

STUDI KASUS PENGARUH PERBEDAAN SPESIFIKASI FUEL GAS TERHADAP KINERJA PEMBAKARAN THERMAL OXIDIZER UNIT DI PT X

M. Fiqih Alif Utama^{1,*}, Ratni Dewi², Sariadi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: m.fiqihalifutama@gmail.com

Abstract

Fuel gas is a term used by the industry to refer to fuel in physical form or gas form. The type of fuel used in the thermal oxidizer at the Sulfur Recovery Unit (SRU) plant is fuel gas. The thermal oxidizer is a device that functions to oxidize residual H₂S, elemental sulfur, and CO₂ derived from the sour gas purification process. Currently, the reliability of the thermal oxidizer in operation needs special attention by management and the operations team because the ability of the refractory in the Thermal Oxidizer unit to maintain combustion heat is not optimal and stable so the combustion heat has touched the thermal oxidizer at several points to cause cracks and leaks. The purpose of this study is to analyze the effect of differences in fuel gas specifications on combustion performance and heat energy formed in the thermal oxidizer unit, to analyze the effect of differences in fuel gas specifications on increasing the operating temperature and reliability of the thermal oxidizer and to analyze the impact of the risk of implementing different gas usage on operations at the SRU plant. The method used in the research is causal comparative where observations are made of data from factors that are thought to be the cause as a comparison of differences in the use of fuel gas. In this study LP fuel gas is the best fuel usage option because it is more efficient and controlling the risk level can be done optimally with the use of LP fuel gas.

Keywords: *fuel gas, SRU plant, refractory, thermal oxidizer.*

PENDAHULUAN

Udara pada daerah padat industri memiliki tingkat polusi yang tinggi, hal ini dikarenakan proses pembakaran yang dilakukan oleh sebagian besar industri khususnya industri pengolahan migas, dimana pada proses pembakarannya akan menghasilkan gas sulfur dioksida (SO₂) yang membahayakan bagi lingkungan dan manusia [1].

Thermal oxidizer merupakan alat yang berfungsi untuk mengoksidasi sisa H₂S, elemen sulfur, dan CO₂ yang berasal dari proses sebelumnya yaitu *treating unit*, *sulfur recovery unit*, dan *tail gas unit*. Pembakaran tersebut untuk meyakinkan

bahwa setiap senyawa - senyawa tersebut berubah menjadi SO₂ sebelum akhirnya di *venting* ke atmosfer sesuai baku mutu *standard environmental* yang telah ditentukan [2].

Proses utama yang terjadi untuk memastikan senyawa-senyawa sisa-sisa H₂S, elemen sulfur dan CO₂ dapat dengan aman di buang ke lingkungan melalui proses pembakaran. Dalam hal ini untuk menentukan bahan bakar yang akan digunakan harus mempertimbangkan beberapa faktor untuk mencapai efisiensi yang tinggi. Adapun faktor-faktor yang menentukan diantaranya yaitu nilai kalor (heat value), kebersihan, tingkat korosivitas,

kandungan deposit, serta ketersediaan bahan bakar [3].

Berdasarkan Peraturan Pemerintah melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.13 Tahun 2009 yang tertera di dalam amdal tentang emisi pencemaran SO₂ ke udara adalah sebesar 998 ppm [4]. Walaupun aktual operasi saat ini tidak mencapai batasan amdal yang telah ditentukan, setiap perubahan spesifikasi *fuel gas* untuk proses pembakaran harus selalu diperhatikan guna menjaga kehandalan peralatan. Setiap peningkatan suhu harus benar-benar diperhatikan untuk menjaga *thermal oxidizer* dari *cracking* akibat panas yang menyentuh lapisan luar unit dan tentunya hal yang sangat berbahaya bagi pekerja dan lingkungan akibat kebocoran [2].

Dalam pengoperasiannya disamping juga memperhatikan kehandalan unit dengan proses pembakaran yang baik dan bahan bakar yang memiliki spesifikasi tertentu, PT X juga melakukan upaya-upaya efisiensi dan penghematan penggunaan *fuel* di *plant*. Upaya yang dilakukan adalah dengan menggunakan beberapa opsi bahan bakar dari *plant* dengan pertimbangan keekonomian tertentu [5].

Fuel gas merupakan istilah yang digunakan industri untuk menyebut bahan bakar berbentuk fisik atau wujud gas. Adapun jenis bahan bakar yang digunakan pada *thermal oxidizer* di PT X adalah bahan bakar gas. Pengoperasian dengan menggunakan bahan bakar ini jauh lebih mudah, karena wujudnya sudah dalam bentuk gas sehingga lebih mudah bercampur dengan udara secara homogen untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna [5].

Tingginya konsumsi bahan bakar gas (*fuel gas*) menyebabkan rasio penjualan gas PT X berkurang sehingga keuntungan menjadi tidak optimal. Angka konsumsi *fuel gas* masih relatif tinggi sehingga perlu dilakukan program penghematan lanjutan untuk mengoptimalkan penjualan gas (*sales gas*) dan pendapatan perusahaan [5].

Salah satu upaya yang sudah dilakukan dalam upaya penghematan sekaligus menambah rasio *sales gas* perusahaan adalah dengan memodifikasi sumber suplai *fuel gas* yang mulanya berasal dari pipa *existing* HP *fuel gas header* (*sharing fuel gas* wilayah kerja B dan PT X) menjadi bersumber dari *absorber* yaitu *treated gas* hasil pemurnian di unit 27 SRU *plant* dan berpotensi juga menggunakan LP *fuel gas* [5].

Dengan adanya perubahan ini, dapat dipastikan spesifikasi *fuel gas* yang digunakan di *plant* berbeda terutama berdampak pada peralatan pembakaran yang membutuhkan bahan bakar gas [6].

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk meninjau lebih jauh dengan menganalisis seberapa besar pengaruh perbedaan spesifikasi *fuel gas* terhadap kinerja pembakaran pada *thermal oxidizer unit* dan memberikan rekomendasi yang solutif, tepat dan akan bermanfaat dalam peningkatan keekonomian perusahaan.

METODE

Penelitian dilakukan di *sulfur recovery unit* (SRU) *plant* PT X dan unit peralatan yang akan di teliti adalah *thermal oxidizer unit B-2902*. Proses penelitian dilakukan dengan menganalisa pengaruh perbedaan spesifikasi bahan bakar gas dari berbagai kondisi operasi yang berbeda terhadap kinerja pembakaran yang terjadi pada unit *thermal oxidizer*. Pendukung analisa dilakukan dengan cara melakukan observasi langsung ke lapangan dan melakukan diskusi serta wawancara dengan praktisi dilapangan.

Pengambilan Data

Data yang diperlukan yaitu data operasi maksimum proses, data desain unit, dan indikator kinerja alat berupa variabel proses seperti laju alir bahan bakar, udara pembakaran, suhu operasi, tekanan bahan

bakar, analisa laboraorium tiga jenis bahan bakar dan analisa gas buang.

Data pengamatan diambil pada ketiga kondisi operasi yaitu saat unit menggunakan bahan bakar yang bersumber dari *HP fuel*, *treated gas*, dan *LP fuel*.

Rencana Perhitungan

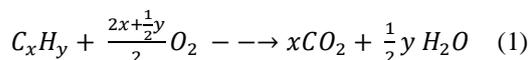
Perhitungan kinerja pembakaran pada thermal oxidizer dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

Langkah 1 – Laju Alir Massa HP Fuel Gas, Treated Gas, dan LP Fuel Gas.

Dengan data pengamatan dan analisa dari laboratorium dapat ditentukan BM campuran, tekanan kritis dan suhu kritis dari *Fuel Gas* berdasarkan komponen-komponenya dalam bentuk tabel.

Langkah 2 – Menghitung Kebutuhan Udara Pembakaran

Perhitungan ini ditentukan dengan menghitung perbandingan mol berdasarkan reaksi pembakaran setiap komponen dalam *fuel gas*. Dengan menggunakan persamaan berikut:



Dimana:

x = Jumlah atom C pada bahan bakar

y = Jumla atom H pada bahan bakar

Langkah 3 – Menghitung Laju Aliran Massa Udara yang Diperlukan Untuk Pembakaran

Perhitungan ini ditentukan dengan menghitung perbandingan total massa udara pembakaran per 1 kg *fuel gas* dikalikan dengan laju aliran massa *fuel gas*. Dengan persamaan berikut:

$$m_{UT} = \frac{\text{Total Massa Udara Pembakaran}}{1 \text{ kg Fuel Gas}} \times m_{LP} \quad (2)$$

Dimana:

m_{LP} = Laju alir massa *fuel gas*

Langkah 4 – Menentukan Udara Berlebih Hasil Pembakaran

Dalam langkah ini penentuan udara berlebih hasil pembakaran dapat di hitung dengan mendapatkan hasil analisa laboratorium komposisi gas buang dari kondisi operasi saat ketiga *fuel gas* berbeda digunakan pada proses pembakaran di *thermal oxidizer unit*. Hasil analisa kemudian akan di masukkan melalui persamaan berikut:

$$E = \frac{O_2 - CO/2}{(0,264 N_2) - (O_2 - CO/2)} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

E = Udara berlebih (%)

Langkah 5 – Menentukan Kapasitas Panas Gas Buang

Penentuan kapasitas panas gas buang dapat ditentukan dengan mengetahui komponen gas buang dari analisa laboratorium dan menggunakan persamaan berikut:

$$C_p = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3 \quad (4)$$

Dimana:

T dalam °C dan Cp dalam J/g mol °C

Langkah 6 – Net Heating Value (NHV) Fuel Gas

Perhitungan langkah ini dapat ditentukan dengan menghitung nilai bakar (*Net Heating Value*) dari *fuel gas* berdasarkan komposisinya, dengan basis 1 m³/h. Selanjutnya nilai bakar (*NHV*) dari *fuel gas* didapat dari tabel *physical constants of hydrocarbon*.

Langkah 7 – Menentukan Panas Udara Pembakaran

Penentuan besar panas dari udara pembakaran dapat ditentukan setelah mendapatkan total kebutuhan udara pembakaran, kapasitas panas udara dan suhu lingkungan.

Langkah 8 – Menentukan Laju Aliran Panas Gas Buang

Penentuan besar panas dari gas buang akan dapat ditentukan setelah mendapatkan besar laju aliran massa gas buang, kapasitas panas gas buang, dan *differential temperature* gas buang suhu lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil seperti dijelaskan berikut ini.

Pengaruh Perbedaan Spesifikasi Fuel Gas terhadap Kinerja Pembakaran dan Energi Panas yang Terbentuk pada Sistem Thermal Oxidizer Unit

Perbedaan spesifikasi dan laju alir dari masing-masing fuel gas diberikan dalam Tabel 1. Berdasarkan data pengamatan dan analisa dari laboratorium dapat ditentukan BM campuran, tekanan kritis dan suhu kritis dari *fuel gas* berdasarkan komponen-komponennya dalam bentuk tabel sehingga diperoleh laju alir massa HP *fuel gas* sebesar 238,2323 m³/h, *Treated gas* sebesar 269,7569 m³/h dan LP *fuel gas* sebesar 220,1127 m³/h.

Tabel 1. Laju aliran *fuel gas*

Fuel Gas	Laju aliran <i>fuel</i>	
	m ³ /h	Kg/h
HP Fuel Gas	238,2323	768,4421
Treated gas	269,7569	961,6833
LP Fuel Gas	220,1127	730,7301

Dengan menghitung perbandingan mol berdasarkan reaksi pembakaran setiap komponen dalam *fuel gas* diperoleh kebutuhan udara pembakaran pada saat menggunakan HP *fuel gas* sebesar 12.775,8109 kg/h, *treated gas* sebesar 15.096,6968 kg/h dan lp *fuel gas* sebesar 12.131,2888 kg/h, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan udara pembakaran

Fuel Gas	Udara pembakaran (kg/h)
HP Fuel Gas	12.775,8109
Treated gas	15.096,6968
LP Fuel Gas	12.131,2888

Semakin besar bahan bakar yang digunakan, maka semakin besar kebutuhan udara yang diperlukan pada proses pembakaran. Dari ketiga opsi *fuel gas*, *treated gas* membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan dengan lainnya.

Ini disebabkan oleh komposisi *treated gas* seperti yang tertera pada data analisa laboratorium dimana memiliki lebih banyak Nitrogen (N₂) sebesar 1,37 % mol dan uap-uap air yang terikut dari proses pencucian *treated gas* dari larutan sulfinol pada *wash tower* sebelum akhirnya dialirkan ke proses selanjutnya.

Didalam proses pembakaran dengan udara, N₂ juga terikut tetapi senyawa ini sendiri tidak bereaksi (*innert*) dan hanya lewat saja. Walaupun N₂ ini tidak bereaksi tetapi senyawa ini akan membawa panas pada hasil sisa pembakaran.

Uap air merupakan produk samping pembakaran hidrogen yang dapat mengambil panas dari gas buang *treated gas* dimana mengandung lebih banyak hidrogen dan lebih sedikit karbon per kg dari pada bahan bakar. Sehingga akan memproduksi lebih banyak uap air, yang berakibat lebih banyak panas yang terbawa pada pembuangan saat pembakaran.

Dalam hal ini dapat ditunjukkan dengan besar panas yang dihasilkan *treated gas* lebih besar dari kedua bahan bakar lainnya yaitu 9.104.058,2155 kJ/h. Besar panas ini bukanlah panas yang tepat, namun komposisi bahan bakar yang digunakan juga tidak baik karena bersumber dari proses pemurnian *sour gas* di *sulfinol absorber* yang merupakan proses pemurnian yang hanya terbatas pada pengurangan *impurities* awal, guna meringankan beban unit 35 sebagai *plant* pemurnian utama.

Dalam Tabel 1 juga terlihat bahwa penggunaan bahan bakar paling rendah

dimiliki oleh LP *fuel gas* yaitu sebesar 220,1127 m³/h dengan kebutuhan udara pembakaran sebesar 12.131,2888 kg/h. Komposisi LP *fuel gas* jauh lebih baik jika dibandingkan dengan tiga opsi bahan bakar yang ada. LP *fuel gas* memiliki fraksi nitrogen lebih rendah dan fraksi karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar lainnya.

Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil penentuan nilai bakar *fuel gas* (*Net Heating Value*). LP *fuel gas* memiliki nilai bakar tertinggi yaitu sebesar 985,940 Btu/ft³, seperti ditunjukkan dalam Tabel 3. Dengan demikian semakin tinggi nilai bakar maka energi yang dihasilkan semakin efisien karena menghasilkan panas yang lebih besar dengan massa yang sedikit.

Tabel 3. *Net heating value (NHV) fuel gas*

<i>Fuel Gas</i>	Net Heating Value (NHV)	
	Btu/ft ³	kJ/m ³
HP <i>Fuel Gas</i>	971,971	36.214,606
<i>Treated gas</i>	905,799	33.749,121
LP <i>Fuel Gas</i>	985,940	36.735,087

Dengan besar panas yang dihasilkan pada proses pembakarannya sebesar 8.085.859 kJ/h. Besar panas ini jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua opsi bahan bakar lainnya seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Laju aliran panas *fuel gas*

Parameter	Kondisi operasi (kJ/h)		
	HP <i>fuel</i>	<i>Treated gas</i>	LP <i>fuel</i>
Panas udara pembakaran	385.229	455.165	365.794
Panas <i>fuel gas</i>	8.627.488	9.104.058	8.085.859

Pada kenyataannya didalam proses pembakaran tidak mungkin terjadi suatu proses pembakaran yang sempurna jika hanya didasarkan pada kebutuhan udara teoritis saja. Udara yang dibutuhkan harus lebih besar untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna.

Maka didalam analisa *orsat* dari *flue gas* selalu terdapat komposisi O₂ pada gas sisa pembakaran. Jumlah O₂ pada *flue gas* ini tidak boleh terlalu besar karena akan mengakibatkan kehilangan panas yang terbawa oleh O₂ tersebut. Berdasarkan data analisa gas buang dan studi perhitungan dapat disimpulkan bahwa udara berlebih yang yang dihasilkan oleh ketiga opsi bahan bakar sangat besar yaitu mencapai 323,89% - 446,49%.

Berdasarkan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa udara yg disuplai untuk pembakaran pada *thermal oxidizer* berlebih dalam porsinya. Pengaturan bukaan udara dari *compressor blower* saat ini adalah porsi suplai udara pada saat proses utama beroperasi maksimum yaitu recovery unit 28 dan tail gas unit 29. Namun saat ini SRU plant tidak lagi beroperasi secara maksimum, sehingga sumber *acid gas* dari proses unit 28 dan 29 sudah tidak lagi ada. Sumber *acid gas* saat ini hanya berasal dari CO_{2 vent absorber} D-2703, dimana keluarannya didominasi oleh komponen CO₂ dan sedikit H₂S.

Namun demikian fakta yang penulis temukan di lapangan bahwa instrumen pengatur bukaan udara sudah tidak dapat bekerja dengan baik lagi. Pengaturan buka tutup yang dilakukan oleh operator menyebabkan ketidakseimbangan rasio udara dan kompresor mengalami vibrasi berat dan *thermal oxidizer* akan terhenti.

Jika hal ini tetap berlanjut, akan berpengaruh pada pemborosan penggunaan bahan bakar. Ini tentunya bertolak belakang dengan upaya penghematan dan efisiensi yang diinginkan oleh perusahaan.

Pengaruh Perbedaan Spesifikasi *Fuel Gas* terhadap Peningkatan Suhu Operasi dan Keandalan *Thermal Oxidizer*

Suhu operasi pada *thermal oxidizer* merupakan salah satu parameter yang harus diperhatikan. Saat ini suhu operasi pada *thermal oxidizer* dijaga dan di atur pada suhu 320 °C. Suhu ini adalah suhu rekomendasi

yang tepat dari tim engineer mengingat kondisi unit yang sudah tua dan tidak mampu lagi menahan panas berlebih.

Thermal oxidizer memiliki lapisan pelindung panas pada bagian dalamnya. saat ini terdapat beberapa titik lapisan yang sudah menipis atau rusak akibat usia alat. Menipisnya lapisan anti panas ini dapat berbahaya karena mengakibatkan panas yang keluar melalui celah lapisan (*crack*) serta menembus lapisan luar unit dan bocor.

Gas hasil pembakaran khususnya hidrokarbon dan *acid gas* akan keluar lalu berpotensi membahayakan bagi lingkungan dan manusia khususnya pekerja di area lokasi. Optimasi panas yang tepat diperlukan sebagai upaya untuk menjaga kehandalan unit saat ini.

Berdasarkan data pengamatan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa HP *fuel gas* membutuhkan bahan bakar sebesar 238,2323 m³/h untuk mendapatkan suhu operasi sebesar 320,9 °C, *treated gas* sebesar 269,7569 m³/h untuk mendapatkan suhu operasi 321°C dan LP *fuel gas* sebesar 220,1127 m³/h untuk mencapai suhu operasi 320,5 °C.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar paling efisien dimiliki oleh LP *fuel gas* karena memiliki nilai bakar lebih tinggi dibanding kedua opsi bahan bakar lainnya. Hal ini membuktikan kembali bahwa semakin tinggi nilai bakar maka energi yang dihasilkan akan semakin efisien karena menghasilkan panas yang lebih besar dengan massa yang sedikit.

KESIMPULAN

1. Kinerja pembakaran dan besar panas yang terbentuk pada *thermal oxidizer* sangat dipengaruhi oleh jumlah laju alir massa *fuel gas*, komposisi *fuel gas*, jumlah fraksi komponen dan nilai bakar (*net heating value*).
2. Peningkatan suhu operasi dipengaruhi oleh besarnya laju alir massa *fuel gas* dan tingginya nilai bakar (*net heating value*).

3. LP *fuel gas* adalah *fuel gas* yang paling efisien yaitu sebesar 220,1127 m³/h dari ketiga opsi dan mampu mencapai suhu yang diinginkan sebesar 320,5 °C.
4. Optimasi suhu operasi sangat mempengaruhi kehandalan unit, panas berlebih dapat berpotensi mengakibatkan lapisan anti panas pada bagian dalam unit rusak dan keluar melalui celah sehingga menyebabkan kebocoran *acid gas* dari proses pembakaran yang dapat berbahaya bagi lingkungan dan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Waningsih, T.D.R., Nugroho, A. and Dhani, M.R., 2018, *Analisis risiko kebocoran pada sulfur furnace pabrik asam sulfat di perusahaan penghasil pupuk*. In Conference on Safety Engineering and Its Application (Vol. 2, No. 1, pp. 605-612).
- [2] Susiloputra, A.B. and Dwiyanoro, B.A., 2017. *Analisa heat balance thermal oxidizer dengan waste heat recovery unit*. Jurnal Teknik ITS, 6(1), pp.B165-B169.
- [3] Cahyono, B., Kusuma, I.R. and Santoso, A., 2022. *Energi dan produksi bahan bakar gas*. Penerbit NEM.
- [4] No, P.M.N.L.H., 13. Tahun 2009 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi. Lampiran II-B (baku mutu emisi unit oksidasi thermal sulfur), Lampiran IV (Dokumen manual kontrol kualitas atau Quality Control dan jaminan mutu atau Quality Assurance) dan Lampiran VB (pemantauan emisi secara CEMS).
- [5] Pertamina Hulu Rokan., 2022. *Key indicator performance general manager (GM)*. Zona 1.
- [6] Sitepu, T. and Silaban, S.H.P., 2014. *Perancangan heat recovery steam generator (HRSG) yang memanfaatkan gas buang turbin gas di*

- PLTG PT. PLN (persero) pembangkitan dan penyaluran sumatera bagian utara sektor Belawan. Jurnal e-Dinamis, Vol. 8 No. 4.*
- [7] Rosady, S.D.N. and Dwiyantoro, B.A., 2014. *Re-design lube oil cooler pada turbin gas dengan analisa termodinamika dan perpindahan panas. Jurnal Teknik ITS Vol. 3 no. 2, pp.B164-B168.*
- [8] Thulukkanam, K., 2013. *Heat exchanger design handbook* ed CRC Press.
- [9] Widiatmono, B.R., Kurniati, E. and Imaya, A.T., 2020. *Analisis sebaran polutan SO₂, NO_x dan pm10 dari sumber bergerak pada jalan arteri Kota Malang. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Vol. 6 No. 3, pp.40-51.*
- [10] Himmelblau, D.M. and Riggs, J.B., 2012. *Basic principles and calculations in chemical engineering.* FT press.