

Analisa Kelayakan Pada Alat *Heat Exchanger* E-023 Unit *Syn Gas* Departemen Produksi PT. Oxo Nusantara

Feasibility Study on the E-023 Heat Exchanger Syn Gas Unit on Production Department of PT Oxo Nusantara

Tarisa D Anastasya, Benny A. Pambudiarto

Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik –Indonesia

**Email: tarisa_190606@umg.ac.id*

ABSTRAK: PT.Oxo Nusantara merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi *2-etilheksanol* (2EH), *Normal Butanol* (NBA) dan *Iso Butanol* (IBA). Total produksi pada PT Oxo Nusantara yakni 150.000 Ton/Tahun dengan masing – masing produk 2-EH sebanyak 135.000 MT/Tahun, Produk NBA sebanyak 500 MT/Tahun dan IBA sebanyak 14.500 MT/Tahun serta gas CO₂ sebanyak 33.000 MT/Tahun. Proses produksinya terbagi menjadi dua unit proses yakni unit proses *syn gas* dan unit *octanol*. Bahan baku yang digunakan dalam kedua proses ini juga berbeda, pada unit *syn gas* menggunakan *natural gas* dan *hydrogen* sebagai bahan baku utama sedangkan pada unit *octanol* menggunakan bahan baku *steam*, gas *oxo*, dan *propylene*.

Pembentukan *syn gas* di PT Oxo Nusantara memiliki beberapa tahapan proses dari desulfurasi, *Pre-reformer*, *reformer*, CO₂ Removal, *unit membrane* dan Unit *PSA*. Unit *syn gas* akan menghasilkan produk *hydrogen* dengan *impurities* mencapai 99,99% sedangkan untuk produk gas *oxo* yang dihasilkan memiliki rasio perbandingan H₂ dengan CO₂ menjadi 1.01<1.1. *Heat exchanger* yang akan dianalisa adalah HE dengan jenis *Stripper Overhead Condenser* (E-023) yang digunakan untuk mendinginkan campuran CO₂ dan air hingga mencapai suhu 40°C. Untuk air kondensat yang terbentuk di E-023 akan dikembalikan ke *tubular reformer* dan *lean solution* akan keluar pada bagian bawah dan akan dialirkan menuju E-022. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan terhadap kinerja pada alat *heat exchanger* E-023 nilai *fouling factor* mencapai 0.150046 m²°C h/kcal dengan nilai *pressure drop* 0,0723 kg/cm² pada *tube* dan 0,3374 kg/cm² pada *shell*. besarnya nilai *fouling factor* dan *pressure drop* disebabkan karena adanya *fouling* pada alat E-023 sehingga diperlukan adanya pembersihan

Kata kunci: *Syn Gas*, Analisa Kelayakan, *Heat Exchanger*

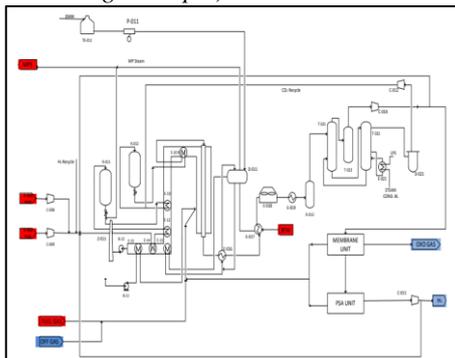
ABSTRACT: *PT.Oxo Nusantara is a company that produces 2-ethylhexanol (2EH), Normal Butanol (NBA) and Iso Butanol (IBA). Total production at PT Oxo Nusantara is 150.000 tons/year with each 2-EH product of 135.000 MT/year, NBA products of 500 MT/year and IBA of 14.500 MT/year and CO₂ gas of 33.000 MT/year. In the production process, it is divided into two process units, namely the syn gas process unit and the octanol unit. The raw materials used in these two processes are also different, the syn gas unit uses natural gas and hydrogen as the main raw materials, while the octanol unit uses steam, oxo gas and propylene as raw materials. The formation of syn gas at PT Oxo Nusantara has several process stages from desulphuration, pre-reformer, reformer, CO₂ removal, membrane unit and PSA unit. The syn gas unit will produce hydrogen products with impurities reaching 99,99% while for the oxo gas products produced the ratio of H₂ to CO₂ is 1.01<1.1. The heat exchanger to be analyzed is HE with a Stripper Overhead Condenser type (E-023) which*

used to cool a mixture of CO₂ and water to a temperature of 40°C. The condensate water formed in E-023 will be returned to the tubular reformer and the lean solution will come out at the bottom and will flow to E-022. Based on the results of the analysis and calculation of the performance of the E-023 heat exchanger, the fouling factor reached 0.150046 m²°C h/kcal with a pressure drop value of 0,0723 kg/cm² for the tube and 0,3374 kg/cm² for the shell. The large value of the fouling factor and pressure drop is due to the presence of fouling on the E-023 tool so that cleaning is needed

Keywords: Syn Gas, Feasibility Analysis, Heat Exchanger

1. PENDAHULUAN

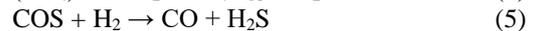
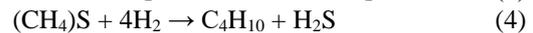
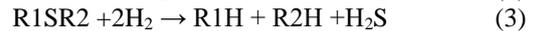
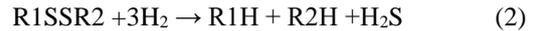
Synthetic Gas (*Syn Gas*) merupakan suatu gas campuran dengan komponen utamanya berupa gas karbon monoksida (CO₂) dan hidrogen (H₂). *Syn gas* biasanya digunakan sebagai bahan bakar serta bahan baku dalam membuat zat kimia baru seperti metana (CH₄), ammonia (NH₄) dan urea (Iswanto,2015). Proses produksi *syn gas* di PT Oxo Nusantara dirancang untuk memproduksi gas sintesis berupa gas hidrogen (H₂), karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Proses produksi *syn gas* terbagi menjadi beberapa bagian utama meliputi: desulfurasi, *Pre reformer*, *reformer*, CO₂ removal, *unit membrane*, dan unit PSA (pressure swing adsorpsi).



Gambar 1. Proses Flow Diagram Syn Gas Production

Syn gas memiliki bahan baku utama yakni *natural gas* dan hidrogen. Proses produksi *syn gas* mula-mula senyawa kimia di gas alam yang berupa *sulfur* yang dihilangkan atau dikenal dengan proses desulfurasi. Kandungan *sulfur* yang diizinkan pada proses desulfurasi ini kurang dari 50 ppb. Penghilangan kandungan *sulfur* sendiri dilakukan karena pada bagian *reforming* memiliki katalis yang cukup sensitif terhadap kandungan *sulfur*. Jenis katalis yang digunakan dalam desulfurasi ini memiliki dua jenis katalis yaitu : pertama katalis *nickel molybdenum hydrogenation* yang berfungsi untuk hidrogenasi katalis dan yang kedua *zinc oxide sulphur adsorption* yang berfungsi sebagai penjerap kandungan *sulfur*.

Dalam proses hidrogenasi gas alam dengan menggunakan katalis *nickel molybdenum hydrogenation* terjadi reaksi sebagai berikut :



R disini merupakan radikal hidrokarbon dimana katalisator dari hidrogenasi ini tergantung pada konsentrasi dan suhu hidrogen yang masuk kedalam reaktor. Semakin rendah suhu yang digunakan dapat menyebabkan ketidaksempurnaan reaksi antara *natural gas* dan hidrogen namun jika semakin tinggi suhu yang akan digunakan maka akan menyebabkan penurunan aktifitas dari katalisator yang digunakan. Selain hal tersebut katalis juga tidak boleh berkontak langsung dengan hidrokarbon yang belum dicampur dengan hidrogen hal ini akan menyebabkan kenaikan jumlah sulfur pada bagian *reformer*.

Pada proses adsorpsi *sulfur* dengan menggunakan katalis *zinc oxide* akan membentuk reaksi sebagai berikut:

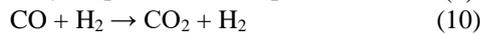
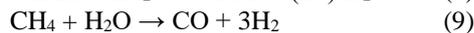


Umpan dari gas alam yang masih mengandung 5% mol CO₂ juga akan bereaksi dengan *hidrogen recyle*, dengan reaksi sebagai berikut:



Steam yang terbentuk pada reaksi (7) akan mempengaruhi pada reaksi (6) yang mana akan memberikan kenaikan pada *sulfur* yang akan menuju *reformer* sehingga diperlukan suhu yang sesuai pada reaktor agar meminimalkan terbentuknya *steam* namun tetap memberikan adsorpsi yang maksimum pada H₂S. Hasil akhir pada penyerapan *sulfur* yang keluar akan dilanjutkan dengan proses *reforming*. *Natural gas* yang telah bebas dari kandungan *sulfur* ini akan direkasikan dengan steam sehingga menjadi gas campuran berupa CO dan H₂ selain reaksi utama yang terjadi terdapat pula reaksi samping antara gas CO dengan *steam* yang akan menghasilkan CO₂ dan H₂. Dalam proses *reforming* ini membutuhkan suhu yang tepat dikarenakan apabila suhu yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan dekomposisi gas alam atau terbentuknya rantai karbon. Pembentukan rantai karbon yang tidak diinginkan akan mengakibatkan peningkatan *pressure drop* pada reaktor serta deposit dari karbon ini akan menyebabkan terpengaruhnya kekuatan mekanik serta aktivitas dari katalis dan apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi dapat menyebabkan polimerisasi. Proses *reformer* ini terbagi menjadi

dua yakni *pre-reformer* dan *tubular reformer*. *Pre-reformer* merupakan suatu reaktor yang digunakan untuk memutuskan rantai panjang dari hidrokarbon yang mungkin masih terdapat dalam *natural gas*. Rantai panjang hidrokarbon ini akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti metana (CH_4). Dalam *pre-reformer* terjadi reaksi yang sama dengan *reformer* namun yang membedakan suhu yang digunakan *pre-reformer* ini lebih rendah. Hasil dari keluaran *reformer* ini berupa campuran gas CO , CO_2 , H_2 , CH_4 dan *steam*. Setelah direaksikan secara parsial pada proses *pre-reformer*, hasil dari reforming ini akan dilanjutkan di *tubular reformer*. *Tubular reformer* ini dirancang dengan tinggi mencapai 13 meter dengan 57 *tube* dan 108 *burner* yang terletak pada sisi utara dan selatan dengan masing-masing 54 *burner*. Proses *tubular reformer* ini menggunakan dua jenis katalis yaitu LDP-210 dan LSP-330. LDP – 210 berada pada *bed* bagian atas yang memiliki fungsi sebagai pemecah hidrokarbon yang telah melalui proses *pre-reformer* untuk menghasilkan gas CO dan H_2 dan sedangkan LSP-330 yang berada di *bed* kedua ini memiliki fungsi sebagai pengubah metana menjadi CO_2 dan H_2 dengan reaksi sebagai berikut:

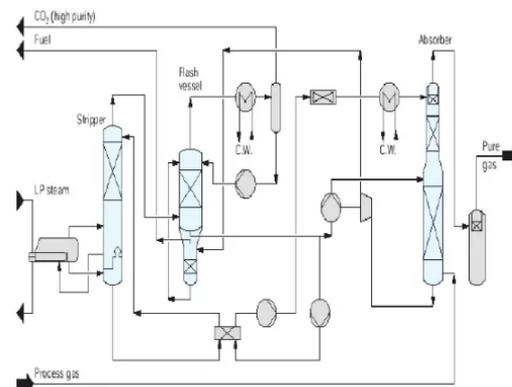


Pada reaksi (8) dan reaksi (9) berlangsung secara *endoterm* sedangkan pada reaksi (10) berlangsung secara *eksoterm*. Pada proses *reformer gas* proses yang terbentuk adalah CO , CO_2 , H_2 , CH_4 dengan tingkat keberhasilan yang bisa dilihat dari gas proses yang terbentuk serta *methane slip* yang terdapat pada gas proses kurang dari 1%.

Proses selanjutnya dari *syn gas* adalah CO_2 removal yang merupakan unit pengambilan senyawa CO_2 dari campuran gas proses. CO_2 removal ini terbentuk dari dua tahap yakni CO_2 adsorption dan CO_2 stripping. Adsorben yang digunakan dalam proses CO_2 ini adalah MDEA solution (Methyl Diethanolamine). Adsorben MDEA dipilih karena tidak memiliki sifat korosif dan lebih mudah untuk melepaskan CO_2 pada saat proses *stripping*. Kandungan CO_2 yang semula sekitar 6% (v) diturunkan hingga mencapai dibawah 50 ppm. *Syn gas* yang keluar dari *water scrubber* untuk mengambil sejumlah larutan MDEA dengan konsentrasi 5 ppm, kemudian gas akan dikompresi dari tekanan 8,1 menjadi 23,8 $\text{kg/cm}^2\text{G}$ dan selanjutnya *syn gas* akan diproses menuju *unit membrane*. *Unit membrane* digunakan untuk mengambil H_2 berlebih yang ada pada *syn gas* sehingga *syn gas* yang diperoleh memiliki perbandingan antara H_2 dengan CO_2 menjadi 1.01. *unit membrane* memiliki 2 *stage* pada *stage* pertama memiliki 18 modul yang terdiri dari dua *stage* dimana *stage* yang pertama berisikan modul 1-9, untuk bagian kedua berisikan modul 10-18, Sedangkan untuk *stage* kedua ini berisi 6 modul.

unit membrane memiliki ukuran pori-pori yang digunakan dipilih sedemikian rupa agar hanya gas hidrogen yang bisa terlewatkan. Produk *syn gas* yang keluar dari *membrane* ini dengan kondisi 22 $\text{kg/cm}^2\text{G}$ dengan suhu 40°C . Proses terakhir dari *syn gas* yakni unit PSA dimana *permeate gas* dari tahap *unit membrane* ini masih mengandung sekitar 95% gas hidrogen sehingga perlu dimurnikan kembali di unit PSA. Unit PSA dapat memurnikan *permeate gas* dengan tingkat dari hidrogen mencapai 99,99%. Proses yang terjadi pada unit PSA ini terbagi menjadi beberapa tahapan yakni dimulai dari adsorpsi, *provided purging*, *purging*, dan *repressurizing*. Hasil dari adsorpsi ini adalah gas hidrogen yang memiliki kemurnian tinggi dengan kadar CO maksimum 1 vol. ppm. Gas hasil adsorpsi ini akan dikeluarkan sebagai produk hidrogen dan untuk sebagian kecil gas akan dikembalikan ke dalam kolom, untuk sebagian kecil dari gas hidrogen akan disuplai ke unit desulfurasi dan digunakan untuk proses hidrogenasi selanjutnya untuk *off gas* dari unit PSA ini akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada *tubular reformer* dan pada unit PSA ini adalah unit terakhir dari proses pembuatan *syn gas* di PT. Oxo Nusantara.

Salah satu alat yang akan dianalisa kelayakannya adalah *Stripper Overhead Condensor* atau dikenal E-023 pada unit CO_2 stripper. *Stripper* sendiri merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengambil suatu zat atau senyawa dari senyawa lainnya dengan fase yang berbeda, contohnya adalah pemisahan antara campuran CO_2 dengan *rich solution*.



Gambar 2. Proses Pada Plant Stripper Dan Absorben

Stripper Overhead Condensor merupakan sebuah alat yang ada pada unit CO_2 removal yang berfungsi untuk pengambilan senyawa CO_2 dimana *rich solution* yang dipanaskan pada E-022 akan diproses ke T-022 melalui bagian atas dari kolom *stripper* dengan suhu $115-133^\circ\text{C}$ adanya kontak dari *steam* maka CO_2 yang ada pada *rich solution* ini akan terlepas dan keluar dari puncak *stripper* sedangkan untuk *steam* yang digunakan bersal dari kondensat E-021 dan untuk campuran dari CO_2 dan air ini akan didinginkan hingga mencapai suhu 40°C pada E-023

dan untuk air kondensat yang terbentuk akan dikembalikan ke *tubular reformer* di unit *reforming*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan untuk pengumpulan data-data yang diperlukan dengan (a) studi literatur dengan mencari teori-teori yang sama dengan masalah penelitian, (b) pengamatan pada *control room unit syn gas* dan buku buku yang terkait dengan data data pada unit *syn gas*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kelayakan alat *heat exchanger* jenis *Stripper Overhead Condenser* memiliki batas-batas yang perlu diperhatikan seperti nilai *pressure drop* yang tidak melebihi 0,03 kg/cm² pada bagian *shell* dan 0,7 kg/cm² pada bagian *tube*. Nilai *fouling reistance* di *heat exchanger* tidak boleh melebihi 0,0002 m²°C h/kcal pada bagian *shell* dan 0,0004 m²°C h/kcal pada bagian *tube*.

Perhitungan analisis kelayakan alat pada *heat exchanger* jenis *Striper Overhead Condensor* digunakan LMTD untuk mengetahui nilai perbedaan suhu yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \quad (11)$$

$$\Delta T_{LMTD} = 53,88 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Kemudian mencari nilai F_T (dapat diperoleh dengan menggunakan) pada grafik LMTD *correction factor* (Kern,1950) dengan melakukan plotting nilai R dan S (faktor efisiensi). Konstanta nilai R dan S dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{T_{h,i} - T_{h,o}}{T_{c,o} - T_{c,i}} \quad (12)$$

$$R = -9,38$$

$$S = \frac{T_{c,o} - T_{c,i}}{T_{h,i} - T_{c,i}} \quad (13)$$

$$S = 1$$

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh bersih dan *design* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$U_c = \frac{h_{i,o} \times h_o}{h_{i,o} + h_o} \quad (14)$$

$$U_c = 257,003 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_d = \frac{q}{A \times \Delta t \text{ LMTD}} \quad (15)$$

$$U_d = 5,603 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = N_t \times L_t \times \pi \times D_{o,t} \quad (16)$$

$$A = 19,23 \text{ m}^2$$

Pengotor yang dapat mengganggu atau dapat mempengaruhi suhu fluida yang mengalir dan dapat menurunkan koefisien perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut. Faktor pengotor dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (17)$$

$$R_d = 0,1745$$

Untuk menghitung penurunan tekanan (ΔP) pada sisi *shell* dan *tube* menggunakan persamaan sebagai berikut :

Sisi *tube* :

$$\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L_t \times n}{2 \times \rho \times D_{e,t} \times \theta_t} \quad (18)$$

$$\Delta P_t = 4,800 \text{ psi} < 10 \text{ psi}$$

$$\Delta P_t = 0,3374 \text{ kg/cm}^2 < 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

Sisi *shell*:

$$\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times D_{i,s} \times (N_b + 1)}{2 \times \rho \times D_{e,s} \times \theta_s} \quad (19)$$

$$\Delta P_s = 1,029 \text{ psi} > 1,0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_s = 0,0723 \text{ kg/cm}^2 > 0,03 \text{ kg/cm}^2$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan perhitungan terhadap kinerja *heat exchanger* E-023 pada unit CO₂ *adsorption* diperoleh nilai *fouling factor* (Rd) perhitungan sebesar 0.150046 m²°C h/kcal, Dengan nilai *pressure drop* sebesar 0,0723 kg/cm² pada bagian *tube* dan 0,3374 kg/cm² pada bagian *shell*. Besarnya nilai *fouling factor* dan *pressure drop* disebabkan adanya kotoran atau *fouling* pada *heat exchanger* sehingga diperlukannya pembersihan terhadap alat *heat exchanger* E-023.

DAFTAR PUSTAKA

Appendix 1 Property Tables and Chart (SI Units)

Iswanto, T., Rifa'i, M., Rahmawati, Y., &

Susianto.(2015). *Desain Pabrik Synthetic Gas (Syn gas)* dari Gasifikasi Batu Bara Kualitas Rendah sebagai Pasokan Gas PT.Pupuk Sriwidjaja. *Jurnal Teknik ITS* Vol.4, No.2, (2015) ISSN : 2337 – 3539 (2301 – 9271 Print).

J.M. Smith, H.C. Van Ness & M.M.Abbott. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*.

Kern, D.Q. (1974). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company, Japan.

Mitsubishi Heavy Industry, Ltd. (1995). *Technical Document for Octanol Plant Project PT. Petro Oxo Nusantra Vol. 1 ev 2*

Mitsubishi Heavy Industry, Ltd. (1997). *Octanol Plant PT. Petro Oxo Nusantara : Final Document File No. B-001. Japan*.

Mitsubishi Engineering and Shipbuilding Co. Ltd. (1995). *Technical Proposal Syn Gas Plant*. Tokyo. Japan.

Perry, R.H., and Green. (1997). *Perry's Chemical Engineer's handbook 7th Ed.* McGraw-Hill International Book Company. New York.