



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Uraian Tugas Khusus

IX.1.1 Absorpsi

Absorpsi adalah 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 (pada absorpsi kimia).

IX.1.2 Prinsip Dasar Scrubber

Scrubber adalah salah satu peralatan pokok yang mengontrol emisi gas, terutama gas asam. Wet scrubber adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan variasi alat yang menggunakan liquid untuk membuang polutan. Pada wet scrubber, arus gas kotor dibawa menuju kontak dengan liquid pencuci dengan cara menyemprotkan, mengalirkannya atau dengan metode kontak lainnya. Tentu saja desain dari alat kontrol polusi udara (termasuk wet scrubber) tergantung pada kondisi proses industri dan sifat alami polutan udara yang bersangkutan.

Scrubber dapat didesain untuk mengumpulkan polutan partikel dan /atau gas. Wet scrubber membuang partikel dengan cara menangkapnya dalam tetesan atau butiran liquid. Sedangkan untuk polutan gas proses wet scrubber adalah melarutkan atau menyerap polutan ke dalam liquid. Adapun butiran liquid yang masih terdapat dalam arus gas pasca pencucian selanjutnya harus dipisahkan dari gas bersih dengan alat lain yang disebut mist separator. Wet scrubber yang membuang polutan gas disebut absorber. Kontak gas liquid yang baik sangat penting untuk menghasilkan efisiensi pembuangan yang tinggi pada absorber. Sejumlah desain wet scrubber digunakan untuk membuang polutan gas, dengan packed tower dan plate tower menjadi yang umum digunakan.

Wet scrubber dapat memperoleh efisiensi pembuangan yang tinggi untuk polutan partikel atau gas, bahkan pada contoh tertentu, dapat memperoleh efisiensi pembuangan yang tinggi untuk kedua polutan pada sistem yang sama. Bagaimanapun juga, di kebanyakan kasus, kondisi operasi terbaik untuk



pembuangan partikel adalah yang terburuk bagi pembuangan gas. Secara umum, menghasilkan efisiensi pembuangan partikel dan gas tinggi bersamaan membutuhkan sifat salah satu polutan mudah untuk dibuang (gas yang sangat larut dalam liquid atau partikel yang cukup besar dan mudah tertangkap).

Sebagai alat pengendali partikel, wet scrubber (disebut juga wet collector) dinilai performanya terhadap fabric filter dan electrostatic precipitator (ESPs). Beberapa keunggulan wet scrubber dibandingkan alat-alat tersebut adalah :

- Wet scrubber memiliki kemampuan untuk mengatasi temperatur dan kelembapan tinggi
- Pada wet scrubber, flue gas didinginkan, menghasilkan kebutuhan ukuran peralatan yang lebih kecil secara keseluruhan
- Wet scrubber dapat membuang baik polutan gas maupun partikel padat.
- Wet scrubber dapat menetralkan gas yang korosif.

Beberapa kelemahan wet scrubber adalah korosi , kebutuhan akan mist removal untuk menghasilkan efisiensi tinggi,dan kebutuhan akan treatment atau penggunaan kembali liquid pencuci. Tabel 2. merangkum keunggulan dan kelemahan tersebut. Wet scrubber telah digunakan di berbagai macam industri seperti acid plants, fertilizer plants, steel mills, asphalt plants, dan power plants skala besar.

IX.1.3 Data dan Hasil Perhitungan *Scrubber* T-2341

Tabel IX.1 Data Desain *Scrubber* T-2341

Diketahui		Satuan
Mass Flow Gass	2.85	ton/jam
Persen Massa SiF ₄ pada Gas Masuk	0.00400%	
Persen Massa H ₂ O pada Gas Masuk	99.99600%	
Temperatur Operasi	60	C
Massa Jenis SiF ₄	4.45	kg/m ³
Massa Jenis Uap H ₂ O	0.6	kg/m ³
Viskositas Gas SiF ₄	0.0001807	kg/m s
Viskositas Gas H ₂ O	0.000819	kg/m s



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT. PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI IIIA



**PETROKIMIA
GRESIK**
Solusi Agroindustri

Diameter Kolom	2.42	m
Flow Of Liquid	0.0583	m ³ /s
Bukaan	100%	
Kapasitas Pompa	0.0583	m ³ /s
Diameter Pipa	0.15	m
Efisiensi	99,81	%



Tabel IX.2 Data Aktual *Scrubber* T-2341 Tanggal 11 Januari 2023

T-2341							
Inlet				Outlet			
Liquid Masuk				Liquid Keluar			
L-8 scrubing water (P.2342)	=	20,07	T/h	P.2341	=	13,8962	T/h
Density	=	1,03	T/m ³	Density	=	1,06	T/m ³
Persentase Fluor	=	4,28%	%	Persentase Fluor	=	4,28	%
Fluor P.2342	=	0,8598	T/h	Fluor P.2341	=	1,0686	T/h
L-6 scrubing water (P.2341)	=	1,2138	T/h	L-6 scrubing water	=	1,2138	T/h
Density	=	1,06	T/m ³	Kandungan Fluor	=	0,0933	T/h
Persentase Fluor	=	7,69%	%	Persentase Fluor	=	7,69	%
Fluor P.2341	=	0,0933	T/h	L-9 scrubing water	=	12,6824	T/h
				Kandungan Fluor	=	0,9752	T/h
				Persentase Fluor	=	7,69	%
Gas Masuk				Gas Keluar			
Gass no 1	=	36,3385	T/h	Gas no 2	=	43,7261	T/h
Persentase Fluor	=	0,369%	%	Kandungan Fluor	=	0,01887	T/h
Berat Fluorine	=	0,1341	T/h				
Total Massa Masuk	=	57,6223	T/H	Total Massa Keluar	=	57,6223	
Total Fluorin Masuk	=	1,0872	T/H	Total Fluorin Keluar	=	1,0872	



**LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT. PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI IIIA**



EFFICIENCY T- 2341	=	85.92%
-----------------------	---	--------



IX.1.4 Data dan Hasil Perhitungan Scrubber T-2342

Tabel IX.3 Data Desain *Scrubber* T-2342

Diketahui		Satuan
Mass Flow Gass	2.85	ton/jam
Persen Massa SiF ₄ pada Gas Masuk	0.00400%	
Persen Massa H ₂ O pada Gas Masuk	99.99600%	
Temperatur Operasi	60	C
Massa Jenis SiF ₄	4.45	kg/m ³
Massa Jenis Uap H ₂ O	0.6	kg/m ³
Viskositas Gas SiF ₄	0.0001807	kg/m s
Viskositas Gas H ₂ O	0.000819	kg/m s
Diameter Kolom	2.42	m
Tinggi Kolom	18	m
Flow Of Liquid	0.0583	m ³ /s
Bukaan	100%	
Kapasitas Pompa	0.0583	m ³ /s
Diameter Pipa	0.15	m
Effisiensi	81.09090909	%



Tabel IX.4 Data Aktual *Scrubber* T-2342 Tanggal 11 Januari 2023

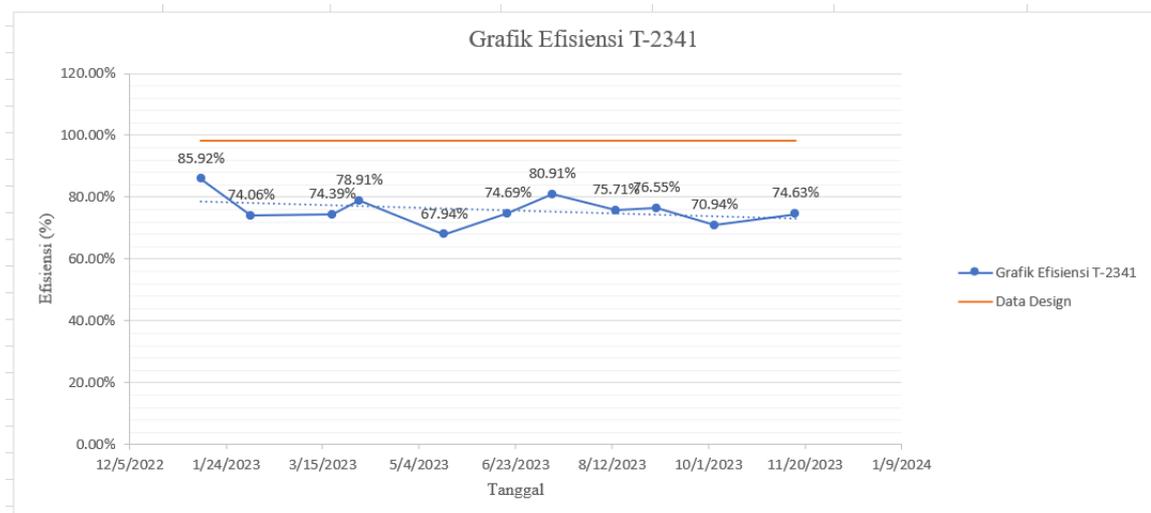
		T-2342			
Inlet				Outlet	
L-P.2347	=	28.8	T/h		
Persentase Fluor	=	2.915%	%		
Fluor P.2374	=	0.839639933	T/h		
L-7 scrubing water (P.2342A/B)	=	189.9299705	T/h	P.2342A/B	= 210 T/h
Density	=	1.030	T/m ³	Density	= 1.030 T/m ³
Persentase Fluor	=	4.28%	%	Persentase Fluor	= 4.28% %
Fluor P.2342 AB	=	8.13622	T/h	Fluor P.2342	= 8.988000 T/h
Gas no 2	=	43.73	T/h	L-7 Scrubbing water	= 189.9299705 T/h
Persentase Fluor	=	0.0431684%	%	Kandungan Fluor	= 8.136220075 T/h
Berat Fluorine	=	0.018876	T/h	Persentase Fluor	= 4.28% %
Gas no 3	=	17.49	T/h	L-8 Scrubbing water	= 20.07002954 T/h
Persentase Fluor	=	0.0061332%	%	Kandungan Fluor	= 0.859759925 T/h
Berat Fluorine	=	0.0010727218	T/h	Persentase Fluor	= 4.28% %
Gas no 4	=	8.7452	T/h		
Persentase Fluor	=	0.003833239%	%	Gas Keluar	
Berat Fluorine	=	0.000335226	T/h	Gas no 5	= 78.69 T/h
Total Fluorine Gas	=	0.02028		Kandungan Fluor	= 0.00016 T/h
Total Massa Masuk	=	288.69			
Total Fluorin Masuk	=	8.99614		Total Massa Keluar	= 288.69 T/h



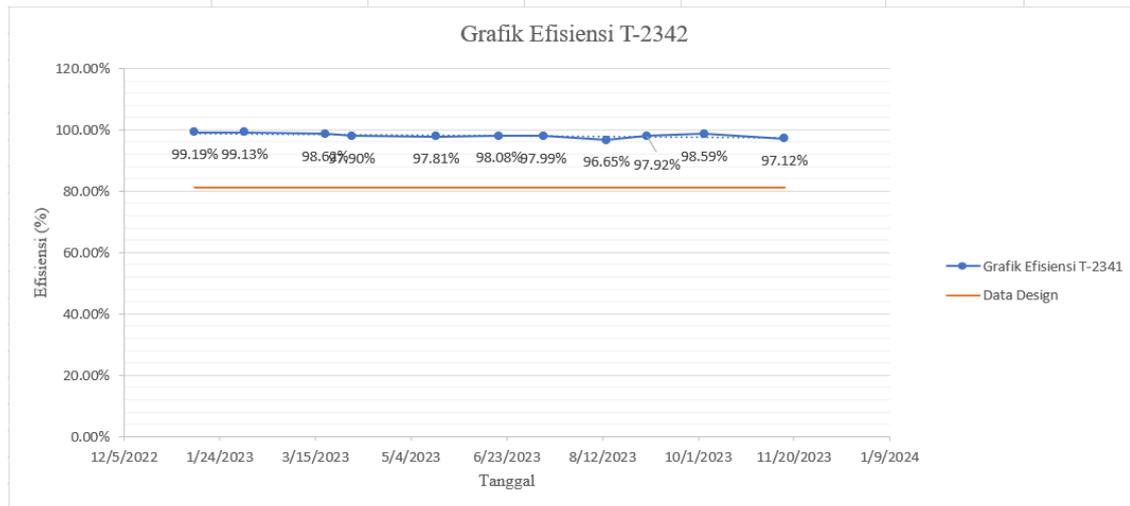
EFFICIENCY T-2342	Total Fluorin Keluar 99.19%	=	8.9882 T/h
-------------------	--------------------------------	---	------------

IX.1.5 Pembahasan Scrubber T-2341 dan T-2342

Scrubber merupakan salah satu peralatan pokok yang mengontrol emisi gas, terutama gas asam. Exhaust gas yang keluar dari digester, mengandung kadar fluorine jauh lebih banyak dari gas-gas yang lain. Maka pre-treatment untuk gas yang keluar dari digester tersebut diperlukan dan diperhatikan. Fluorine diserap didalam fume scrubber T-2341 dan T-2342, kemudian disirkulasikan ke unit fluorine recovery. Kenyataan gas yang mengandung fluorine yang tinggi akan mudah terserap oleh air, exhaust gas yang keluar dari digester tersebut dan akan bergabung dengan gas yang lain yang keluar dari fume scrubber No. 1 (T-2341). Untuk mendapatkan gas buang (waste gas) dengan kadar fluorine yang ditentukan, maka fungsi fume scrubber No. 2 (T-2342) harus benar-benar efisien. Scrubber jenis ini bertipe spray oleh recycle water dari fume scrubber No. 1 (T-2341). Berdasarkan desain. Efisiensi fume scrubber T-2341 dan T-2342 secara desain berurutan didapatkan dari perhitungan desain sebesar 98,42% dan 81,09%.



Gambar IX.1 Grafik Efisiensi Fume scrubber T-2341



Gambar IX.2 Grafik Efisiensi *Fume scrubber* T-2342

Perhitungan evaluasi scrubber berdasarkan data densitas yang telah dikumpulkan. Menurut Permanadewi, 2021, densitas berbanding lurus dengan konsentrasi. Semakin besar nilai densitas, maka kerapatan didalam suatu molekul semakin tinggi. Dari data yang telah dikumpulkan, konsentrasi larutan yang masuk lebih rendah daripada larutan keluar.

Pembahasan performa *fume scrubber* ini akan membandingkan antara data design dengan data actual selama 11 bulan. Dari perhitungan actual, terjadi penurunan performa scrubber pada T-2341. Data design efisiensi pada T-2341 sebesar 99,81% sedangkan data actual rata-rata selama 11 bulan sebesar 74,98%. Data design efisiensi pada T-2342 sebesar 81,09% sedangkan data actual rata-rata selama 11 bulan sebesar 98,12%. Secara design pada scrubber T-2341, gas yang masuk sebesar 30,000 m³/hr atau 36 ton. Kemudian dilakukan proses scrubbing dan gas yang keluar pada T-2341 sebesar 30,000 m³/hr atau sekitar 36 ton. Exhaust gas 2 lalu dialirkan menuju T-2342. Scrubber T-2342 menerima gas dari exhaust gas 2, exhaust gas 3, exhaust gas 4, berturut-turut sebesar 30,000 m³/hr, 12,000 m³/hr, dan 6,000 m³/hr atau 36 ton, 14,4 ton, dan 7,2. Sementara itu gas atau exhaust gas 5 yang keluar sebesar 48,000 m³/hr atau 57,6 ton. Total fluorine yang masuk kedalam scrubber T-2342 sebesar 0,0003135 ton dan keluar sebesar 0,00025442 ton. Didapatkan penyerapan fluorine dari data design sebesar 81,0909%. Sementara itu, data aktual pada tanggal 11 Januari 2023 menunjukkan total gas fluorine yang



masuk sebesar 0,0202838 ton dan keluar sebesar 0,00016382 ton. Dari data tersebut didapatkan penyerapan scrubber T-2342 sebesar 99,19%. Besarnya jumlah gas fluorine yang diserap menyebabkan besarnya efisiensi yang dimiliki oleh scrubber T-2342 sehingga melebihi data design. Pada efisiensi design, jumlah fluorine yang masuk sebesar 0,0003135 ton dan keluar sebesar 0,00025442 ton. Sementara pada data aktual gas yang masuk sebesar 0,0202838 ton dan keluar sebesar 0,00016382 ton. Jika dibandingkan data design dan aktual, terjadi peningkatan jumlah gas masuk sebesar 64 kali lebih besar daripada data design. Namun, gas fluorine yang keluar pada data design lebih banyak, sedangkan data aktual lebih kecil. Hal ini yang menyebabkan tingginya efisiensi pada scrubber T-2342.

Secara umum, fluorine yang *ter-recovery* dapat ditinjau dari konsentrasi fluorine pada bahan baku dan produk yakni gypsum dan asam fosfat. Tercatat pada bulan Januari fluorine yang *ter-recovery* sebesar 12% atau 0,1355 ton dibandingkan bulan-bulan setelahnya. Pada bulan tersebut, fluorine yang terikat pada produk asam fosfat paling rendah dibawah rata sebesar 0.0239 ton. Sementara pada *gypsum* sebesar 0.99 ton dan bahan baku sebesar 1.15 ton. Sementara itu, pada bulan mei jumlah fluorine yang *ter-recovery* sangat sedikit, yakni sebesar 5% atau 0,0457 ton. Jumlah ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi fluorine pada produk fosfat sebesar 0,0738 ton. Bulan Januari merupakan jumlah terbanyak fluorine yang dapat terserap sedangkan pada bulan Mei, jumlah fluorine yang terserap sangat sedikit.

Evaluasi scrubber tidak dapat dilepaskan dari pengaruh konsentrasi liquid dan gas yang masuk dengan yang keluar. Pada *scrubber* T-2342 bulan Januari, liquid masuk memiliki konsentrasi 4,28% sedangkan yang keluar 7,69%. Jumlah fluorine pada gas masuk sebesar 0,1341 ton dan keluar sebesar 0,01887 ton. Pada bulan mei, liquid masuk memiliki konsentrasi 19,6% sedangkan yang keluar 20,17%. Jumlah fluorine pada gas masuk sebesar 0,0452 ton dan keluar sebesar 0,0145 ton. Pada scrubber T-2342 bulan Januari jumlah gas yang masuk 0,020283 ton dan keluar 0,0001638 ton. Sementara pada bulan Mei jumlah gas yang masuk 0,014975 ton dan keluar 0,00032765 ton. Dari data tersebut menunjukkan konsentrasi liquid yang keluar lebih besar daripada yang masuk. Proses ini disebut sebagai pemekatan. Pemekatan terjadi karena liquid masuk menyerap gas fluorine



sehingga jumlah fluorine pada liquid mengalami peningkatan (Hanif, 2016). Semakin banyak jumlah gas fluorine yang terserap pada liquid, maka semakin tinggi juga efisiensi alat scrubber.

Rata-rata efisiensi scrubber T-2341 yakni 75,88%, jauh dibawah efisiensi design sebesar 98,42%. Terdapat beberapa penyebab terjadinya hal itu. Beberapa factor yang mempengaruhi efisiensi antara lain seperti densitas, scalling pada sprayer, dan konsentrasi fluorine. Peningkatan densitas mempengaruhi peningkatan konsentrasi pada fluorine. Kemudian, scalling pada spray mempengaruhi air yang disemprotkan ke dalam *scrubber*. Semakin banyak *scalling* yang ada, maka air yang disemprotkan menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan proses absorpsi menjadi menurun dan gas fluorine yang terbuang dari *scrubber* menjadi pekat. Dalam 1 bulan terjadi 3 kali cleaning atau pembersihan *sprayer*. Menurut Mach, 2020, dalam artikelnya menjelaskan *wet scrubber* umumnya dibersihkan seminggu sekali, tetapi pada kondisi tertentu dengan kepadatan gas dan debu tinggi dilakukan pembersihan harian. Disisi lain pengecekan *sprayer* buntu dapat diketahui dari suhu di tiap line atau pipa yang mengandung liquid. Line yang tidak tersumbat memiliki suhu sekitar 40-45C, sedangkan line yang buntu memiliki suhu lebih dingin, berkisar 20-30C.

Sementara itu, efisiensi scrubber T-2342 memiliki rata-rata efisiensi sebesar 98,09% dengan efisiensi design sebesar 81,06%. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain sebagai berikut. Pertama yakni optimasi kontrol. Optimasi kontrol proses mempengaruhi peningkatan efisiensi scrubber. Optimasi kontrol proses adalah upaya untuk meningkatkan kinerja suatu sistem atau proses dengan merancang atau mengatur pengendalian secara optimal. Tujuannya adalah untuk mencapai target operasional, mengoptimalkan efisiensi, mengurangi konsumsi energi, dan memastikan bahwa proses berjalan sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan seperti strategi kontrol dapat dioptimalkan pada tingkat operasi harian atau bahkan jangka panjang. Hal ini melibatkan perencanaan jangka panjang untuk perawatan atau peningkatan kapasitas (Raj-Mohan, 2002). Selain itu, menurut Meikap dkk. (2004) Scrubber dapat mencapai efisiensi 95% hingga 99% untuk partikel berukuran mulai dari 0,1 μm hingga 100 μm dalam scrubber *bubble colom*



multistage yang dimodifikasi. Oleh karena itu, *scrubber spray colom* dan *bubble colom multistage* lebih baik membersihkan partikel dari limbah. Menurut Raj Mohan dkk. (2002) partikel yang lebih kecil dari 1 μm sulit dihilangkan menggunakan kolom semprotan sederhana. Scrubber basah modern bertujuan untuk menghilangkan 100% partikel, termasuk partikel pada tingkat submikrometer. Pollock dkk. (1966) menjelaskan efisiensi scrubber pada gas SO_2 dan penghilangan abu terbang secara simultan di pembangkit listrik tenaga batubara memiliki efisiensi penyerapan fly ash sebesar 98% dan penghilangan SO_2 secara keseluruhan sebesar 91% (Bandyopadhyay dan Biswas., 2007 ;Díaz-Somoano dkk., 2007)

Sementara itu, kerusakan line dan persentase volume liquid pada scrubber juga mempengaruhi efisiensi. Line 8 atau masuk pipa scrubber T-2341 pernah mengalami kerusakan yang menurunkan performa scrubber. Kerusakan tersebut disebabkan pipa HDPE (*High Density Polythene*) sobek karena pengelasan yang kurang sempurna saat terjadi kebocoran. Dampak dari sobekan tersebut menyebabkan gas fluorine yang terbuang ke lingkungan semakin pekat dan menimbulkan bau tak sedap. Sementara itu, Volume liquid didalam scrubber harus tetap dijaga antara kisaran 20-30% dari volume total. Akan tetapi, terdapat kasus ketika volume liquid diatas 70%. Hal ini menyebabkan penyumbatan pada gas masuk scrubber. Terhambatnya gas masuk membuat reactor digester berasap karena vakum atau alat penyedot gas digester tidak mampu mengalirkan gas menuju scrubber sehingga menyebabkan penumpukan gas. Reactor yang berasap membuat lingkungan sekitar menjadi bau dan dapat menyebabkan keracunan bagi karyawan.

Peningkatan efisiensi *scrubber* dapat dilakukan dengan berbagai cara yakni melakukan penyaringan gas masuk. Kemudian melakukan pemeliharaan secara teratur dan tepat waktu. Selain itu, juga dapat dilakukan dengan mengubah dimensi inlet dan mengoptimalkan rasio yang sesuai. Dimensi inlet mengacu pada ukuran atau dimensi bagian masuk dari scrubber, yang mencakup lebar dan tinggi inlet. Dimensi ini mempengaruhi pola aliran dan distribusi tekanan dalam scrubber, serta dapat diubah untuk mengoptimalkan efisiensi scrubber. Untuk mengoptimalkan



rasio yang sesuai, dapat dilakukan dengan mempertimbangkan variasi lebar dan tinggi inlet dari scrubber, dengan mempertahankan rasio optimum antara 0,5 hingga 0,7 . Selain itu, juga dapat memanfaatkan metode analisis numerik, seperti simulasi menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent, untuk mempelajari pola aliran dan distribusi tekanan statis dalam scrubber. Dengan demikian, dapat ditemukan dimensi inlet yang optimal untuk meningkatkan efisiensi scrubber (Devadassan, 2012).