

## OPTIMASI EFISIENSI THERMAL OXIDIZER PADA PT.XYZ DENGAN PENAMBAHAN REFRAKTORI PADA DINDING CHAMBER

Ripal Agus Setiawan<sup>1\*</sup>, Nina Mudji Kusumaningrum<sup>1</sup>, Daffa Yoganza Arrunata<sup>1</sup>, Tun Sriana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah mada 38, Cepu 58315, Blora, Jawa Tengah

\*E-mail: [ripalagussetiawan@gmail.com](mailto:ripalagussetiawan@gmail.com)

### ABSTRAK

Proses pengolahan gas bumi pada *Central Processing Plant* di PT.XYZ melibatkan berbagai unit yaitu GSU, AGRU, BSRU, dan DHU. Limbah gas dari setiap unit bersifat asam, limbah gas tersebut harus dibakar di unit *Thermal Oxidizer* (TOX) untuk mengoksidasi gas buang menjadi gas yang relatif lebih aman. Selama proses pembakaran gas asam di TOX, terjadi pelepasan panas yang dimanfaatkan untuk memanaskan *Hot Oil*. Evaluasi kinerja TOX dilakukan dengan menggunakan metode penyerapan panas (*heat absorb*), yaitu membandingkan jumlah panas yang diserap oleh *Hot Oil* dengan total panas yang dihasilkan oleh TOX. Hasil perhitungan efisiensi panas unit TOX menunjukkan bahwa efisiensi aktual sebesar 45,61%, yang lebih rendah daripada efisiensi desainnya sebesar 63,27%. Penurunan efisiensi sebesar 17,66% disebabkan oleh *heat loss* sehingga panas yang dihasilkan oleh TOX terbuang percuma ke lingkungan. Maka peneliti akan mengoptimalkan efisiensi TOX pada PT.XYZ dengan penambahan refraktori pada dinding *chamber*. Untuk meningkatkan efisiensi thermal, penulis merekomendasikan adanya penambahan tebal refraktori dari mulai 50mm 75mm dan 100mm. Semakin tebal material isolasi akan menurunkan temperatur dinding luar pada thermal oxidizer yang dimana nilai panas yang hilang akan semakin kecil. Penulis merekomendasikan tebal 75 mm karna masih terjangkau dan memiliki efisiensi kinerja alat sebesar 54.4%.

**Kata kunci:** *Central Processing Plant*, Efisiensi, , Optimasi, Refraktori, *Thermal Oxidizer*

### 1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang saat ini terjadi merupakan isu yang perlu ditangani secara serius. Salah satu penyumbang polutan di lingkungan adalah limbah gas dari industri minyak dan gas. Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan peraturan untuk mengatur kadar SO<sub>2</sub> pada limbah gas yang dibuang ke udara bebas, emisi gas SO<sub>2</sub> dibatasi maksimal 2.600 mg/Nm<sup>3</sup> sesuai dengan peraturan Menteri Lingkungan Hidup[1]. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir dampak buruk dari gas limbah beracun terhadap kesehatan, keselamatan kerja, dan kelestarian lingkungan[2].

PT. XYZ adalah pabrik yang memproses *feed* menjadi gas alam siap pakai. Gas umpan dari sumur produksi masuk ke *inlet manifold* yang kemudian diproses di *Gas Separation Unit* (GSU) untuk memisahkan air dan kondensat yang terbawa dari sumur produksi. Gas umpan kemudian masuk ke dalam *Acid Gas Removal Unit* (AGRU) untuk memisahkan komponen gas asam. *Treated gas* dari unit AGRU kemudian masuk ke *Caustic Treater Unit* (CTU) untuk menghilangkan kandungan merkaptan yang terdapat dalam *treated gas*, hasil dari *treated gas* tersebut direduksi menjadi air di Unit Dehidrasi [3].

Dari hasil pengolahan *feed gas* di PT. XYZ menimbulkan limbah berupa *waste gas* yang terdiri dari *acid gas* dan *vent gas*. Yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dilepas ke lingkungan. Gas yang masih banyak mengandung acid gas diolah dengan dua cara, yaitu dibakar langsung di *Thermal Oxidizer* (TOX) dan diolah di *Biological Sulfur Recovery Unit* (BSRU) untuk menyerap sulfur melalui reaksi di dalam bioreaktor sehingga didapat-

sulfur yang dapat digunakan. Namun, tidak semua gas asam dapat diproses di BSRU, sehingga limbah gas asam yang tersisa dari BSRU dibakar di TOX, sedangkan limbah gas buang dari berbagai unit pengolahan akan langsung dibakar di TOX[4].

Gas limbah atau *waste gas* umumnya merujuk pada gas yang muncul sebagai hasil dari pembakaran yang tidak sempurna atau reaksi kimia lainnya dalam suatu instalasi, dan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Beberapa syaratnya yaitu gas *waste gas* tidak boleh dibuang tanpa menjalani pembakaran tambahan, nilai kalor dari gas limbah harus cukup tinggi untuk dapat terbakar tanpa penambahan bahan bakar tambahan, atau memberikan kontribusi yang signifikan terhadap total energi yang masuk ketika dicampur dengan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Kemudian gas limbah merupakan produk sampingan dari suatu proses produksi[5].

Metode *incinerator* untuk penanganan gas limbah terbagi menjadi dua jenis, yaitu *thermal incineration* dan *catalytic incineration*. Baik *thermal* maupun *catalytic incineration* dirancang untuk mengendalikan senyawa organik mudah menguap (*volatile organic Compounds*) VOC melalui pembakaran pada tingkat yang telah ditetapkan oleh pemerintah[6].

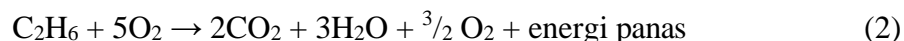
*Thermal oxidizer* atau TOX adalah sistem pembakaran yang digunakan untuk mengendalikan emisi senyawa organik volatil (VOC), karbon monoksida (CO), dan HAP (*Hazardous Air Pollutants*) dengan cara membakarnya menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Desain sistem insinerator tergantung pada konsentrasi polutan dalam aliran gas, jenis polutan, keberadaan gas lain, tingkat oksigen, stabilitas proses sistem, dan tingkat kontrol yang diperlukan[7].

Faktor-faktor penting dalam desain *insinerator* termasuk suhu yang cukup untuk membakar komponen organik dalam aliran gas buang, waktu tinggal yang cukup untuk terjadinya reaksi pembakaran, dan turbulensi dalam pencampuran antara udara pembakaran dan gas buang. Waktu yang cukup, suhu, laju pencampuran, dan konsentrasi oksigen mempengaruhi tingkat keberhasilan reaksi pembakaran. Dari faktor-faktor ini, hanya suhu dan konsentrasi oksigen yang dapat dikontrol dengan pasti setelah konstruksi. Waktu tinggal dan pencampuran dikontrol oleh desain pengoksidasi, sedangkan laju aliran hanya dapat dikontrol dalam batas yang ditentukan. Laju oksidasi komponen VOC, HAP yang mudah menguap, dan CO sangat dipengaruhi oleh temperatur, di mana semakin tinggi temperatur, maka proses oksidasi akan semakin cepat berlangsung[8].

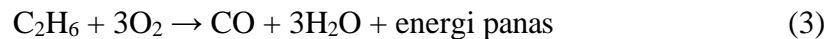
*Waste Heat Recovery Unit* (WHRU) adalah unit yang digunakan untuk memanfaatkan panas limbah dari TOX tipe *Direct Fired TOX*, yang berfungsi untuk membakar limbah gas. WHRU dapat digunakan untuk memanaskan fluida proses seperti steam, minyak panas, dan sejenisnya, pengontrolan temperatur gas buang sangat penting untuk mengoptimalkan kinerja WHRU. Model *direct fired thermal oxidizer* tidak memerlukan pemanasan awal untuk udara pembakaran atau gas buang, karena temperatur gas buang sudah cukup tinggi untuk dapat langsung bercampur dengan udara pembakaran[9]. Selain itu, suhu udara pembakaran sudah mencukupi, sehingga tidak diperlukan pemanasan tambahan. Pembakaran yang sempurna dan lengkap terjadi ketika semua unsur karbon bereaksi dengan oksigen menjadi karbon dioksida, dan semua unsur hidrogen sepenuhnya menjadi cair.



Pembakaran sempurna yang tidak sempurna terjadi ketika semua unsur karbon bereaksi dengan oksigen menjadi karbon dioksida dan semua unsur hidrogen sepenuhnya berubah fase menjadi cair. Yang akan menghasilkan sisa oksigen pada akhir sesi pembakaran. Contoh reaksinya adalah sebagai berikut[10]:



Pembakaran tidak sempurna adalah pembakaran di mana oksigen yang digunakan dalam reaksi tidak mencukupi, yang mengakibatkan adanya karbon monoksida. Contoh reaksinya adalah sebagai berikut[10]:



Adanya pembakaran yang tidak sempurna harus benar-benar dihindari karena akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Yang akan menyebabkan penambahan bahan bakar[10]. Jumlah panas yang masuk ke dalam TOX dapat diketahui dengan menghitung panas total yang dihasilkan dari proses pembakaran. Panas total TOX meliputi panas pembakaran bahan bakar gas, panas sensibel bahan bakar gas, panas pembakaran waste gas, panas sensibel waste gas dan panas sensible uap air di dalam udara pembakaran[11].

Refraktori sangat penting dalam operasi furnace karena kemampuannya menahan suhu tinggi tanpa meleleh atau mengalami deformasi, yang memastikan furnace dapat beroperasi dengan efisien dan aman. Selain itu, refraktori berfungsi sebagai solator thermal yang efektif, menjaga panas di dalam TOX dan mencegah kehilangan panas, sehingga meningkatkan efisiensi energi dari kerusakan panas dan korosi, mempepanjang umur TOX dan mengurangi kebutuhan perawatan. Dengan menjaga suhu internal TOX tetap stabil, refraktori memastikan proses industri berjalan dengan optimal. Dan refraktori membantu menjaga suhu permukaan luar TOX tetap rendah, mengurangi resiko kebakaran dan melindungi pekerja di sekitar TOX.

Pada saat melakukan pengamatan pada unit TOX di PT. XYZ peneliti melakukan perhitungan evaluasi TOX dan mendapatkan nilai efisiensi yang rendah, ini tandanya unit TOX belum bekerja secara maksimal. Efisiensi yang rendah disebabkan karna banyaknya panas yang hilang keluar pada bagian chamber. Terjadinya *heat loss* dapat di sebabkan oleh kualitas refraktori yang tidak baik maupun refraktori pada chamber sudah tidak mampu untuk mereduksi *heat loss* pada chamber. Hilangnya panas pada chamber menyebabkan panas yang terserap oleh *hot oil* tidak maksimal, sehingga akan berpengaruh kepada proses pemulihan energi di PT. XYZ. Maka dari itu tujuan penulis melakukan penelitian ini yaitu melakukan optimasi pada unit TOX yang berada di PT. XYZ agar bekerja secara maksimal atau mendekati nilai efisiensi design.

## 2. METODE

Penulis mengumpulkan data dari alat TOX di Unit PT.XYZ. Variabel bebas pada TOX berupa suhu operasi TOX, suhu keluaran *stack*, *Flowrate feed*, *inlet* dan *outlet Hot Oil*. Variabel terikat berupa *air intake* yang masuk ke K0403, data desain *thermal hot oil* (Seriola 1510), dan HMB operasi *thermal oxidizer*. Gambar 1 berikut ini flowchart tahapan-tahapan penulisan optimasi.

Berikut adalah penjelasan lebih detail dari setiap langkah dalam flowchart di atas:

### 1. Start

Tahap mulai atau persiapan melibatkan serangkaian kegiatan yang dilakukan berupa menentukan judul yang akan di angkat dan menentukan alat yang akan di evaluasi.

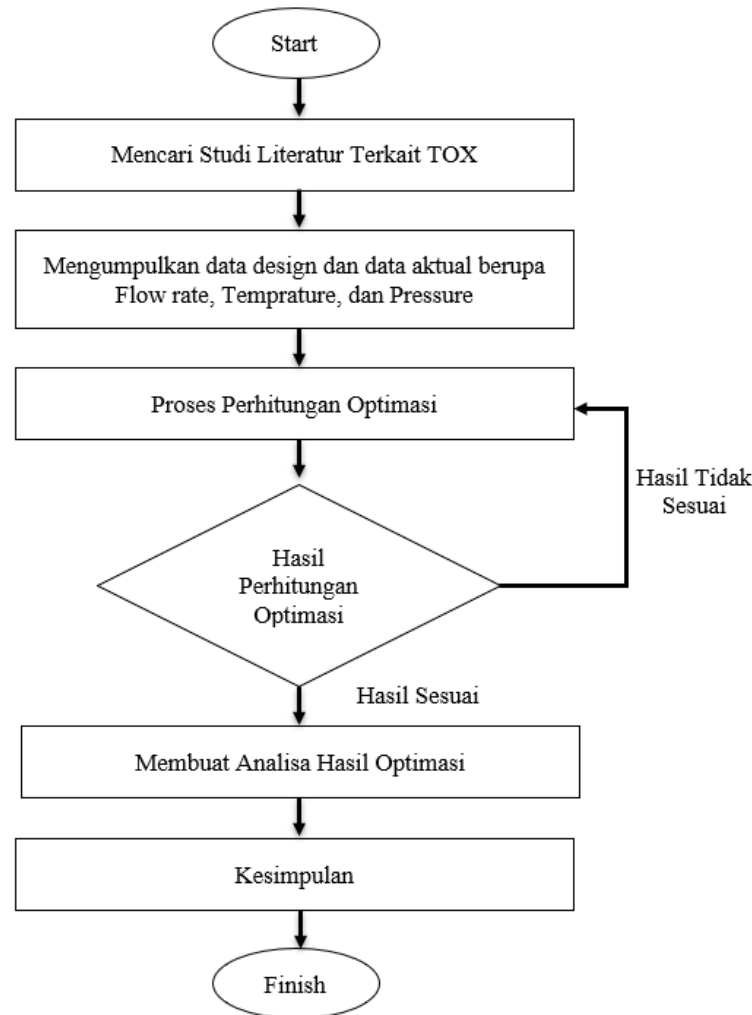
### 2. Mencari Studi Literatur terkait TOX

Langkah ini melibatkan pencarian dan pengumpulan referensi dari jurnal, buku, dan sumber ilmiah lainnya yang relevan dengan topik TOX (Total Oxidation). Tujuannya adalah untuk memahami konsep dasar, metode yang telah digunakan sebelumnya, dan hasil yang telah dicapai oleh peneliti lain.

### 3. Mengumpulkan data design dan data aktual

Mengumpulkan data desain awal dan data operasional aktual yang mencakup parameter seperti flow rate (laju aliran), temperatur, dan tekanan. Data ini penting untuk memastikan

bahwa simulasi dan perhitungan yang akan dilakukan berdasarkan kondisi yang realistis dan akurat.



**Gambar 1. Flowchart Penelitian**

#### 4. Proses Perhitungan Optimasi

Melakukan perhitungan untuk mengoptimalkan parameter proses agar mencapai efisiensi maksimal. Optimasi ini bisa melibatkan penyesuaian variabel seperti suhu, tekanan, dan laju aliran untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Panas total TOX meliputi panas pembakaran bahan bakar gas, panas sensibel bahan bakar gas, panas pembakaran *waste gas*, panas sensibel *waste gas* dan panas sensible uap air di dalam udara pembakaran. Dasar perhitungan pada thermal oxidizer disusun dengan rumus-rumus dan sebagai berikut:

a. Panas pembakaran bahan bakar Minyak, *Waste Gas*, dan *Fuel Gas*

$$Q = m \times \text{LHV} \quad (4)$$

b. Panas sensibel bahan bakar Minyak, *Waste Gas*, dan *Fuel Gas*

$$\text{SG} = \frac{\text{BM Bahan Bakar Gas}}{\text{BM Udara}} \quad (5)$$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \quad (6)$$

c. Panas Sensibel Udara Pembakaran

$$M. \text{Komponen} = \frac{\text{Berat Proporsional Komponen}}{\text{Berat Total}} \times \frac{\text{BM C}}{\text{BM CH}_4} \quad (7)$$

d. Panas yang ter-absorb Hot Oil

$$Q_{12} = (m_2 \times H_2) - (m_1 \times H_1) \quad (8)$$

e. Perhitungan neraca

$$Q_{12} = (m_2 \times H_2) - (m_1 \times H_1) \quad (9)$$

f. Perhitungan efisiensi kinerja alat

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Panas yang di serap hot oil}}{\text{panas yang masuk}} \times 100\% \quad (10)$$

### 5. Hasil Optimasi

Mengevaluasi hasil dari simulasi dan perhitungan optimasi. Jika hasil tidak sesuai dengan target atau kriteria yang diinginkan, proses kembali ke langkah simulasi untuk penyesuaian lebih lanjut. Jika hasil sesuai, proses dilanjutkan ke langkah berikutnya.

### 6. Membuat Analisa hasil Optimasi

Menganalisis hasil optimasi untuk memahami bagaimana perubahan parameter mempengaruhi kinerja sistem. Analisis ini mencakup interpretasi data, identifikasi tren, dan penilaian terhadap keberhasilan optimasi.

### 7. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan ini mencakup ringkasan temuan utama, implikasi dari hasil penelitian, dan rekomendasi untuk penelitian atau aplikasi lebih lanjut.

### 8. Finish

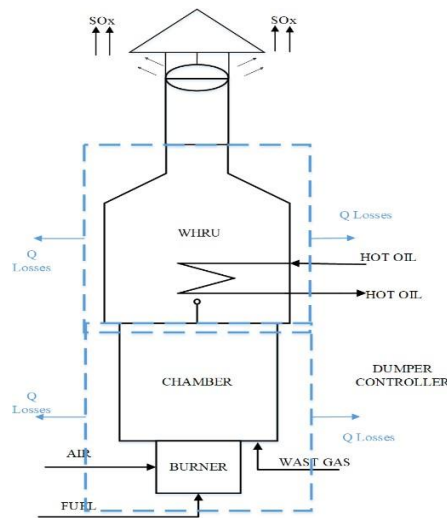
Mengakhiri proses penelitian atau analisis setelah semua langkah selesai dan kesimpulan telah ditarik.

## 3. PEMBAHASAN

Pembakaran pada TOX merupakan salah satu unit penting dalam pemrosesan gas. TOX digunakan untuk membakar gas asam agar gas yang di buang ke lingkungan tidak mencemari lingkungan dengan konsentrasi yang dianjurkan oleh pemerintah. Gas yang akan dibakar di Unit TOX (PE-0401) berasal dari berbagai Unit di area PT XYZ. Jenis gas yang termasuk dalam limbah tersebut adalah *Treated gas* dari *Biological Sulphur Recovery Unit* (BSRU), yang umumnya mengandung CO<sub>2</sub>, sejumlah kecil hidrokarbon, merkaptan, dan H<sub>2</sub>S. Gas ini terdiri dari hidrokarbon, sejumlah CO<sub>2</sub>, serta merkaptan dan H<sub>2</sub>S dengan konsentrasi tinggi. *Acid gas* dari *Acid gas Removal Unit* (AGRU), yang mayoritas mengandung CO<sub>2</sub> dengan kandungan merkaptan dan H<sub>2</sub>S yang tinggi. *Vent gas* dari *Dehydration Unit* (DHU), yang juga dapat termasuk dalam limbah gas yang dibakar di TOX. Dengan menggunakan Thermal Oxidizer Package, gas-gas tersebut akan dioksidasi secara efisien sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini membantu dalam menjaga keamanan lingkungan sekitar PT XYZ dengan mengurangi dampak negatif dari limbah gas yang dihasilkan oleh berbagai unit di dalamnya. Selain itu panas yang di hasilkan oleh TOX di manfaatkan untuk memanaskan *hot oil*, *hot oil* di alirkan ke BSRU untuk meregenerasi.

Gambar 1 merupakan bagian dalam pada TOX. Komponen pada TOX terdiri dari *Radiant section* atau *chamber* yaitu bagian paling utama di dalam TOX. Di *chamber* terjadi pencampuran antara *fuel gas* sebagai bahan bakar, udara sebagai sumber oksigen, dan acid gas

keluaran BSRU absorber dan bioreaktor. Pembakaran yang terjadi di *chamber* berada pada suhu 1400°F hingga 1500°F Untuk menunjang proses operasi di suhu yang tinggi, *chamber* dilengkapi dengan dinding *refraktori* yang memiliki insulasi panas berupa *firebrick* yang tahan. Kemudian *Waste Heat Recovery Unit* yang disingkat WHRU merupakan tempat terjadinya pertukaran panas antar gas buang dengan *Hot Oil*. Pertukaran panas di WHRU berlangsung dimana *Hot Oil* masuk melalui tube dan akan menerima panas dari gas buang. *Hot Oil* yang masuk memiliki temperature kurang lebih 290°F, sedangkan keluaran *Hot Oil* dari WHRU sekitar 340°F. Stack atau cerobong pembuangan gas emisi atau sisa yang dihasilkan oleh TOX. Gas sisa yang dikeluarkan dari *stack* memiliki temperature diatas 750°F dikarenakan panas tersebut telah dipakai kembali untuk memanaskan *Hot Oil* pada WHRU. Pada bagian *stack* terdapat *SO<sub>2</sub> analyzer* yang digunakan untuk menganalisis jumlah *SO<sub>2</sub>* yang ada di gas sisa. Berdasarkan data desain dari thermal oxidizer didapatkan neraca massa pada Tabel 1.



Gambar 1. Kondisi TOX dan Stack

Tabel 1. Data Desain Thermal Oxidizer

Neraca Masa Total				
NO.	Keterangan	Panas		Satuan
		Masuk	Keluar	
1.	Panas Pembakaran Fuel gas dan Acid Gas	159249378,1		BTU/jam
2.	Panas Sensible Fuel gas	130427,1		BTU/jam
3.	Panas Sensible Acid gas	1472629,7		BTU/jam
4.	Panas Sensible Udara Pembakaran	3009319,4		BTU/jam
5.	Panas Yang Terabsorb Hot Oil		103685864,7	BTU/jam
6.	Panas Yang Hilang		60175889,6	BTU/jam
	Total	163861754,3	103.685.864,7	BTU/jam

Sehingga dari data neraca massa diatas didapatkan efisiensinya sebesar berikut :

$$\text{Efisiensi Thermal oxidizer} = \frac{103.685.864,7}{163.861.754,3} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Thermal oxidizer} = 63.27 \%$$

Berdasarkan data operasional dari thermal oxidizer didapatkan neraca massa seperti pada Tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2. Data Operasional Thermal Oxidizer**

Neraca Masa Total				
No	Keterangan	Panas		Satuan
		Masuk	Keluar	
1	Panas Pembakaran Fuel gas dan Acid Gas	134480210,4		BTU/jam
2	Panas Sensible Fuel gas	129380,3		BTU/jam
3	Panas Sensible Acid gas	420425,4		BTU/jam
4	Panas Sensible Udara Pembakaran	1766637,5		BTU/jam
5	Panas Yang Terabsorb Hot Oil		62403748,7	BTU/jam
6	Panas Yang Hilang		74392904,9	BTU/jam
Total		136796653,5	62.403.748,7	BTU/jam

Sehingga dari data neraca massa diatas didapatkan efisiensinya sebesar berikut :

$$\text{Efisiensi Thermal oxidizer} = \frac{62.403.748,7}{136.796.653,5} \times 100\%$$

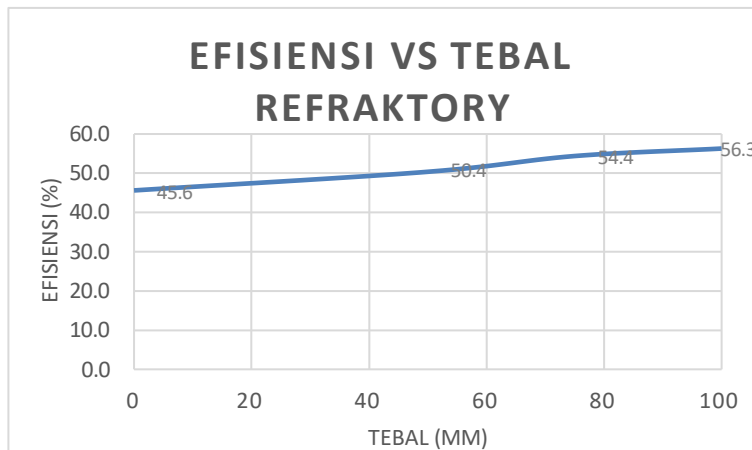
$$\text{Efisiensi Thermal oxidizer} = 45,61\%$$

Berdasarkan analisis data desain dan operasional, perhitungan panas dan efisiensi menunjukkan adanya heat loss sebesar 74.392.904,88 Btu/jam dari proses pembakaran. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi kinerja alat thermal oxidizer sebesar 17,66%, dari 63,27% menjadi 45,61%. Penurunan kinerja ini diindikasikan terjadi pada bagian chamber, yang disebabkan oleh ketiadaan refraktori dan kurang optimalnya pemeliharaan alat. *Heat loss* yang signifikan ini berdampak besar pada rendahnya efisiensi alat. Untuk mengatasi masalah ini, penulis berupaya melakukan optimalisasi design pada thermal oxidizer agar mendapatkan efisiensi thermal yang sesuai dengan data design efisiensinya. Tabel 3 berikut adalah data optimasi yang didapatkan ketika chamber sudah ditambahkan ketebalan refraktori.

**Tabel 3. Data Penambahan ketebalan Refraktori**

Tebal Refraktori	0 mm	50 mm	75 mm	100 mm	Satuan
Panas Yang Terabsorb Hot Oil	62403748,7	68903748,7	74403748,7	77003748,7	BTU/jam
Panas Yang Hilang	74392904,9	67892904,9	62392904,9	59792904,9	BTU/jam

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa semakin besar tebal refraktori maka akan semakin besar pula panas yang akan terabsorbsi ke hot oil sedangkan berbanding terbalik dengan panas yang akan hilang. Ketika tebal refraktori di perbesar maka panas yang akan hilang semakin kecil. Panas yang hilang atau heatloss ini akan berhubungan dengan efisiensi yang diperoleh dari peralatan ini. Gambar 2 berikut merupakan efisiensi thermal yang didapatkan melalui data diatas :



**Gambar 2. Efisiensi vs Tebal Refraktory**

Dari Gambar 2 diatas semakin tebal *refraktory* yang digunakan maka akan semakin besar pula efisiensi *thermal* yang didapatkan. Dengan data aktual yang ada, dengan ketebalan *refraktory* 0 mm mendapatkan efisiensi *thermal* yang jauh di bawah data design yaitu sebesar 45,61 %, untuk meningkatkan sebuah efisiensi *thermal* penulis merekomendasikan adanya penambahan tebal *refraktory* dari mulai 50mm 75mm dan 100mm dengan range 25mm. Pada ketebalan refraktori 50mm didapatkan 50,4%, ketebalan 75mm didapatkan 54,4% dan ketebalan 100mm didapatkan 56,3%. Hal tersebut telah terbukti pada penelitian (Khoirudin dkk, 2018) semakin tebal material isolasi akan menurunkan temperatur dinding luar pada *thermal oxidizer* yang dimana nilai panas yang hilang akan semakin kecil dan panas yang terserap *hot oil* akan semakin besar nilainya dan pada pembakaran gas-gas *toxic* akan semakin sempurna. Sehingga efisiensi *thermal oxidizer* dapat mendekati dengan data design dari efisiensi *thermal oxidizer*.

Refraktori dapat mengurangi risiko kebakaran karna refraktori membantu menjaga suhu permukaan luar TOX tetap rendah, selain itu juga refraktori dapat menjaga suhu internal tetap stabil dan mencegah titik panas yang ekstrme, jika suhu internal tetap stabil memungkinkan pembakaran di dalam chamber terjadi pembakaran sempurna dan meningkatkan efisiensi pembakaran sehingga dapat mengurangi emisi gas buang yang berbahaya. Penulis menyarankan salah satu jenis refraktori yang baik dalam proses menahan sebuah panas untuk pembakaran gas-gas *toxic* adalah refraktori yang menggunakan *fiber blanket* dengan jenis CR 1430, hal tersebut telah terbukti pada penelitian sebelumnya. Yang dimana mempunyai sifat mampu menahan panas hingga suhu tinggi.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil optimasi *thermal oxidizer* dapat di kesimpulan bahwa Efisiensi alat yang rendah yaitu 45,61% menandakan bahwa alat tidak bekerja optimal yang salah satu penyebabnya adalah *heat loss* pada chamber. Maka harus dilakukannya penambahan ketebalan refraktori agar memperkecil terjadinya *heat loss* pada chamber. Dari variasi perhitungan penambahan ketebalan refraktori, mulai dari 50mm, 75mm, 100mm dapat memperkecil *heat loss* yang terjadi pada chamber. Penambahan refraktori 75mm pada chamber merupakan variabel yang paling direkomendasikan karna masih terjangkau dan memiliki efisiensi kinerja alat sebesar 54.4%. Penambahan refraktori dapat mengurangi resiko kebakaran dan ledakan, karna dapat menjaga suhu internal yang stabil dan mencegah titik panas yang ekstrem, dan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga mengurangi emisi berbahaya.



## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfian, “ANALISA HEAT BALANCE THERMAL OXIDIZER DENGAN WASTE RECOVERY UNIT (STUDI KASUS CENTRAL PROCESSING PLANT),” Surabaya, 2020.
- [2] A. Nursabrina, T. Joko, and O. Septiani, “KONDISI PENGELOLAAN LIMBAH B3 INDUSTRI DI INDONESIA DAN POTENSI DAMPAKNYA: STUDI LITERATUR,” *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, vol. 13, no. 1, pp. 80–90, Aug. 2021, doi: 10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841.
- [3] N. Andri Silviana, A. Rahim Matondang, dan Juliza Hidayati, J. T. Maas Kampus USU, M. JI Ranga Sentap-Dalong, and K. Barat, “PEMANFAATAN GAS FLARE DENGAN PENDEKATAN GREEN PRODUCTIVITY DI PT.XY,” *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 19, no. 1, 2017.
- [4] Eka, “ANALISA PENGARUH DAN HUBUNGAN TEMPERATUR AMINE, TEKANAN FEED GAS DAN LAJU ALIR FEED GAS TERHADAP PENYERAPAN CO<sub>2</sub> PADA UNIT 1C-2 ABSORBER (STUDI KASUS PT. XYZ),” 2020.
- [5] O. : Sumartono *et al.*, “PENGOLAHAN GAS LIMBAH PROYEK GAS NATUNA,” 2021.
- [6] H. Susastrio, D. Ginting, E. W. Sinuraya, and G. M. Pasaribu, “Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 28–34, Mar. 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.8137.
- [7] F. Surya Perkasa, P. E. Sukowati Field Haritsa Hammami, and P. EPCepu Field, “Eliminated Shutdown Thermal Oxidizer (TOx) by Manipulated Wave Signal of Flame Scanner with UV-IR Wave.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>
- [8] J. T. Lingkungan, N. Gusdini, N. Mediana, and R. Pratiwi, “Uji Kinerja Insinerator dan Alat Pengendali Pencemaran Udara untuk Meminimalkan Dampak Limbah B3 Performance Testing of Incinerator and Air Pollution Control Tools to Minimize the Impact of Hazardous Waste,” vol. 24, no. 1, 2023.
- [9] A. Rifai, A. Irawan, and T. Kurniawan, “KAJIAN LITERATUR MENGENAI SIMULASI DINAMIK UNTUK QUANTITAVE RISK ANALISIS (QRA) DI THERMAL OXIDATOR (TOX),” 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- [10] T. Panggabean, T. Mandang, L. O. Nelwan, and W. Hermawan, “Pengaruh Laju Umpan Bahan Bakar dan Laju Aliran Udara terhadap Kinerja Pembakaran Tungku Fixed Bed,” *agriTECH*, vol. 43, no. 1, p. 32, Feb. 2023, doi: 10.22146/agritech.70508.
- [11] M. Hidayat, D. T. Hartanto, M. M. Azis, and S. Sutijan, “Studi Penambahan Etilena Glikol dalam Menghambat Pembentukan Metana Hidrat pada Proses Pemurnian Gas Alam,” *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 14, no. 2, p. 198, Dec. 2020, doi: 10.22146/jrekpros.59871.

### Daftar Simbol

Q	=	Jumlah panas sensibel bahan bakar (Btu/jam)
LHV	=	Lower Heating Velue (Btu/lb)
m	=	Massa bahan bakar yang digunakan (lb/jam)
C <sub>p</sub>	=	Panas jenis bahan bakar (Btu/lb <sup>o</sup> F)
SG	=	Specific Grafity
$\Delta T$	=	Selisih suhu bahan bakar gas dengan suhu basis ( <sup>o</sup> F)
m <sub>1</sub>	=	Massa hot oil masuk (lb)
m <sub>2</sub>	=	Massa hot oil keluar (lb)
H <sub>1</sub>	=	Entalphy hot oil masuk (Btu/lb)
H <sub>2</sub>	=	Entalphy hot oil keluar (Btu/lb)