

EVALUASI PERHITUNGAN TEBAL MENARA C-2201 (PROPYLENE SCRUBBER) PADA UNIT POLIMERISASI KILANG POLYPROPYLENE PT PERTAMINA REFINERY UNIT III PLAJU – SEI. GERONG

EVALUATION OF TOWER THICKNESS CALCULATION (PROPYLENE SCRUBBER) IN THE POLYMERS UNIT OF THE POLYPROPYLENE REFINERY UNIT III PLAJU – SEI. GERONG

Indah Agus Setiorini¹⁾, Bagus Tri Atmojo²⁾, Ahmad Ramdhani³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: indahagussetiorini_sukarman@yahoo.co.id

Abstract: The column C-2201 propylene scrubber unit functions for separation with the absorption system of solids which are still contained in the gas by water media or other chemicals. In this separation the function is to separate Propylene and Slurry Fine Powder with different densities and boiling points. In this column the heat transfer process takes the form of convection where heat from the temperature of the fluid in the column moves to the column wall to the outside. The outside temperature will then be influenced by several factors including : wind speed and temperature around the column, column wall thickness (shell), type of shell material, column height and so on. Calculation of C-2201 Tower Thickness in the polymerization unit was carried out to determine the ratio of C-2201 Tower Thickness in design and theory. From the calculation results obtained by the thickness of the tower based on internal press of 0.5261inch vs tower thickness according to the design 5/8inch (0.6251) inch max.

Keywords : Scrubber, Tower Thickness

Abstrak: Unit propylene scrubber kolom C-2201 berfungsi untuk pemisahan dengan sistem penyerapan padatan yang masih terkandung pada gas oleh media air atau bahan kimia lainnya. Dalam pemisahan ini berfungsi memisahkan Propylene dan Slurry Fine Powder dengan perbedaan density dan titik didihnya. Pada kolom ini terjadi proses perpindahan panas berupa konveksi dimana panas yang berasal dari suhu fluida didalam kolom berpindah ke dinding kolom hingga bagian luar. Suhu bagian luar ini selanjutnya akan dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor antara lain : kecepatan angin dan suhu di sekitar kolom, ketebalan dinding kolom (shell), jenis material shell, ketinggian kolom dan sebagainya. Perhitungan Tebal Menara C-2201 di Unit polimerisasi dilakukan untuk mengetahui perbandingan Tebal Menara C-2201 secara desain dan teori. Dari hasil perhitungan diperoleh ketebalan menara berdasarkan internal press sebesar 0,5261 inch vs tebal menara menurut design 5/8 inch (0,6251) inch max.

Kata Kunci : Scrubber, Tebal Menara

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pemisahan fraksi minyak bumi sekarang mengalami kemajuan yang pesat. Salah satu teknologi pemisahan fraksi minyak bumi yang sangat konvensional adalah distilasi yang secara umum didefinisikan sebagai pemisahan suatu campuran komponen berdasarkan titik didihnya atau dikenal dengan fraksionasi. Dengan metode distilasi pemisahan minyak bumi dapat dilakukan dengan cepat, efisiensi dan menghemat biaya. Maka dari itu, distilasi ini banyak digunakan dalam dunia industri perminyakan.

Proses distilasi akan mempermudah manusia dalam melakukan pemisahan minyak bumi yang dilakukan secara fisik sehingga pemisahan menggunakan metode distilasi ini dianggap sangatlah mudah dalam pengendalian operasinya. Selain itu dengan adanya metode distilasi ini, maka kinerja perusahaan dapat maksimal serta menghemat biaya operasional.

PT Pertamina (Persero) Refinery Unit III, Plaju - Sei. Gerong sebagai salah satu perusahaan negara yang berada di bawah pengawasan Departement Pertambangan, Energi dan Sumber Daya Mineral. Dalam perkembangannya, PT Pertamina (Persero)

Refinery Unit III, Plaju - Sei. Gerong telah banyak mengalami perubahan dan perkembangan seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia. Pesatnya perkembangan perekonomian di Indonesia tidak terlepas dari peranan perindustrian, dalam hal ini termasuk industri minyak dan gas bumi yang merupakan produk utama dari PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit III*, Plaju - Sei. Gerong, disamping dari produk-produk lain yang diproduksi untuk mendukung proses pengolahan yang utama. Seperti halnya *propylene scrubber* kolom C-2201 berfungsi untuk pemisahan dengan system penyerapan padatan yang masih terkandung pada gas oleh media air atau bahan kimia lainnya. Pada kolom ini terjadi proses perpindahan panas berupa konveksi dimana panas yang berasal dari suhu fluida didalam kolom berpindah ke dinding kolom hingga bagian luar. Suhu bagian luar ini selanjutnya akan dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor antara lain: kecepatan angin dan suhu di sekitar kolom, ketebalan dinding kolom (*shell*), jenis material *shell*, ketinggian kolom dan sebagainya.

2. TEORI DASAR

2.1 Material

2.1.1 Perpindahan Panas (*Heat Transfer*)

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi dapat berubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya. Contoh salah satu bentuk energi adalah Panas. Manusia sangat membutuhkan panas seperti memasak nasi, menjemur pakaian, atau menyetrika pakaian. Perpindahan energi panas dapat terjadi di benda padat, cair maupun gas. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan suhu.

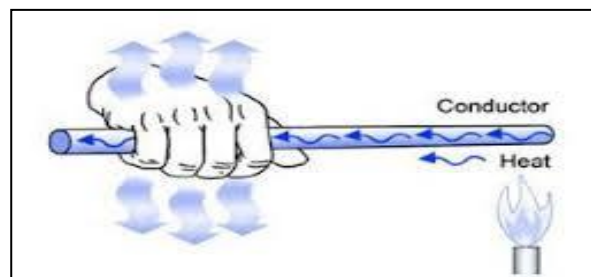
Panas atau sering disebut dengan kalor adalah salah satu bentuk energi. Benda-benda menjadi panas karena diberi energi. Perpindahan energi panas terjadi dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Satuan energi panas sama dengan satuan energi yang lain yaitu joule (j), atau satuan yang lain yang sering digunakan adalah kalori (kal).

Jika dua benda dengan suhu berbeda disentuhkan, benda yang bersuhu tinggi akan mengalami penurunan suhu. Sebaliknya, benda yang bersuhu rendah akan mengalami kenaikan suhu. Pada akhirnya suhu benda sama. Hal ini terjadi karena adanya perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Panas secara alami tidak dapat berpindah dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi. Namun dengan bantuan alat khusus, panas dapat berpindah dari benda bersuhu rendah ke benda bersuhu tinggi. Sebagai contoh, perpindahan panas ruangan ber AC ke luar ruangan. Dengan bantuan AC, panas dari ruangan AC yang bersuhu lebih rendah diserap, kemudian dilepaskan di ruangan lain yang bersuhu lebih tinggi.

2.1.2 Jenis-jenis Perpindahan Panas

1. Konduksi

Konduksi panas atau konduksi termal adalah penjaralan kalor tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat perantaranya. Penjaralan ini biasanya terjadi pada benda padat. Kalor mengalir pada konduktor dari sisi yang bersuhu tinggi ke sisi yang bersuhu rendah. Jadi, pada konduktor, suhu terbagi sepanjang konduktor sehingga membuat semacam lintasan untuk mengalirkan panas dari tempat dengan jumlah panas lebih banyak (suhu tinggi) ke tempat dengan jumlah panas lebih sedikit (suhu rendah). Misalnya saja anda menaruh batang besi membara ke batang besi lain yang dingin. Anda tidak akan melihat besi membara itu bergerak namun tiba-tiba besi yang semula dingin akan menjadi panas.



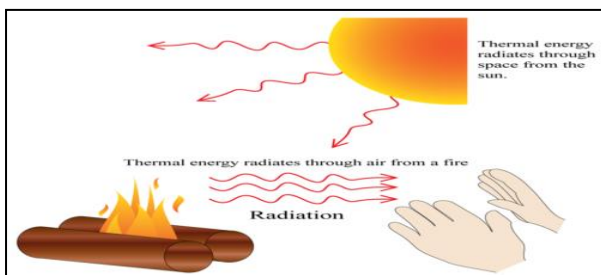
Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Dengan contoh yang lebih simpel, yakni logam panjang yang dipanaskan. Satu ujung logam panjang yang dipanaskan, maka

beberapa saat kemudian ujung yang lain juga akan ikut panas.

2. Radiasi

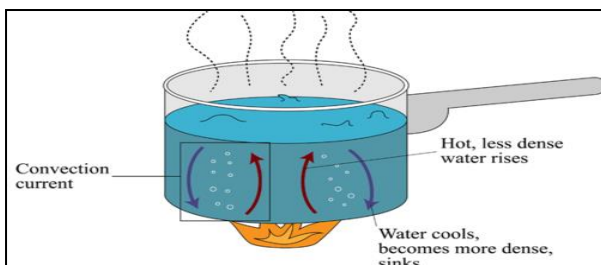
Merupakan suatu proses perpindahan panas yang terjadi dalam bentuk gelombang elektromagnetik tidak memerlukan fluida, contohnya anda bisa melihat bagaimana matahari memancarkan panas ke bumi dan api yang memancarkan hangat ke tubuh anda. Kalor dapat diradiasikan melalui bentuk gelombang cahaya, gelombang radio dan gelombang elektromagnetik. Radiasi juga dapat dikatakan sebagai perpindahan kalor melalui media atau ruang yang akhirnya diserap oleh benda lain. Contoh radiasi dalam kehidupan sehari-hari dapat anda lihat saat anda menyalakan api unggun, anda berada didekat api unggun tersebut dan anda akan merasakan hangat.



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Radiasi

3. Konveksi

Merupakan suatu proses perpindahan panas akibat adanya pergerakan molekul-molekul pada fluida (yaitu cairan atau gas) dan dapat disebut juga dengan perpindahan panas secara aliran fluida. Contoh konveksi dalam kehidupan sehari-hari dapat anda lihat pada proses memasak air.



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Konveksi

Dar penjelasan jenis-jenis perpindahan panas di atas dapat digarisbawahi bahwa perhitungan pada penelitian ini hanya sedikit

membahas tentang panas (temperatur), perpindahan panas terjadi pada saat proses operasi berguna untuk menghitung tebal isolasi.

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Ketebalan Kolom

Faktor-faktor yang mempengaruhi dari suatu ketebalan kolom adalah :

1. Berat dan tinggi menara

Bertujuan untuk mengetahui berat dari kolom itu sendiri yaitu silinder head 2 buah, berat *tray*, dan *liquid* yang ada pada *tray* dengan asumsi *liquid* adalah air dengan kedalaman 3 inch, menghitung *liquid* yang ada pada *bottom* dengan level 7 feet, berat isolasi , menghitung berat air pada *hydrostatic test*, dan menghitung berat menara pada operasi. Untuk menghitung tinggi menara didapatkan hasil dari tinggi silinder ditambah jarak pada *tray* teratas dengan *top* dan jarak pada *tray* terbawah dengan *bottom* kolom. Dimana tinggi silinder sama dengan jumlah *tray* pada kolom dikali jarak antar masing-masing *tray*. Untuk mendapatkan tinggi menara total dilakukan penjumlahan tinggi elips atas, tinggi elips bawah dan tinggi silinder *tangent to tangent*.

2. Kecepatan angin

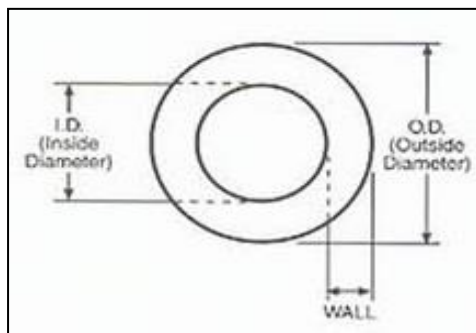
Angin adalah udara yang bergerak akibat rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Kecepatan angin sangat berpengaruh karena memiliki tekanan yang langsung terhadap kolom.

2.3 Jenis Material

Pemilihan jenis material dan ukuran yang digunakan dapat dilihat pada tabel material *storage* beserta tegangan yang diizinkan (psi). Untuk mengetahui nilai tegangan yang pada tabel dapat dicari dengan melihat spesifikasi *plate* dan *grade* material.

1. Diameter dalam (*inside diameter*)

Inside diameter (ID) merupakan suatu jarak dari sisi ke sisi lain melalui pusat lingkaran yang berada di dalam. Dengan diameter sebesar dua kali jari-jari ($d = 2.r$).



Gambar 2.4 Inside and Outside Diameter

2. Efisiensi joint

Efisiensi *joint* merupakan suatu metode pengukuran dengan menggunakan pengelasan yang dimana cara penyambungan dilakukan dengan sambungan las tumpul (*butt welded*), atau sambungan las tumpang tindih (*lap welded*). Dimana suatu pengelasan yang baik itu sangat berguna untuk mengetahui kekuatan atau tegangan yang diizinkan dari suatu plat yang sudah dilas dengan metode *hydrostatic test* atau dengan menggunakan air yang bertekanan.

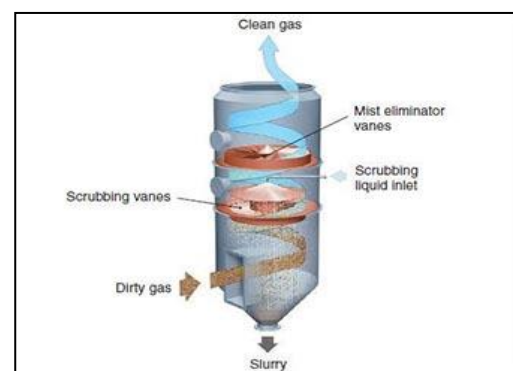
3. Corrosion allowance

Corrosion allowance merupakan koreksi ketebalan suatu jenis material guna proteksi terhadap perubahan tebal (pengikisan) akibat adanya korosi. Koreksi dengan cara penambahan ketebalan material pada bagian yang terkena korosi (terkikis) saja. Dengan mengetahui laju korosi umum yang diharapkan, perancang dapat menghitung ketebalan tambahan yang diperlukan untuk ketahanan korosi dari peralatan proses yang dirancang.

Contoh pada sebuah dinding tangki diperlukan 5 mm ketebalan dinding untuk pertimbangan mekanis. Perancang telah menetapkan bahwa laju korosi akan 0,4 mm/tahun dan diharapkan maksimal beroperasi 10 tahun. Tunjangan korosi total adalah laju korosi per tahun ($0,4 \text{ mm} \times 10 \text{ tahun} = 4 \text{ mm}$). Penyisihan korosi dua kali lipat menjadi 8 mm sebagai pertimbangan keselamatan standar *corrosion allowance*.

4. Scrubber

Sistem *scrubber* adalah kelompok beragam perangkat kontrol polusi udara yang dapat digunakan untuk menghapus beberapa partikulat dan atau gas dari aliran buangan industri. Secara tradisional, istilah *scrubber* telah disebut perangkat kontrol polusi yang menggunakan cairan untuk mencuci polutan yang tidak diinginkan dari aliran gas. *Scrubber* adalah salah satu perangkat utama yang mengontrol emisi gas, gas-gas terutama asam. *Scrubber* juga dapat digunakan untuk pemulihan panas dari gas panas dengan kondensasi gas buang.



Gambar 2.5 Kolom Scrubber

5. Fungsi Scrubber

Pada umumnya, *scrubber* terdiri dari 2 bagian, yaitu *scrubber* basah dan *scrubber* kering yang masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Scrubber basah

Gas buang dari pembakaran mungkin mengandung zat-zat yang dianggap berbahaya bagi lingkungan, dan *scrubber* dapat menghapus atau menetralkan zat. Sebuah *scrubber* basah digunakan untuk membersihkan udara, gas buang atau gas lain dari berbagai polutan dan partikel debu. *Scrubber* basah bekerja melalui kontak senyawa target atau partikulat dengan solusi *scrubbing*. Solusi mungkin hanya air (untuk debu) atau larutan reagen yang khusus menargetkan senyawa tertentu. Proses gas buang juga dapat mengandung racun larut dalam air dan/atau gas korosif seperti hidrogen klorida HCl atau ammonia NH₃. Ini dapat dihilangkan dengan sangat baik oleh *scrubber* basah.

Penghapusan efisiensi polutan ditingkatkan dengan meningkatkan waktu tinggal dalam *scrubber* atau oleh peningkatan luas permukaan dari solusi *scrubber* dengan menggunakan *nozzle* semprot, menara dikemas atau *inspirator* sebuah. *Scrubber* basah dapat meningkatkan proporsi air dalam gas, sehingga segumpal tumpukan terlihat, jika gas tersebut dikirim ke *stack*. Parameter penting dalam sistem *scrubber* basah adalah laju aliran cairan. Hal ini umum dalam terminologi *scrubber* basah untuk mengungkapkan aliran cairan sebagai fungsi dari laju aliran gas yang sedang dirawat. Hal ini biasa disebut rasio cair ke gas (*L/G rasio*) dan menggunakan unit galon per 1.000 kaki kubik aktual atau liter/meter kubik (l/m^3). *Scrubber* yang paling basah digunakan untuk control partikulat beroperasi dengan cairan ke gas rasio dalam kisaran 4 sampai 20 galon per 1.000 ft^3 aktual (0,5 sampai 3 liter per m^3 sebenarnya).

Tergantung pada desain *scrubber*, volume minimal cairan yang dibutuhkan untuk basah internal *scrubber* dan menciptakan target koleksi yang memadai. Setelah titik optimal tertentu, menambahkan kelebihan cairan untuk *scrubber* partikulat yang basah tidak meningkatkan efisiensi dan pada kenyataannya, bias menjadi kontra-produktif dengan menyebabkan kehilangan tekanan yang berlebihan. Cair ke gas rasio untuk penyerapan gas sering lebih tinggi, di kisaran 20 sampai 40 galon per 1.000 ft^3 aktual (3 sampai 6 liter per m^3 sebenarnya).

b. *Scrubber* kering

Sebuah sistem *scrubber* kering atau semi kering, tidak seperti *scrubber* basah, tidak menjenuhkan aliran gas buang yang sedang diobati dengan kelembaban. Dalam beberapa kasus tidak ada kelembaban yang ditambahkan, sedangkan lainnya hanya jumlah kelembaban yang dapat menguap dalam gas buang tanpa menambahkan kondensasi. Oleh karena itu, *scrubber* kering yang umumnya tidak memiliki segumpal tumpukan uap atau penanganan / pembuangan air limbah persyaratan. Sistem *scrubber* kering digunakan untuk menghilangkan gas asam (seperti SO_2 dan HCl) terutama dari sumber pembakaran.

Ada sejumlah desain system tipe *scrubber* kering. Namun, semua terdiri dari dua bagian utama atau perangkat: perangkat untuk memperkenalkan bahan gas asam sorben ke dalam aliran gas dan partikel perangkat kontrol untuk menghapus produk reaksi. Sistem scrubbing kering dapat dikategorikan sebagai injector sorben kering (DSIs) atau sebagai peredam semprot *dryer* (SDA).

Peredam *spray dryer* juga disebut semi-kering *scrubber* atau pengering semprot. Sistem *scrubber* kering sering digunakan untuk menghilangkan gas berbau dan korosif dari operasi pabrik pengolahan air limbah. Media yang digunakan biasanya merupakan senyawa alumina aktif diresapi dengan bahan untuk menangani gas tertentu seperti hidrogen sulfida. Media yang digunakan dapat dicampur bersama-sama untuk menawarkan berbagai macam *removal* untuk senyawa berbau lain seperti metil merkaptan, aldehida, senyawa organik yang mudah menguap, dimetil sulfida, dan dimetil disulfida. Sorben injeksi kering melibatkan penambahan bahan alkali (kapur biasanya terhidrasi atau soda abu) ke dalam aliran gas untuk bereaksi dengan gas asam. Sorben bisa disuntikkan langsung ke beberapa lokasi yang berbeda: proses pembakaran, gas buang saluran (menjelang perangkat partikulat kontrol), atau ruang reaksi terbuka (jika ada). Gas-gas asam bereaksi dengan alkali sorbents untuk membentuk garam padat yang dibuang di perangkat kontrol partikulat. Sistem ini sederhana dapat mencapai hanya gas asam terbatas (SO_2 dan HCl) efisiensi penghapusan. Efisiensi pengumpulan yang lebih tinggi dapat dicapai dengan meningkatkan kelembaban gas buang.

6. Jenis dan fungsi *scrubber*

• a. Venturi *scrubber*

Sebuah venturi *scrubber* adalah bagian konvergen/divergen dari saluran. Bagian konvergen mempercepat aliran gas dengan kecepatan tinggi. Ketika aliran cairan disuntikkan di tenggorokan, yang merupakan titik kecepatan maksimum, turbulensi yang disebabkan oleh kecepatan gas yang tinggi *atomizes* cairan menjadi tetesan kecil, yang menciptakan luas permukaan yang diperlukan

untuk transfer massa untuk mengambil tempat. Semakin tinggi penurunan tekanan di venturi, semakin kecil tetesan dan semakin tinggi luas permukaan.

Untuk penghapusan simultan SO_2 dan *fly ash*, venturi *scrubber* dapat digunakan. Bahkan, banyak dari natrium berbasis sistem industri pakai yang venturi scrubber awalnya dirancang untuk menghilangkan partikulat. Unit ini sedikit dimodifikasi untuk menyuntikkan minuman keras menggosok berbasis natrium. Meskipun pengangkatan kedua partikel dan SO_2 di satu kapal bisa ekonomi, masalah penurunan tekanan tinggi dan menemukan media menggosok untuk menghapus beban berat abu terbang harus dipertimbangkan. Namun, dalam kasus di mana konsentrasi partikel rendah, seperti dari unit berbahan bakar minyak, dapat lebih efektif untuk menghilangkan partikulat dan SO_2 secara bersamaan.

b. *Scrubber* tidur kemasan

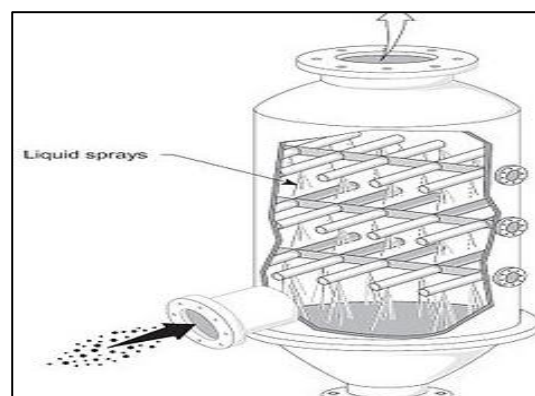
Sebuah *scrubber* tidur kemasan terdiri dari sebuah menara dengan kemasan bahan di dalam. Ini bahan kemasan bisa dalam bentuk sadel, cincin, atau beberapa bentuk yang sangat khusus dirancang untuk memaksimalkan bidang kontak antara gas kotor dan cair. Menara dikemas biasanya beroperasi pada penurunan tekanan jauh lebih rendah daripada venturi *scrubber* dan karena itu lebih murah untuk beroperasi. Mereka juga biasanya menawarkan efisiensi penyisihan yang lebih tinggi SO_2 . Kekurangannya adalah bahwa mereka memiliki kecenderungan lebih besar untuk *plug up* jika partikel-partikel yang hadir dalam kelebihan dalam aliran udara *knalpot*.

c. Menara semprot

Menara semprot memadai untuk pengumpulan partikel kasar lebih besar dari 10 sampai 25 μm diameter, meskipun dengan peningkatan tekanan *nosel inlet* cair, partikel dengan diameter 2,0 μm dapat dikumpulkan. Tetesan kecil dapat dibentuk oleh cairan tekanan tinggi di *nosel*. Koleksi efisiensi tertinggi dicapai ketika tetesan kecil diproduksi dan perbedaan antara kecepatan tetesan dan kecepatan dari partikel bergerak ke

atas tinggi. Tetesan kecil, bagaimanapun, telah menetap kecepatan kecil, sehingga ada berbagai ukuran tetesan optimal untuk *scrubber* yang bekerja dengan mekanisme ini.

Menara semprot dapat digunakan untuk penyerapan gas, tetapi mereka tidak seefektif menara tidur kemasan atau piring. Menara semprot dapat sangat efektif dalam menghilangkan polutan jika polutan sangat larut atau jika reagen kimia ditambahkan ke cairan. Sebagai contoh, menara semprot digunakan untuk menghilangkan gas HCl dari ekor gas buang di bidang manufaktur asam klorida. Dalam produksi pupuk superfosfat yang digunakan dalam manufaktur, SiF_4 dan gas HF dilepaskan dari berbagai titik dalam proses. Menara semprot telah digunakan untuk menghilangkan senyawa ini sangat larut. Menara semprot juga digunakan untuk menghilangkan bau dimakan tulang dan industri manufaktur lemak dengan menggosok gas buang dengan larutan KMnO_4 . Karena kemampuan mereka untuk menangani volume gas besar di atmosfer korosif, menara semprot juga digunakan dalam sejumlah sistem desulfurisasi gas buang sebagai tahap pertama atau kedua dalam proses Penghapusan polutan. Keuntungan utama dari menara semprot lebih dari *scrubber* lain adalah desain mereka benar-benar terbuka, mereka tidak memiliki bagian internal kecuali *nosel* semprot.



Gambar 2.6 Spray Tower

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit-III* di Unit *Polypropylene*.

3.2 Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang berhubungan objek yang diteliti, Penulis menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

a. Melakukan observasi lapangan

Metode ini dilakukan dengan cara mengamati langsung proses yang ada, cara kerja alat dan unit-unit penunjang yang digunakan dalam produksi untuk memperoleh data-data, yaitu di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit III* Plaju – Sei. Gerong pada Unit *Polypropylene*.

b. Wawancara dan tanya jawab

Metode ini dilakukan dengan cara mengajukan pertanyaan kepada pembimbing lapangan, operator produksi, dan staf produksi PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit III* Plaju – Sei. Gerong pada Unit *Polypropylene* yang berwenang memberikan informasi dan data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan/ penyusunan laporan penelitian ini.

c. Studi literatur

Teknik pengumpulan data dengan cara mempelajari buku-buku referensi catatan, dokumen serta segala sesuatu data yang ada kaitannya dengan objek yang diteliti oleh penulis. Dengan demikian penulis dapat mengetahui dengan pasti mengenai permasalahan yang ada untuk kemudian mencoba memberikan solusi pemecahannya.

3.3. Jenis-jenis Data

Jenis data berdasarkan cara memperolehnya, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer (*primary data*)

Data primer ini diperoleh dari perusahaan yang berupa spesifikasi dan nilai-nilai yang berkaitan dengan objek penelitian.

2. Data sekunder (*secondary data*)

Data sekunder ini diperoleh melalui studi literatur yang menunjang dalam pengolahan data primer. Data ini diperoleh dari buku-

buku referensi yang berkaitan dengan peralatan yang diteliti.

3.4 Metode Perhitungan

Dalam perhitungan evaluasi perhitungan ketebalan kolom C-2201, Penulis menggunakan metode perhitungan yang digunakan pada buku *Brownell and Young*.

a. Menghitung tinggi menara fraksionasi *tangent to tangent*

Menjumlahkan antara *tray spacing* dikali dengan jumlah *tray* yang ada, jarak antara *tray* teratas dengan top *tangent* dan jarak antara *tray* terbawah dan bottom *tangent*. Perhitungan tinggi menara fraksionasi *top to bottom* (tinggi menara total) dengan cara menjumlahkan dua ellips pada *top* dan *bottom* menara fraksionasi dengan tinggi menara dari *tangent to tangent*.

b. Menghitung ketebalan *shell* berdasarkan tekanan menara fraksionasi (Sumber : *Brownell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*.)

$$T = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot E - P} + C$$

Dimana :

T = tebal menara fraksionasi

D_i = *inside diameter* (inchi)

P = tekanan *design* (lb/inchi)

S = tegangan yang diizinkan (lb/inchi)

E = efisiensi *joint*

C = *corrosion allowance*

Sehingga dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas akan didapatkan praktikel *thicknes* atau ketebalan prakteknya dan *mean diameternya*, yaitu: (Sumber: *Brownell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$D_m = D_i + t$$

Dimana:

D_m = *mean diameter* (inchi)

D_i = *inside diameter* (inchi)

T = ketebalan dinding menara

c. Perhitungan ketebalan *shell* berdasarkan kecepatan angin pada bagian bawah kolom dirumuskan sebagai berikut: (Sumber : *Brownell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$t = \frac{2 \cdot p_w \cdot h}{\pi \cdot D_i \cdot S} + \frac{W}{\pi \cdot D_m \cdot S} + \frac{p \cdot D_m}{4 \cdot S}$$

Dimana:

t = tebal menara (inci)

p_w = tekanan angin (lb/ft²)

H = tinggi menara (ft)

D_i = diameter menara

D_i = diameter menara + 2 x tebal isolasi

S_w = tekanan angin (psi)

W = berat menara pada operasi (lb)

D_m = mean diameter (ft)

P = press design (psi)

Untuk mendapatkan tekanan yang disebabkan oleh kecepatan angin dipergunakan persamaan: (Sumber: *Bronwnell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$\rho_w = 0,0025 \cdot V^2$$

Dimana:

V = kecepatan angin (miles/jam)

S_w didapatkan dari persamaan sebagai berikut: (Sumber: *Bronwnell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$S_w = S \cdot E$$

Dimana:

E = efisiensi joint

d. Perhitungan berat

Bertujuan untuk mengetahui berat dari kolom itu sendiri, yaitu *silinder head* 2 buah, berat *tray*, dan *liquid* yang ada pada *tray* dengan asumsi *liquid* adalah air dengan kedalaman 3 inch, menghitung *liquid* yang ada pada *bottom* dengan *level* 7 feet, berat isolasi, menghitung berat air pada *hydrostatic test*, dan menghitung berat menara pada operasi.

Sedangkan W atau berat menara total didapatkan dari :

1. Berat silinder

$$\text{Berat silinder} = t \cdot D_m \cdot h \cdot \rho$$

Dimana:

ρ = massa jenis dari bahan silinder

2. Head 2 buah (bottom and top)

$$\text{Head 2 buah} = \frac{7}{8} \left[\frac{4}{3} \pi (r + t)^3 + \frac{4}{3} \pi r^3 \right] \cdot \rho$$

3. Tray

$$\text{Tray} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \rho \cdot n$$

Dimana:

n = jumlah tray

4. Liquid on Tray

$$\text{Liquid on Tray} = \frac{\pi}{4} \cdot D^4 \cdot n \cdot h_w \cdot \rho_w$$

Dimana:

ρ_w = massa jenis air

5. Liquid in bottom of tower (Sumber : *Bronwnell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$\text{Liquid in bottom of tower} = \left[\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h_i \cdot \rho_w \right] + \left[\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_w \right]$$

Dimana:

h_i = ketinggian level liquid pada bottom tower

6. Berat isolasi

D_i Isolasi = OD menara

$$D_m \text{ Isolasi} = \frac{(D_i \text{ Isolasi} + OD \text{ Isolasi})}{2}$$

Berat isolasi silinder = $t_{\text{isolasi}} \cdot \pi \cdot D_m \text{ isolasi} \cdot h \cdot \rho_{\text{isolasi}}$

Berat isolasi head sebanyak 2 buah:

$$= 2 \cdot \frac{7}{8} \cdot \left[\frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{OD}{2} \right)^3 - \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{DI}{2} \right)^3 \right] \rho$$

Berat total isolasi:

= Berat isolasi silinder + Berat Isolasi Head sebanyak 2 buah

7. Berat air pada hydrostatic test

$$= \left[\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot h \cdot \rho_w \right] + 2 \left[\frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho_w \right]$$

e. Menghitung tebal shell based on buckling

Tebal shell based on buckling mempunyai persamaan sebagai berikut: (Sumber : *Bronwnell, L.E and Young, E.H., "Process equipment design"*)

$$t = \frac{2 \cdot \rho_w \cdot h^2}{\pi \cdot OD_{\text{isolasi}} \cdot S_b} + \frac{W_{ht}}{\pi \cdot D_m \text{ menara} \cdot S_b}$$

Dimana:

W_{ht} = berat menara pada hydrostatic test (full of water)

$$S_b = 2 \cdot 10^6 (t_b / D)$$

$$t_b = t_{\text{desain}} - Ca$$

Sedangkan untuk menghitung tinggi menara dipakai persamaan sebagai berikut :

$h_{\text{menara}} = h_{\text{silinder}} + \text{tinggi space pada tray teratas dengan top} + \text{tinggi space pada tray terbawah dengan bottom.}$

Dimana:

$$h_{\text{silinder}} = n \times \text{tray space}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Kolom Distilasi C-2201 (Propylene Scrubber) adalah salah satu kolom yang berfungsi sebagai untuk memisahkan

propylene dan slurry fine powder dengan perbedaan *density* dan titik didihnya.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Berat Menara Pada Operasi

Komponen Menara	Hasil
Silinder	7.183,061 lb
Head (2 buah)	3.106,37 lb
Tray	1.953,798 lb
Liquid on Tray	1.172,279 lb
Liquid in Bottom of Tower	1.462,852 lb
Isolation	834,03 lb
Total	15.712,390 lb

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Berat Menara Pada Hydrostatic Test

Komponen Menara	Hasil
Silinder	7.183,061 lb
Head (2 buah)	3.106,37 lb
Tray	1.953,798 lb
Isolation	834,03 lb
Water	18.029, 834 lb
Total	31.107,093 lb

Dari data-data tersebut dilakukan perhitungan lanjutan dan dihasilkan hasil sebagai berikut:

$Inside\ diameter = 900\ mm = 2,95\ ft$

$Dm_{menara} = 3,002\ ft$

$t_{menara} = 0,5261\ inch$

$ID_{isolasi} = 3,05\ ft$

$OD_{isolasi} = 3,38\ ft$

$DM_{isolasi} = 3,215\ ft$

4.2. Pembahasan

4.2.1 Joint Efficiency

Dari data hasil yang diperoleh, maka perhitungan penyusun ketebalan dinding menara, yaitu: 12,70 mm atau 0,5261 inch. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan penggunaan *efficiency joint* pada *design* digunakan *efficiency joint* sebesar 80-100%, sedangkan Penulis menggunakan *joint efficiency* sebesar 85% menurut Howard F Rase dan M.H. Barrow dalam Buku *Project Enginnering of Process plants* halaman 199 bahwa *efficiency joint* berkisar 50-95%.

4.2.2 Corrosion Allowance

Penambahan *corrosion allowance* sangat berpengaruh karena sebagai acuan koreksi untuk menjaga agar ketebalan dinding menara stabil, meskipun ada potensi pengikisan tebal dinding akibat korosi. Nilai *corrosion allowance* di dinding menara berdasarkan data design yaitu 0,0 mm atau 0 inch. Jadi, dapat dikatakan bahwa hasil perhitungan penelitian ini tidak terjadi penambahan *corrosion allowance* pada dinding menara.

4.2.3 Berat Komponen Menara

Dalam perhitungan ini dilakukan perhitungan-perhitungan berat seperti isolasi, berat menara, tebal *shell (based on internal press)*, *mean diameter* berdasarkan *practical thickness*, berat silinder, berat 2 head (*bottom and top*), berat tray, berat *liquid on tray*, berat *liquid in bottom of tower*, berat isolasi, berat total isolasi, berat air pada *hydrostatic test*. Komponen berat menara tersebut sangat mempengaruhi berat total menara. Menara semakin berat maka akan semakin stabil menara tersebut dari pengaruh tekanan baik dari dalam (*internal*) maupun pengaruh tekanan dari luar (*external*).

4.2.4 Perhitungan Tebal Menara

Hasil perhitungan tebal menara:

1. Tebal menara berdasarkan *internal press* = 0,5261 inch
2. Tebal menara berdasarkan *windward stress* = 0,1037 inch
3. Tebal menara berdasarkan *based on buckling* = 0,1170 inch

Dari hasil perhitungan ternyata ketebalan berdasarkan *internal press* merupakan ketebalan yang ideal atau sesuai dengan standar desigannya yaitu mendekati ketebalan yang direkomendasikan sebesar 5/8 inch. sehingga nilai ketebalannya sudah bisa mengantisipasi ketebalan dari faktor *windward stress* maupun *based on buckling*. Jika nilai ketebalan di atas ditambahkan (0,7468), maka ketebalan akan melampaui ketebalan *design* maksimum 5/8 inch, disamping itu harga menjadi mahal (tidak ekonomis).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sesuai prinsip perhitungan menara fraksionasi C-2201 yang ada di unit polimerisasi, diperoleh ketebalan menara berdasarkan *internal press* sebesar 0,5261 inch vs tebal menara menurut *design* 5/8 inch (0,6251 inch *max*).
2. Faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi ketebalan di kolom C- 2201, yaitu kecepatan angin, *corrosion allowance* dan bahan material yang digunakan.
3. Bila hasil perhitungan tebal menara menurut *internal press*, *windward stress* dan *based buckling* di jumlahkan maka tebal menara menjadi: 0,5261 inch + 0,1037 inch + 0, 1170 inch = 0,7468 inch.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat menjaga ketebalan plat menara dengan cara pemeliharaan isolasi agar panas yang keluar dapat diminimalisir.
2. Diharapkan kilang *polypropylene* dapat lebih memperhatikan kebersihan dan faktor K3 (keselamatan dan kesehatan kerja) di lingkungan pabrik. Contoh seperti halnya pemakaian pelindung telinga dari kebisingan (*ear plug*)

DAFTAR PUSTAKA

Mardiah; Rifan Fatoni. 2016. *Adsorpsi Logam Cu (II) dan Fe (II) Menggunakan Kertas Koran Bekas*. Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 2 (Desember 2016) 89 - 94.

Yoan Theasy,dkk. 2016. *Adsorpsi Limbah Pewarna Tekstil Menggunakan Karbon Dari Kertas Koran*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXX HFI Jateng & DIY, Salatiga 28 Mei 2016,ISSN : 0853-0823

Widjajanti, Endang, dkk. 2011. *Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga*, Prosiding Seminar Nasional

Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA,
Fakultas MIPA, Universitas Negeri
Yogyakarta, 14 Mei 2011.

