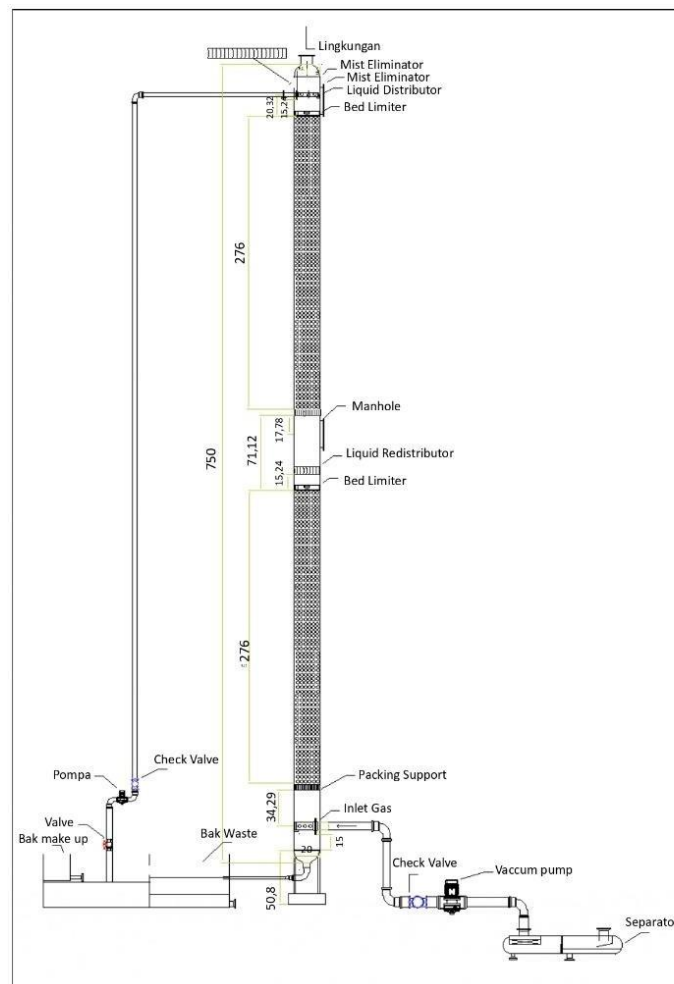
3. HASIL DAN PEMBAHASAN**3.1 Perancangan Scrubber untuk Kapasitas Produksi 18 Ton/Hari**

Perancangan scrubber ini dilakukan dengan tujuan merancang kolom absorpsi yang akan digunakan untuk mengurangi kadar senyawa gas klorin (Cl_2) dalam umpan limbah gas dari plant stannic chloride dengan cara mengontakkan gas tersebut dengan cairan penyerap atau absorben yang sifatnya dapat menangkap atau mengikat gas klorin yang ada pada limbah gas tersebut. Berdasarkan data yang diambil di lapangan, kandungan awal klorin dalam limbah gas tersebut adalah sebesar 93,08%-berat. Cairan penyerap yang digunakan berupa larutan kaustik NaOH dengan konsentrasi sebesar 20%. Dalam proses penyerapan, diinginkan gas klorin keluaran scrubber dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan kementerian lingkungan hidup dan kehutan yaitu sebesar 3,45 ppm. Kolom scrubber ini di desain menggunakan jenis aliran counter current dengan aliran gas umpan masuk dari bagian bawah kolom dan aliran cairan penyerap atau absorben masuk dari bagian atas kolom. Proses absorpsi ini berlangsung pada kondisi operasi tekanan dan temperatur tetap yaitu 1,5 bar dan 39 °C secara berurutan.

Berdasarkan layout yang dibuat Koch Glistch, packed column yang dirancang akan memiliki ketinggian sebesar 7,5 m dan ukuran diameter kolom sebesar 20,4 cm. Selanjutnya, tinggi packing pada perancangan packed column kali ini ditentukan dengan metode Cornell, metode cornell dipilih karena dapat digunakan untuk jenis packing pall ring dan juga dapat digunakan untuk basis efisiensi transfer massa rendah. Didapatkan tinggi packing dengan metode Cornell, adalah sebesar 5,52 m. Berdasarkan hasil perhitungan, tebal kolom yang digunakan

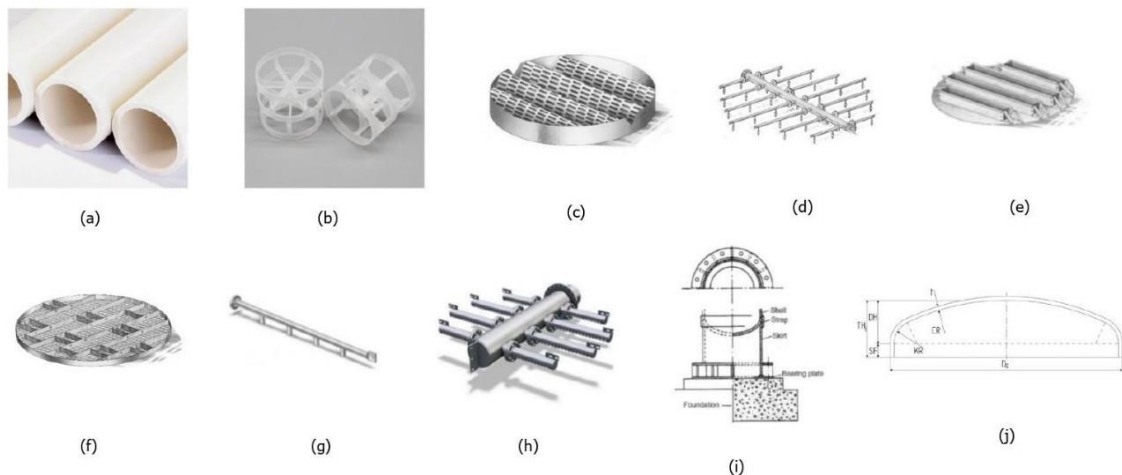
PERANCANGAN SCRUBBER SEBAGAI UNIT PENGURANG KADAR KLORIN PADA PRODUKSI STANNIC CHLORIDE DENGAN KAPASITAS 18 TON/HARI DI PT TIMAH INDUSTRI

berukuran 22,7 mm mengikuti standar ketebalan pipa polypropylene dengan diameter 10 inci. Perbandingan tinggi packing dengan diameter kolom sebesar 27, masih memenuhi rule of thumb pada buku wallas yang menyebutkan perbandingan Z/D tidak boleh lebih dari 30. selain itu pemilihan menggunakan 2 packed juga disesuaikan dengan rule of thumb (Walas, 1990) agar tinggi packing plastik tidak lebih dari 15 ft, dan perancangan ini didesain agar %flooding dibawah 80% agar perpindahan massa antara solute dalam gas kepada cairan tidak terganggu/berjalan dengan baik. Berikut merupakan desain hasil perancangan:



Gambar 5. Desain Scrubber Hasil Perancangan

Kolom absorpsi ini menggunakan material polypropylene. Pemilihan ini didasari beberapa fakta, di antaranya adalah korosi yang akan terjadi akibat kehadiran klorin dan NaOH, kekuatan mekanik yang sangat baik karena strukturnya yang teratur, ketahanan terhadap korosi yang baik, dan memiliki ketahanan suhu yang cukup tinggi. Alat-alat pendukung yang digunakan untuk membantu memaksimalkan proses kinerja scrubber hasil perancangan diambil dari vendor Koch Glistch dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu seperti pada gambar 6.



Keterangan: (a) Material Polypropylene, (b) Pall Rings, (c) Packing Support Tipe TS814 Random Packing Gas Injection Support, (d) Liquid Distributor Model TP943 Spray-Type Liquid Distributor, (e) Liquid Redistributor Model TP917, (f) Bed Limiter Model 825 Random Packing, (g) Liquid Inlet System Tipe TP719 Liquid Only Feed Pipe, (h) Gas Inlet System Tipe Model 746 Pipe Vapor Distributor, (i) Penyangga Kolom Tipe Straight Skirt Support, (j) Tutup Kolom Jenis Torispherical.

Gambar 6. Isian dan Alat Pendukung Scrubber

Dalam proses penggunaannya, kolom akan memerlukan maintenance berkala, sehingga diperlukan manhole agar teknisi dapat dengan mudah melakukan proses pemeliharannya. dipilih diameter manhole sebesar 8 inci. Dalam rancangan ini akan digunakan sebanyak 2 manhole yang terletak pada bagian atas kolom, dan bagian tengah kolom. Masing-masing manhole didesain untuk dapat memelihara bagian spesifik dari kolom; bagian atas untuk memelihara distributor, hold down plate, dan liquid inlet system; bagian tengah untuk packing removal, serta pemeliharaan packing support dan liquid redistributor.

3.2 Kebutuhan Larutan NaOH untuk Proses Absorpsi Klorin pada Unit Scrubber Hasil Perancangan

Kaustik yang digunakan untuk absorpsi gas klorin pada unit scrubber berupa larutan natrium hidroksida (NaOH). Ketika klorin bereaksi dengan NaOH, maka akan terbentuk garam kaustik. Garam memiliki kelarutan yang terbatas dalam larutan scrubber. Oleh karena itu, ada risiko pengendapan garam ketika kaustik habis.

Kebutuhan larutan natrium hidroksida yang tepat perlu dihitung untuk menekan biaya operasional, mencapai kondisi absorpsi maksimal, dan meminimalisir kemungkinan pengendapan garam kaustik pada unit scrubber. Pada perancangan ini dibutuhkan larutan NaOH untuk mengabsorpsi gas klorin sebesar 1483,80 kg/hari diperlukan larutan NaOH minimal 28,1038 m³/hari, pemberian larutan NaOH secara berlebih untuk menghindari terjadinya pengendapan garam ketika larutan NaOH habis terpakai untuk mengabsorpsi klorin.

4. KESIMPULAN

Plant stannic chloride dengan kapasitas 18 ton/hari memerlukan 28,1038 m³ larutan NaOH per hari untuk menangani limbah gas. Kolom scrubber hasil perancangan memiliki diameter 0,2046 m dan tinggi 7,5 m dengan dua packed bed yang memiliki total ketinggian 5,5 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Teknik Kimia Iteas Bandung dan Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan atas penyelenggaraan Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) pada tahun 2023 dan kepada Ibu Dyah Setyo Pertiwi dan Bapak Dicky Dermawan selaku dosen pembimbing MBKM.

DAFTAR PUSTAKA

- Harimawan, Ardiyan. 2021. Proses Pemisahan Absorpsi, Perancangan Kolom Absorpsi. Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung. <https://youtu.be/5VURpUdbpjA>
- Harimawan, Ardiyan. 2021. Proses Pemisahan Absorpsi, Garis Operasi dan Kesenjangan. Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung. <https://youtu.be/YCHEjIYF154>
- Harimawan, Ardiyan. 2021. Proses Pemisahan Absorpsi, Tinggi Kolom dan HETP. Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung. <https://youtu.be/Wr13A9j5GdQ>
- Glistch, Kosch. 2010. 2020. Internal Packing.
- Sinnot, R.K. 2005. Chemical Engineering Design Volume 6 Fourth Edition.
- Treyball, Robert E. 1980. Mass-Transfer Operations Third Edition.
- Vivian, Edward J., Massachusetts S.M. 1936, 1939. Absorption Chlorine in Water and Caustic. Mc Gill University and Institute of Technology.
- Walas, Stanley M.. 1990. Chemical Process Equipment Selection and Design. Department of Chemical and Petroleum Engineering, University of Kansas: US.
- World Chlorine Council. 2011. Chlorine Safety Scrubbing Systems. https://www.worldchlorine.org/wp-content/themes/brickthemewp/pdfs/chlorine_safety.pdf