

PERHITUNGAN NERACA ENERGI *CONVERTER* (30-R-1201) PADA UNIT ASAM SULFAT PABRIK III B PT PETROKIMIA GRESIK

¹Mia Narulita, ¹Aulia Sari Az Zahra ¹Mufid, ²Alex Zainul Fanani

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²PT Petrokimia Gresik, Jl. Jendral A. Yani, Gresik, Indonesia

mianarulita44@gmail.com, [mufid@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan penghasil pupuk terbesar yang ada di Indonesia. Total produksi PT Petrokimia Gresik bahkan mencapai 8,9 ton/hari. Selain produk pupuk PT Petrokimia juga memproduksi produk non pupuk. Salah satu produk non pupuk adalah asam sulfat. Bahan baku utama pada proses produksi asam sulfat adalah sulfur padat yang dicairkan. Pada proses produksi asam sulfat terdapat proses konversi SO_2 menjadi SO_3 pada alat bernama *converter*. Konversi pada *converter* ini cukup tinggi yaitu mencapai 99,89% dengan jumlah *bed* sebanyak empat buah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung neraca energi dari *converter* dan *heat exchanger* sehingga dapat diketahui energi yang hilang pada *converter* dan *heat exchanger*. Perhitungan neraca energi dilakukan dengan pengambilan data berupa suhu dari *converter* maupun *heat exchanger*. Dari hasil perhitungan neraca energi didapatkan hasil energi yang masuk dan keluar dari *bed* 1, 2, 3, dan 4 secara berturut turut adalah 95412242 kJ/jam, 102101961 kJ/jam, 95382723 kJ/jam, 70804277 kJ/jam. Energi masuk dan keluar dari *heat exchanger* 1 dan 2 serta *economizer* 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 145083130 kJ/jam, 119825841 kJ/jam, 107677032 kJ/jam, 74258712 kJ/jam. Sedangkan total energi yang hilang adalah 1147182 kJ/jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa energi yang hilang pada *converter* dan *heat exchanger* cukup besar sehingga perlu dilakukan isolasi untuk mencegah hilangnya energi.

Kata kunci: konversi SO_2 , *converter*, neraca energi

ABSTRACT

PT Petrokimia Gresik is the largest fertilizer producer in Indonesia. The total production of PT Petrokimia Gresik even reaches 8.9 tons/day. PT Petrokimia also produces non-fertilizer products. One of the non-fertilizer products is sulfuric acid. The main raw material in the sulfuric acid production process is liquefied sulfur. In the sulfuric acid production process, there is a process called SO_2 conversion which take places in *converter*. The conversion of this process is quite high, reaching 99.89% in four beds. The purpose of this research is to calculate the energy balance of the *converter* and the *heat exchanger* so the amount of energy loses from *conveter* and *heat exchanger* will be known. Energy balance calculation is started from taking the data of temperature of *converter* and *heat exchanger*. The results of the energy balance calculation are the energy that entering and leaving the 1st, 2nd, 3rd, and 4th beds respectively are 95412242 kJ/hour, 102101961 kJ/hour, 95382723 kJ/hour, 70804277 kJ/hour. The energy that entering and leaving the 1st and 2nd heat exchangers also the 1st and 2nd *economizer* respectively are 145083130 kJ/hour, 119825841 kJ/hour, 107677032 kJ/hour, 74258712 kJ/hour. While the amount of energy loses is 1147182 kJ/hour. It shows that the energy loses of the *converter* and *heat exchanger* is quite large so isolation is needed to prevent the energy loses.

Keywords: SO_2 conversion, *coverter*, energy balance

1. PENDAHULUAN

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan penghasil pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia. Selain memproduksi pupuk PT Petrokimia Gresik juga memproduksi bahan kimia. PT Petrokimia Gresik awalnya disebut sebagai Proyek Petrokimia Surabaya yang penandatanganan kontrak pembangunannya dilakukan pada tanggal 10 Agustus 1964. Setelah proyek ini berhasil diselesaikan kemudian pada 10 Juli 1972 diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia yaitu HM. Soeharto dan berubah bentuk menjadi Perum Petrokimia Gresik. Kemudian pada tanggal 10 Juli 1975 Perum Petrokimia Gresik berubah menjadi PT Petrokimia Gresik hingga sekarang [1].

PT Petrokimia Gresik terus mengalami perkembangan seiring dengan berjalannya waktu. Saat ini PT Petrokimia Gresik telah menempati areal lebih dari 450 hektar di Kabupaten Gresik dengan total produksi mencapai 8,9 juta ton/tahun. PT Petrokimia Gresik memproduksi produk pupuk dan juga non pupuk. Produk pupuk yang diproduksi PT Petrokimia Gresik di antaranya adalah pupuk urea, ZA, Phonska, KCl, dll. Sedangkan untuk produk non pupuk di antaranya adalah Petro Hibrid, Petro Seed, Petro Biofeed, bahan kimia, dll. Bahan kimia yang diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik di antaranya adalah asam sulfat, asam fosfat, aluminum florida, gipsum, dll [1].

Pada penelitian Zahidin, dkk. dilakukan perhitungan neraca massa, neraca energi dan juga efisiensi pada *rotary kiln*. Perhitungan-perhitungan tersebut nantinya akan digunakan untuk melakukan evaluasi pada *rotary kiln* dan untuk mengetahui kelayakan dari alat tersebut. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah diketahui bahwa efisiensi *rotary kiln* sebesar 90,89% [2].

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa perhitungan neraca energi cukup penting untuk dilakukan. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung neraca energi pada *converter*. Sehingga dari neraca energi tersebut dapat diketahui energi yang dibutuhkan dan dikeluarkan pada proses konversi SO_2 menjadi SO_3 .

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Operasi *Converter*

Tabel 1. Data Suhu dan Mol yang Masuk dan Keluar *Converter* dan *Heat Exchanger*

Nama Alat	T in (°C)	T out (°C)	Mol in (kmol/jam)	Mol out (kmol/jam)
<i>Converter Bed I</i>	420	614	7360,0800	7106,7599
<i>Converter Bed II</i>	440	509	7106,7599	6989,3148
<i>Converter Bed III</i>	440	459	6989,3148	6975,7633
<i>Converter Bed IV</i>	410	428	6189,5700	6188,9024
1 st <i>Heat exchanger</i> (30-E-1102)	614	440	7106,7599	7106,7599
2 nd <i>Heat exchanger</i> (30-E-1202)	509	440	6989,3148	6989,3148
1 st <i>Economizer</i> (30-E-1203)	459	220	6975,7633	6975,7633
2 nd <i>Economizer</i> (30-E-1204)	428	190	6188,9024	6188,9024

Sumber: PT Petrokimia Gresik [3]

2.2. Metode Perhitungan

Pada dasarnya perhitungan neraca energi adalah berdasarkan energi yang masuk ke dalam sistem dan yang keluar dari sistem [4]. Persamaan neraca energi secara umum seperti dicantumkan pada persamaan (1) [5]:

$$\text{Energi akumulasi} = \text{Energi masuk sistem} - \text{Energi keluar sistem} \quad (1)$$

Namun persamaan tersebut berlaku jika tidak terdapat reaksi pada proses yang berlangsung. Sedangkan jika dalam suatu proses terdapat reaksi yang terjadi maka persamaan untuk menghitung neraca energi menjadi berbeda. Persamaan (2) adalah sebagai berikut [5]:

$$Q = \Delta H_{out} - \Delta H_{in} + \Delta H_{rxn} \quad (2)$$

Keterangan:

Q = energi masuk/keluar sistem (kJ/jam)

ΔH_{out} = entalpi yang keluar dari sistem (kJ/jam)

ΔH_{in} = entalpi yang masuk ke dalam sistem (kJ/jam)

ΔH_{rxn} = energi hasil reaksi (kJ/jam)

Untuk menghitung neraca energi tentunya harus diketahui terlebih dahulu massa atau mol yang masuk dan keluar. Selanjutnya dilanjutkan dengan menghitung entalpi yang masuk dan keluar dari sistem. Setelah didapatkan entalpi selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan dan akan diketahui jumlah energi yang masuk dan keluar sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Converter pada proses pembuatan asam sulfat berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengontakkan antara gas SO_2 dengan *dry air* dengan bantuan katalis yaitu Vanadium Pentoksida sehingga akan menghasilkan gas SO_3 . *Converter* ini menggunakan proses *double contact* dengan jumlah *bed* sebanyak empat buah. Kontak pertama terjadi pada *bed* 1-3 sedangkan kontak kedua terjadi pada *bed* 4. Suhu komponen yang masuk ke dalam *converter* harus diatur pada suhu sekitar $400^\circ C$. Oleh karena itu setelah gas SO_3 keluar *converter* selanjutnya akan dibawa menuju *heat exchanger* agar suhu sebelum masuk *bed* selanjutnya sesuai. Dari hasil perhitungan neraca energi yang dilakukan di setiap *bed* dan juga *heat exchanger* didapatkan energi yang masuk dan keluar jumlahnya adalah sama.

Tabel 2. Neraca Energi *Converter Bed I*

Energi Masuk		Energi Keluar	
ΔH_1	95412290	ΔH_2	145083130
ΔH_{reaksi}	-48,620	Q_{loss}	305636
		Q	-49976524
Total energi (kJ/jam)	95412242	Total energi (kJ/jam)	95412242

Tabel 3. Neraca Energi *Converter Bed II*

Energi Masuk		Energi Keluar	
ΔH_1	102101984	ΔH_2	119825841
ΔH_{reaksi}	-22,541	Q_{loss}	108857
		Q	-17832737
Total energi (kJ/jam)	102101961	Total energi (kJ/jam)	102101961

Tabel 4. Neraca Energi Converter Bed III

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	95382726	$\Delta H2$	107677032
ΔH_{reaksi}	-2,601	Q_{loss}	41868
		Q	-12336177
Total energi (kJ/jam)	95382723	Total energi (kJ/jam)	95382723

Tabel 5. Neraca Energi Converter Bed IV

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	70804277	$\Delta H2$	74258712
ΔH_{reaksi}	-0,128	Q_{loss}	29308
		Q	-3483743
Total energi (kJ/jam)	70804277	Total energi (kJ/jam)	70804277

Tabel 6. Neraca Energi 1st Heat Exchanger (30-E-1102)

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	145083130	$\Delta H2$	102101984
		Q_{loss}	159098
		Q	42822048
Total energi (kJ/jam)	145083130	Total energi (kJ/jam)	145083130

Tabel 7. Neraca Energi 2nd Heat Exchanger (30-E-1202)

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	119825841	$\Delta H2$	102964939
		Q_{loss}	142351
		Q	16718551
Total energi (kJ/jam)	119825841	Total energi (kJ/jam)	119825841

Tabel 8. Neraca Energi 1st Economizer (30-E-1203)

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	107677032	$\Delta H2$	52432013
		Q_{loss}	180032
		Q	55064986
Total energi (kJ/jam)	107677032	Total energi (kJ/jam)	107677032

Tabel 9. Neraca Energi 2nd Economizer (30-E-1204)

Energi Masuk		Energi Keluar	
$\Delta H1$	74258712	$\Delta H2$	29188695
		Q_{loss}	180032
		Q	44889985
Total energi (kJ/jam)	74258712	Total energi (kJ/jam)	74258712

Keterangan:

 $\Delta H1$ = entalpi yang masuk ke dalam sistem (kJ/jam) $\Delta H2$ = entalpi yang keluar dari sistem (kJ/jam) ΔH_{reaksi} = energi hasil reaksi (kJ/jam)

Q	= energi masuk/keluar sistem (kJ/jam)
Q _{loss}	= energi yang hilang (kJ/jam)

Perhitungan neraca energi di atas menggunakan basis perhitungan satu jam operasi. Bahan yang masuk dalam *converter* berupa gas SO₂ dan *dry air*. Sedangkan bahan keluar dari *converter* yaitu berupa gas SO₃ dan sedikit sisa gas SO₂ yang tidak bereaksi. Gas SO₂ yang tidak bereaksi nantinya akan diproses lebih lanjut agar tidak terbuang sia-sia. Selain itu karena energi yang dihasilkan pada proses ini cukup tinggi maka energi tersebut dimanfaatkan juga untuk keperluan yang lain.

Energi yang masuk ke dalam sistem atau setiap *bed converter* meliputi energi umpan *bed converter* dan juga energi reaksi. Energi hasil reaksi pada tabel 2 hingga tabel 5 diketahui bernilai negatif, hal tersebut menandakan bahwa reaksi yang terjadi bersifat eksotermis. Sedangkan energi yang keluar dari system atau *bed converter* meliputi energi produk dan energi yang hilang. Energi yang hilang ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi energi proses, semakin besar energi yang hilang maka semakin turun efisiensi energi proses, oleh karena itu sebisa mungkin untuk dihindari [6].

Berdasarkan tabel 2 hingga tabel 5 dapat diketahui bahwa energi yang masuk dan keluar dari *bed 1, 2, 3, dan 4* adalah sebesar 95412242 kJ/jam, 102101961 kJ/jam, 95382723 kJ/jam, 70804277 kJ/jam. Sedangkan untuk total energi yang hilang pada *converter* adalah sebesar 485669 kJ/jam. Meskipun total energi yang hilang ini relatif kecil namun dengan adanya energi yang hilang dapat mempengaruhi efisiensi dari suatu alat [6].

Energi yang masuk ke dalam *heat exchanger* dan juga *economizer* adalah energi produk hasil konversi dan energi yang keluar dari sistem merupakan energi produk yang akan digunakan sebagai umpan pada *bed converter* selanjutnya dan energi yang hilang. Pada *heat exchanger* dan juga *economizer* ini terjadi pertukaran energi yang memanfaatkan energi tersebut untuk keperluan lain seperti dimanfaatkan pada *Waste Heat Boiler* atau WHB sehingga dihasilkan *superheated steam* untuk menggerakkan *steam turbine generator* 17,5 MW [3].

Berdasarkan tabel 6 hingga 9 diketahui bahwa total energi pada *heat exchanger* maupun *economizer* adalah 145083130 kJ/jam, 119825841 kJ/jam, 107677032 kJ/jam, 74258712 kJ/jam. Pada proses yang terjadi pada *heat exchanger* dan *economizer* adalah proses pendinginan, sehingga pada tidak terdapat energi reaksi. Nilai energi yang hilang pada *heat exchanger* dan *economizer* ini lebih tinggi dibandingkan pada *bed converter* yaitu sebesar 661513 kJ/jam, besarnya nilai energi yang hilang dapat mempengaruhi efisiensi dari suatu alat. Semakin besar nilai energi yang hilang maka efisiensi semakin menurun [6].

Seluruh hasil perhitungan neraca energi diketahui bahwa jumlah energi dari setiap alat memang *berbeda*, hal tersebut dikarenakan *perbedaan* jumlah umpan dan suhu pada proses. Hasil perhitungan neraca energi akan sangat membantu pekerjaan dalam menghitung efisiensi alat tersebut [7]. Sehingga dengan adanya evaluasi efisiensi tersebut dapat diketahui kelayakan alat tersebut.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan total energi yang masuk dan keluar dari *bed 1, 2, 3, dan 4* secara berturut turut adalah 95412242 kJ/jam, 102101961 kJ/jam, 95382723 kJ/jam,

70804277 kJ/jam. Energi masuk dan keluar dari *heat exchanger* 1 dan 2 serta *economizer* 1 dan 2 secara berturut-turut adalah 145083130 kJ/jam, 119825841 kJ/jam, 107677032 kJ/jam, 74258712 kJ/jam. Sedangkan total energi yang hilang adalah 1147182 kJ/jam. Jumlah energi yang hilang cukuplah besar, sehingga untuk mengantisipasinya dapat dilakukan isolasi yang lebih baik lagi agar energi tidak terbuang dengan percuma.

REFERENSI

- [1] Trivanni, I. A., 2017, *Laporan Praktik Kerja Lapangan di PT Petrokimia Gresik*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [2] Zahidin, A., and Rubianto, L., 2020, *Perhitungan Neraca Massa, Neraca Energi dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja RKC 3 PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.*, Distilat J. Teknol. Separasi, Vol. 6, No. 2, pp. 309–315.
- [3] Sajogo, T. T., 2015, *Uraian Proses Sulphuric Acid Plant 1850 MTPD*. PT Petrokimia Gresik, Gresik.
- [4] Alexander, M. A., 2018, *Neraca Masa Dan Neraca Energi Pengelolaan Sampah Terpadu – Penujah Kabupaten Tegal*, Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin, Vol. 8, No. 3, pp. 129–138.
- [5] Himmelblau, D. M., and Riggs, J. B., 2004, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 7th Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [6] Munawaroh, S. I., Azizah, N., Mufid, and Subur, M., 2021, *Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi Evaporator Pada Unit Kilang PPSDM Migas Cepu*, Distilat J. Teknol. Separasi, Vol. 7, No. 1, pp. 13–19.
- [7] Ramadhany, R. L., and Hardjono, 2020, *Perhitungan Energi Mekanis Pada Efisiensi Pompa Feed Boiler Water di Unit Waste Sulphuric Acid*, Distilat J. Teknol. Separasi, Vol. 6, No. 9, pp. 304–308.