



PERANCANGAN TERMODINAMIKA *SCRUBBER* KAPASITAS 1.1 MMSCFD KOMPRESI GAS ALAM DENGAN METODE *SOUDERS-BROWN*

Yohan^{1,2}, Fifit Astuti², Sri Hartati²

¹ Universitas Padjadjaran, ² Universitas Pamulang,

E-mail : dosen01358@unpam.ac.id

Masuk : 21 Juli 2023

Direvisi : 26 Agustus 2023

Disetujui : 24 September 2023

Abstrak: Scrubber merupakan alat pemisahan yang digunakan untuk memisahkan partikel atau molekul yang diinginkan melalui parameter termodinamika sehingga meningkatkan kualitas gas. Gas alam di daerah karawang dan cikarang berpotensi mengandung jumlah air yang diambang batas sehingga perlu proses pemisahan dengan scrubber gas alam dengan sesuai nilai ISO 15403.1:2006 yang pada dasarnya memiliki kadar air gas di karawang – cikarang berkisar >5 lb/MMft³, nilai tersebut termasuk dalam tidak ekonomis. Gas alam juga harus bebas dari partikulat > 10 μ m. pada penelitian ini dilakukan simulasi pemisahan gas dan air menggunakan persamaan souders-Brown dengan sampel densitas gas di salah satu sumber gas cikarang yaitu 12,5 – 15 kg/m³ dan didapatkan nilai terbaik untuk densitas gas adalah 14-15 kg/m³ untuk menghasilkan droplet pada separator > 100 mikron dengan mist demister material terbuat dari polipropilen dan penurunan tekanan < 900 kPa pada nilai vertikal separator 0,02 sampai 0,05 dengan volume 0,503 m³. Hasil penelitian tersebut memberikan nilai densitas acuan pada konstruksi material dan desain scrubber pada kapasitas 1,1 MMSCFD.

Kata kunci : Gas alam, Scrubber, gas-air, demister.

Abstract: Scrubber is a separation tool used to separate desired particles or molecules using thermodynamic parameters so as to improve gas quality. Natural gas in the Karawang and Cikarang areas has the potential to contain borderline amounts of water so it requires a separation process with a natural gas scrubber in accordance with the ISO 15403.1:2006 value which basically has a gas water content in the Karawang - Cikarang range of >5 lb/MMft³, this value is included in uneconomical. Natural gas must also be free from particulates > 10 μ m. In this research, a simulation of the separation of gas and water was carried out using the Souders-Brown equation with a sample of gas density in one of the Cikarang gas sources, namely 12.5 – 15 kg/m³ and the best value for gas density was obtained. is 14-15 kg/m³ to produce droplets on the separator > 100 microns with mist demister material made of polypropylene and a pressure drop of < 900 kPa at a vertical value of 0.02 to 0.05 separator with a volume of 0.503 m³. The results of this research provide reference density values for material construction and scrubber design at a capacity of 1.1 MMSCFD.

Keywords: Natural gases, , scrubber, water-gases, demister.

PENDAHULUAN

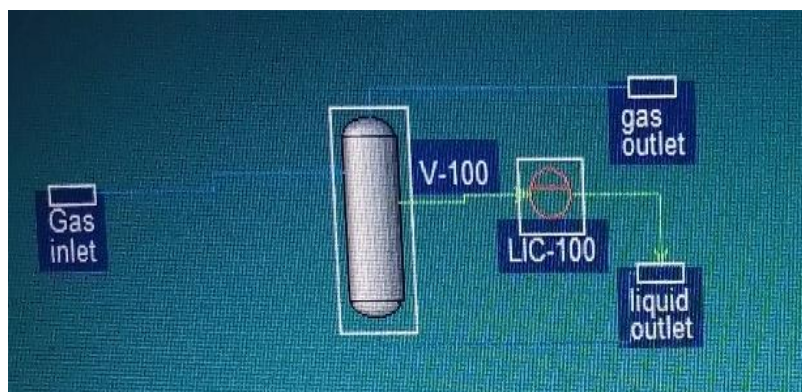
Gas liquid separator memiliki fungsi yang sangat berperan penting dalam industri gas baik kualitas maupun kuantitas. Terdapat dua metode untuk merancang separator gas-liquid : 1. Teori ukuran droplet, 2. Souders-Brown. Pada umumnya persamaan Souders-Brown telah banyak digunakan dikarenakan memberikan hasil yang lebih rasional dan mudah diaplikasikan, namun memiliki beberapa kekurangan dalam kinerja kuantifikasi separator[1]. Pada teori ukuran droplet memberikan informasi mengenai kinerja kuantifikasi separator yang lebih akurasi. Teori

Souders-Brown memiliki keterbatasan dan hanya dalam konteks penentuan ukuran droplet namun tidak dapat mengkuantitaskan jumlah droplet yang menjadi liquid yang terdapat dalam gas. Dalam aplikasinya persamaan Souder-Brown dalam pemisahan gas dan liquid memberikan diagram, korelasi yang mudah dan table estimasi Souders-Brown, dimana K_s disebut parameter ukuran yang dibandingkan antara scrubber vertical dan horizontal.

Beberapa penelitian mengenai pemisahan gas dilakukan oleh Sainath, dkk pada tahun 2021 menggunakan serat hollow yang dilapisi dengan nano fiber untuk implementasi gas campuran metana dengan karbon dioksida [2]. Perlu dipahami bahwa laju alir gas melalui separator, dapat digunakan parameter K_s untuk menentukan kecepatan gas yang diijinkan melalui separator dan juga untuk menentukan ukuran diameter separator. Nilai K_s juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran mist ekstraktor di dalam separator. Separator gravitasi gas memiliki dua fungsi yaitu 1. Mengurangi beban liquid yang masuk tidak dihilangkan perangkat inlet, 2. Meningkatkan /mengarahkan kecepatan gas. Desain parameter K_s , dalam persamaan Souder-Brown merupakan parameter empiris dan merupakan factor kunci untuk menentukan ukuran diameter vessel pada separator. Nilai tersebut tergantung pada faktor yaitu tekanan, sifat fluida, geometri separator, kestabilan aliran, kinerja dan perangkat inlet, jumlah gas dan liquid, mist ekstraktor. Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan simulasi penentuan sifat termodinamika pada separator dengan volume 0,502 m³ dengan menggunakan demister terbuat dari polipropilene dengan geometri acak.

METODOLOGI

2.1. Desain Perancangan desitas fluida dan vessel scrubber digunakan software HYSYS.



Gambar 1. Desain Perancangan Fluida dan *Vessel Scrubber* menggunakan HYSYS.

		Material Stream		
		Gas inlet	Gas outlet	Liquid outlet
Fraksi vapour		0,9320	1	0
Temperatur	C	25	22,27	23,93
Tekanan	kPa	1600	1100	1400
Aliran Molar	Kgmole/h	$2,498 \times 10^4$	$2,329 \times 10^4$	1697
Aliran massa	Kg/h	$5,006 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$3,069 \times 10^4$
Aliran volume liquid	m ³ /h	1300	1269	30,66
Aliran panas	kJ/h	$-2,640 \times 10^9$	$-2,155 \times 10^9$	$-4,845 \times 10^8$

Data tabel diatas merupakan data yang dimunculkan Hysys dengan komposisi gas alam (metana 82,92 % mol) dengan kapasitas produksi 1,1 MMSCFD pada suatu perusahaan gas alam.

2.2. Simulasi Persamaan Souders – Brown

Simulasi persamaan Sounder Brown melibatkan parameter laju alir uap melalui scrubber pada kondisi beban penuh. Persamaan Souders-Brown adalah :

$$V = K. A. \rho. \Delta P$$

Persamaan Souders-Brown digunakan untuk memperkirakan penurunan tekanan pada kolom scrubber. Ini memberikan korelasi empiris untuk menentukan kecepatan flooding, yang merupakan kecepatan fase uap di mana pengepakan atau baki dalam kolom dibanjiri cairan.

Persamaan Souders-Brown diberikan oleh:

$$V_{flooding} = K \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

Dimana :

- $V_{flooding}$: Kecepatan flooding
- K : Konstanta dengan nilai rentang 0.15 – 0.6
- ΔP : Penuruan tekanan per tinggi kolom
- ρ : Densitas Gas

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai Ks pada Scrubber

Dalam desain separator terdapat rentang nilai Ks untuk vertikel dan horizontal untuk pemisahan gas dan liquid berdasarkan Tabel API 12J.

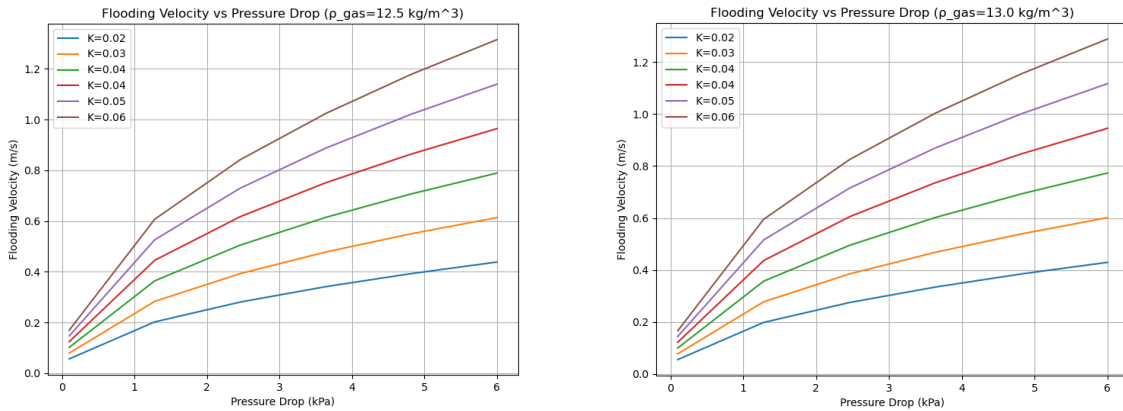
No	Tipe	Tinggi (m)	Rentang Ks (ft/s)	Rentang Ks (m/s)
1.	Vertikal	1,52	0,12 – 0,24	0,37 -0,073
		3,05	0,18 – 0,35	0,055 – 0,107
2.	Horizontal	9,18	0,4 – 0,50	0,122 – 0,152
			0,4 -0,5 (L/10) ^{0,56}	0,122 – 0,152 (L/3.05) ^{0,56}

Pada nilai Tabel API 2J tersebut nilai maksimum kecepatan yang diijinkan pada nilai tersebut pada umumnya menggunakan mist ekstraktor. Pada laju ini diijinkan droplet lebih besar dari 10 mikron pada kondisi gas stabil. Ukuran droplet pada separator memberikan nilai penting dalam pemisahan antara gas dan liquid, jika ukuran droplet sangat kecil dispersi bersifat stabil dan untuk efektifitas separator proses koalensi harus diaplikasikan. Stabilitas emulsi tergantung pada komposisi kimia. Pada percobaan ini separator diberikan media fiber untuk pemisahan gas dan liquid [3]. Jenis medium pada fiber juga mempengaruhi, beberapa jenis fiber salah satunya adalah media lembaran berserat. Lembaran serat memiliki internal pori yang berbeda ukuran, Ketika gas melalui serat maka droplet yang lebih kecil dijerap oleh serat . medium batas harus lebih tipis dari pada medium dalam hal ini tergantung pada laju alir gas dan sifat gas [4]. Serat submikro meningkatkan luas permukaan untuk menjerap droplet dikarenakan diameter serat sangat kecil dan gas berintraksi dengan mengelilingi serat dan kemudian meningkatkan penurunan tekanan. Beberapa geometri telah ditelusuri oleh shagupta dkk, pada tahun 2013 menggunakan serat polipropilen sebagai filter dengan beberapa jenis geometri. Pada geometri 45 ° ditemukan indeks

filtrasi yang maksimal. Pada geometri 45 ° indeks filtrasi meningkat 4,3kali dari geometri dasar dengan menggunakan bahan dasar nilon dan teflon [5].

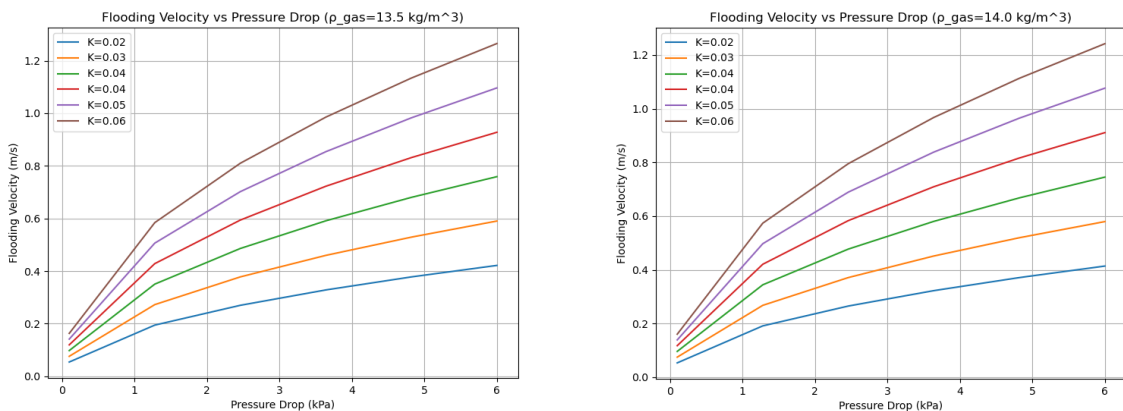
3.2 Pengaruh Densitas gas terhadap nilai kecepatan flooding pada Scrubber

Pengaruh densitas gas alam terhadap nilai kecepatan flooding pada kapasitas 1,1 MMSCFD dibutuhkan untuk mendapatkan titik embun pada opsional scrubber pada kondisi temperature 25 °C. Pengaruh densitas gas alam ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. .Grafik nilai kecepatan *flooding* terhadap *pressure drop* pada scrubber pada densitas gas 12.5-13 kg/m³

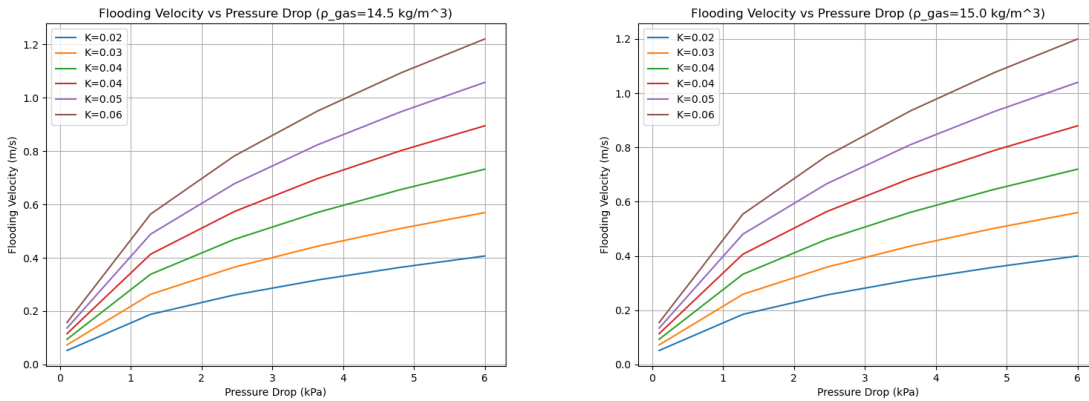
Pada Gambar 2. Pada nilai K flooding mempengaruhi nilai ukuran droplet dan tekanan operasi pemisahan pada gravitasi gas. Untuk scrubber konvensional diameter target pemisahan adalah 150 mikron, dan untuk scrubber target ukuran droplet tidak lebih dari 500 mikron [1]. Pada densitas gas 12, 5 kg/m³ dan 13 kg/m³ dengan scrubber vertikal nilai k flooding 0,2 m/s memiliki pressure drop 200 – 1000 pascal untuk menghasilkan diameter > 100 mikron.



Gambar 3. Grafik nilai kecepatan *flooding* terhadap *pressure drop* pada scrubber pada densitas gas 13.5-14 kg/m³

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa pada densitas gas 13,5 kg/m³ – 14 kg/m³ memiliki kecepatan flooding yang lebih rendah dari densitas 12,5 kg/cm³ - 13,5 kg/cm³. Pada nilai K flooding kondisi tersebut

penurunan tekanan berkisar 100 – 900 kPa . Pada densitas gas 13, 5 kg/m³ dan 14 kg/m³ dengan scrubber nilai vertikal scrubber 0,04 - 0,05 untuk menghasilkan diameter > 100 mikron.



Gambar 4. Grafik nilai kecepatan *flooding* terhadap *pressure drop* pada scrubber pada densitas gas 14.5-15 kg/m³

Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi densitas gas maka nilai kecepatan *flooding* semakin kecil dan *pressure drop* juga semakin kecil. Pada nilai K *flooding* mempengaruhi nilai ukuran droplet dan tekanan operasi pemisahan pada gravitasi gas. Untuk gas dengan nilai densitas 14,5 kg/m³ – 15 kg/cm³ memiliki penurunan tekanan terbaik pada maksimal 980 kPa pada nilai vertikal scrubber 0.02 – 0.05. Target operasi untuk menghasilkan diameter > 100 mikron terbaik pada densitas 14 kg/m³ -15 kg/m³. Pada Gambar 2. Pada nilai K *flooding* mempengaruhi nilai ukuran droplet dan tekanan operasi pemisahan pada gravitasi gas. Untuk scrubber konvensional diameter target pemisahan adalah 150 mikron, dan untuk scrubber target ukuran droplet tidak lebih dari 500 mikron [1]. Pada densitas gas 12, 5 kg/m³ dan 13 kg/m³ dengan scrubber vertical nilai k *flooding* 0,2 m/s memiliki *pressure drop* 200 – 1000 pascal untuk menghasilkan diameter > 100 mikron. Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa pada densitas gas 13,5 kg/m³ – 14 kg/m³ memiliki kecepatan *flooding* yang lebih rendah dari densitas 12,5 kg/cm³ - 13,5 kg/cm³. Pada nilai K *flooding* kondisi tersebut penurunan tekanan berkisar 100 – 900 kPa . Pada densitas gas 13, 5 kg/m³ dan 14 kg/m³ dengan scrubber nilai vertikal scrubber 0,04 - 0,05 untuk menghasilkan diameter > 100 mikron. Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi densitas gas maka nilai kecepatan *flooding* semakin kecil dan *pressure drop* juga semakin kecil. Pada nilai K *flooding* mempengaruhi nilai ukuran droplet dan tekanan operasi pemisahan pada gravitasi gas. Untuk gas dengan nilai densitas 14,5 kg/m³ – 15 kg/cm³ memiliki penurunan tekanan terbaik pada maksimal 980 kPa pada nilai vertikal scrubber 0.02 – 0.05. Target operasi untuk menghasilkan diameter > 100 mikron terbaik pada densitas 14 kg/m³ -15 kg/m³.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan simulasi perhitungan termodinamika dengan menggunakan HYSYS dan perancangan fluida menggunakan persamaan Souders-Brown. Didapat dari hasil simulasi dengan kandungan metana, dan komponen lainnya memiliki rentang densitas 13,5 kg/m³ – 15 kg/m³ dengan kondisi temperature 25 °C, pada tekanan 16 Bar dan volume separator 0.503 m³. Adapun dengan simulasi persamaan souder-Brown didapatkan nilai penurunan tekanan yang diaplikasikan sekitar 100 – 900 kPa dengan nilai terbaik kecepatan *Flooding* 0,2 – 0,3 m/s dengan asumsi semakin naik densitas gas maka semakin besar nilai droplet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Moshfeghian, "September 2015 Production & Processing Facilities Tip of the Month," no. SEPTEMBER, pp. 1–16, 2015, [Online]. Available: http://www.jmcampbell.com/tip-of-the-month/wp-content/uploads/2015/09/Sep_2015_Gas-Liquid-Separators-Sizing-Parameter-MM083015.pdf
- [2] K. Sainath, A. Modi, and J. Bellare, "CO₂/CH₄ mixed gas separation using graphene oxide nanosheets embedded hollow fiber membranes: Evaluating effect of filler concentration on performance," *Chem. Eng. J. Adv.*, vol. 5, no. October 2020, p. 100074, 2021, doi: 10.1016/j.cej.2020.100074.
- [3] A. Krasinski, "Filter media: Multilayer PP filters for the separation of O/W emulsions," *Filtr. Sep.*, vol. 51, no. 6, pp. 22–28, 2014, doi: 10.1016/S0015-1882(14)70224-1.
- [4] X. Yang and G. Chase, *Nanofibers for coalescing filter media for water-diesel separation*. Elsevier Ltd, 2017. doi: 10.1016/B978-0-08-100573-6.00006-X.
- [5] Y. Yu, H. Chen, Y. Liu, V. S. J. Craig, and Z. Lai, "Selective separation of oil and water with mesh membranes by capillarity," *Adv. Colloid Interface Sci.*, pp. 1–10, 2016, doi: 10.1016/j.cis.2016.05.008.