

Metode Seleksi Material pada Pengilangan Minyak dan Gas Menggunakan Neraca Massa dan Energi dan Diagram Alir Proses

Material Selection Methodology in Oil and gas Refinery using Heat Material Balances and Flow Diagram Process

Sofyan Yusuf
Indocor Member

JL.Waspada, No. 3, Pasteur, Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40161, Indonesia

Received November, 2016, Accepted January, 2017

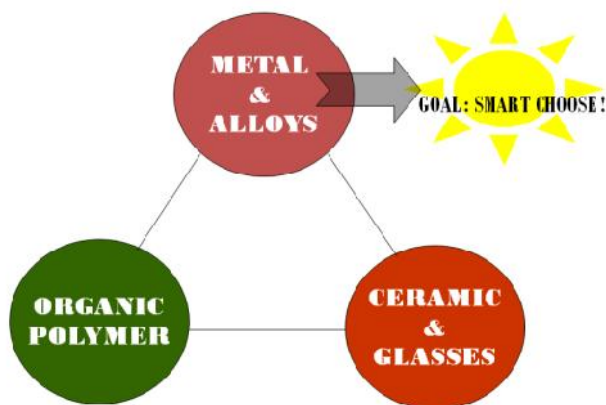
Tulisan ini memuat tentang bagaimana melakukan seleksi material pada pengilangan minyak dan gas menggunakan neraca massa dan energi dan diagram alir proses. Seleksi material adalah salah satu dari tahapan utama dalam tahap perancangan yang memiliki pengaruh besar terhadap biaya konstruksi pabrik. Salah satu pendekatan terbaik untuk seleksi material pada kilang pengolahan minyak dan gas bumi adalah menggunakan data neraca massa dan energi serta diagram alir proses. Neraca massa dan energi mengandung data komposisi fluida dalam satuan fraksi mol dan beberapa data operasi seperti tekanan, suhu, fasa fluida dan sebagainya yang digunakan dalam proses pemilihan material. Metode seleksi material diawali dengan perhitungan laju korosi pada masing-masing aliran pada neraca massa dan energi. Setelah data laju korosi dihitung kemudian ditentukan besarnya *corrosion allowance*. Jika nilai *corrosion allowance* diatas 6.4 mm maka dipilih material yang tahan korosi seperti *stainless steel*, tetapi jika nilainya dibawah 6.4 mm maka dapat dipilih material baja karbon. Setelah material yang terbaik dipilih kemudian akan dibuat diagram seleksi material dengan menggunakan data diagram alir proses.

This paper give us information about how to do a material selection for oil dan gas plant using heat and material balance and flow diagram process. Material selection is one of the main phases of engineering stage that has great impact on the cost of plant construction. One of the best approaches of material selection for oil and gas plant is analyzing heat material balance and flow diagram process data. Material selection shall be reliable, cost effective and also considering market availability and constructability aspects. Heat Material Balance (HMB) contains the composition of fluids in mole fraction and others operation data such as pressure, temperature, fluid phase, etc that used in material selection process. Material selection method begins with the calculation of corrosion rate in each of the streams in HMB. After the corrosion rates are calculated then corrosion allowance (CA) will be determined. If the CA higher than 6 mm then stainless steel material will be selected, but if CA under 6 mm then carbon steel material was selected. After the best materials are selected, the Material Selection Diagram will be developed using Flow Diagram Process.

Keywords: *Material selection; heat material balance; flow diagram process; corrosion rate; corrosion allowance.*

Pendahuluan

Material selection adalah suatu proses awal bagi kontraktor yang akan membangun sebuah pabrik seperti pengilangan minyak mentah dan gas. Nilai investasi awal suatu proyek akan dipengaruhi oleh beberapa faktor dimana salah satunya adalah pemilihan material konstruksi yang tepat. Didalam pemilihan material terdapat tiga faktor yang sangat penting untuk dipertimbangkan yaitu reliabilitas, harga dan ketersediaan di pasar. Reliabilitas adalah suatu faktor yang berhubungan dengan teknikal dimana material dapat bertahan sesuai dengan umur desain pada suatu kondisi operasi seperti jenis fluida, tekanan, temperatur dan lain-lain. Faktor harga berhubungan dengan jenis serta grade dari material yang dipilih dan faktor ketersediaan di pasar juga merupakan faktor penting yang berhubungan dengan kelancaran penyelesaian proyek konstruksi sehingga dapat mempengaruhi harga beli di pasar. Pemilihan material sangat tergantung dari proses yang terjadi disuatu pabrik. Neraca massa dan energi adalah data yang sangat penting didalam pemilihan material konstruksi. Data ini mendeskripsikan kondisi operasi dan komposisi fluida yang mengalir pada alat pengolah dan pipa penyalur. Neraca massa dan energi didapat dari suatu simulasi proses menggunakan software HYSIS ver. 7.1. Diagram alir proses menggambarkan suatu proses pengolahan dari *feed gas* menjadi *sales gas*. *Feed gas* adalah gas mentah yang berasal dari dalam bumi yang terdiri dari beberapa fraksi gas hidrokarbon serta gas-gas pengotor seperti CO₂ dan H₂S.



Gambar 1 Tiga kelompok Jenis Material Konstruksi (Dieter, 2001)

Tulisan ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana melakukan proses pemilihan material pada suatu proses pabrik yang mengolah gas bumi. Data yang diperlukan untuk pemilihan material konstruksi yaitu neraca massa dan energi serta diagram alir proses. Jenis material yang tersedia dipasaran sangat beragam, secara umum jenis-jenis material konstruksi tersebut dapat dikelompokkan dalam tiga besar kelompok seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Seorang engineer harus melakukan pemilihan material yang tepat dari segi reliabilitas, harga dan ketersediaan dipasar.

Metodologi

Sebelum melakukan proses seleksi material terlebih dahulu dilakukan analisa data. Secara umum diagram alir dari proses pemilihan material ditunjukkan pada Gambar 2. Dari data komposisi fluida dan kondisi operasi yang terdapat pada neraca massa dan energi dapat dilakukan perhitungan laju korosi CO₂ berdasarkan formulasi dari De Waard Milliam-Lotz (Shigley, 1986)

$$\log r = 7.96 - \frac{2320}{t + 273.15} + 0.0055t + 0.67 \log(pCO_2) \quad (1)$$

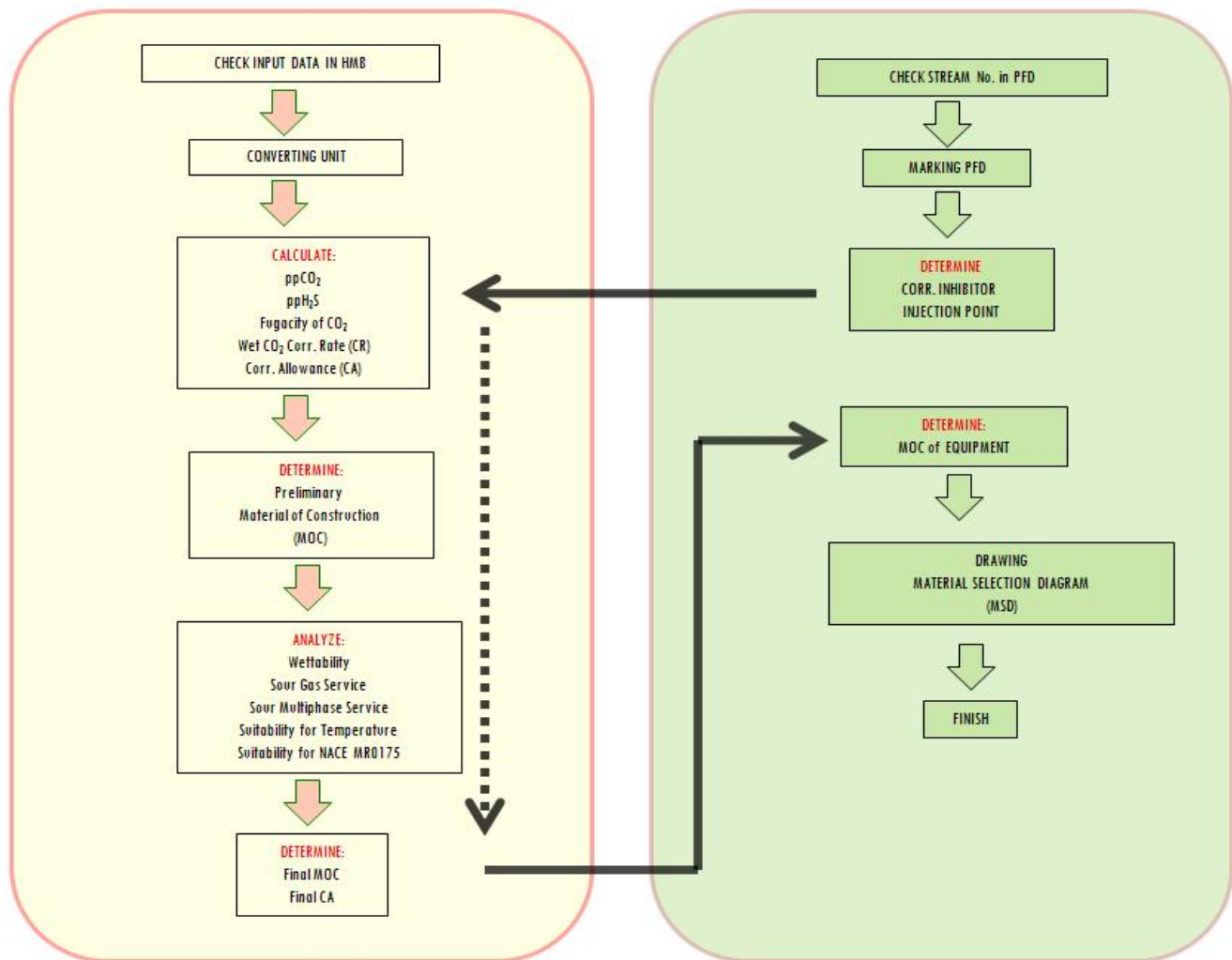
Dimana r adalah laju korosi CO₂ (mpy), t adalah temperatur (°C) dan pCO_2 adalah tekanan parsial dari CO₂ (psi). Tekanan parsial gas CO₂ dirumuskan sebagai berikut:

$$pCO_2 = \% \text{ mole } CO_2 \times P \quad (2)$$

Dimana P adalah tekanan total dari fluida. Jika kondisi operasi memiliki tekanan tinggi, maka tekanan parsial gas CO₂ dikoreksi dengan faktor fugacity (Dieter, 2001) yang diformulasikan sebagai berikut:

$$f_{CO_2} = a \times pCO_2 \quad (3)$$

Dimana f_{CO_2} adalah faktor fugacity CO₂ dan a adalah konstanta fugacity.



Gambar 3 Diagram Alir Proses untuk Pemilihan Material

Untuk $P \leq 250$ bar, nilai konstanta fugacity adalah:

$$a = 10^{P \times (0.0031 - 1.4/T)} \quad (4)$$

Untuk $P \geq 250$ bar, nilai konstanta fugacity adalah:

$$a = 10^{P \times (0.0031 - 1.4/T)} \quad (5)$$

Dari hasil perhitungan laju korosi pada tiap nomor aliran pada neraca massa dan energi kemudian dihitung besarnya *corrosion allowance* selama waktu desain. Perhitungan *corrosion allowance* (CA) adalah sebagai berikut:

$$CA = r \times \text{umur desain} \quad (6)$$

Dimana CA adalah *corrosion allowance* (mm) dan r adalah laju korosi CO_2 (mm/year). Setelah dilakukan perhitungan *corrosion allowance* selanjutnya ditentukan batas maksimal *corrosion allowance* untuk baja karbon yang akan dipakai. Dalam tulisan ini ditentukan batas maksimal *corrosion allowance* untuk baja karbon adalah 6 mm dan umur desain adalah 20 tahun. Jika perhitungan *corrosion allowance* sudah melebihi 6 mm maka akan dipilih jenis material tahan korosi atau *Corrosion Resistant Alloy* (CRA) (Shigley, 1986).

Tabel perhitungan laju korosi dan *corrosion allowance* serta jenis material yang dipilih dinamakan sebagai tabel *material of construction* (MOC). Setelah tabel *preliminary* MOC dibuat maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa

lanjutan terhadap kondisi *sour*, *wettability* serta kecocokan pada temperatur, Faktor *sour service* didasarkan besarnya tekanan parsial gas pengotor H₂S. Tekanan parsial gas H₂S dirumuskan sebagai berikut

$$p_{H_2S} = \% \text{ mole } CO_2 \times P \quad (7)$$

Dimana P adalah tekanan total dari fluida. Untuk kriteria *sour* berdasarkan karena adanya gas H₂S berdasarkan pada Standard NACE (Dieter, 2001). Dimana untuk *Sour gas service*, tekanan total fluida 448 kPa (65 Psia) atau lebih besar dan untuk *sour multiphase fluids* dimana fluida mengandung gas, minyak dan air maka batasan sournya sebagai berikut:

- Konsentrasi H₂S sebesar 0.0005 percent – 0.02 mol percent dan tekanan parsial H₂S > 345 kPa (0.05 Psia)
- Konsentrasi H₂S sebesar 20.02 percent – 5 mol percent H₂S dan tekanan parsial H₂S > 1827 kPa (265 Psia)
- Konsentrasi H₂S sebesar 5–15 mol percent H₂S dan tekanan parsial H₂S > 69 kPa (10 Psia)
- Konsentrasi H₂S > 15 mol percent H₂S

Gas-gas pengotor yang berkontribusi kepada korosi dan degradasi material adalah CO₂ dan H₂S dimana gas-gas tersebut memiliki konsentrasi yang berbeda-beda pada tiap sumur produksi. Setelah dilakukan beberapa parameter perhitungan maka dipilih material yang sesuai dengan kondisi operasi. Sebagai material dasar dipilih baja karbon jika nilai *corrosion allowance* ≤ 6 mm. Jika lebih besar dari itu maka harus dipilih material tahan karat (CRA). Pemilihan jenis CRA yang tepat pada fluida yang mengandung gas H₂S mengacu pada standar NACE MR0175 (Shigley, 1986).

Karena pertimbangan ekonomis, harus juga dipertimbangkan pemakaian *corrosion inhibitor* terutama pada pipa penyalur yang panjang dimana untuk pipa penyalur seperti *flowline* atau *pipeline* cukup memakai baja karbon tetapi dengan injeksi *corrosion inhibitor* untuk memitigasi tingkat korosi dari fluida. *Corrosion inhibitor* yang akan diinjeksi

harus tepat dari segi jenis dan dosis injeksi. Untuk fluida gas hidrokarbon dapat diinjeksi *corrosion inhibitor* tipe *oil soluble* dan untuk fluida water diinjeksikan *corrosion inhibitor* tipe *water soluble*. Dosis injeksi *corrosion inhibitor* dihitung berdasarkan formula:

$$Di = \frac{1}{8} \times \text{pint} \times G_r \quad (8)$$

Dimana Di adalah dosis inhibitor (Gpd), G_r adalah gas rate (mmscfd) dan *pint* adalah sebuah konstanta. Untuk nilai *pint* tergantung dari hasil *field trial*.

Setelah melakukan pemilihan jenis material pada pipa penyalur sesuai dengan nomor aliran masing-masing, maka selanjutnya dilakukan pemilihan material pada alat pengolah. Pemilihan material pada alat pengolah tergantung pada komposisi fluida serta kondisi operasinya yang masuk kedalam alat pengolah tersebut. Prinsipnya adalah jenis material yang dipilih untuk alat pengolah disamakan dengan jenis material pada pipa penyalur yang masuk kedalam alat pengolah (*inlet pipe*) tersebut. Tetapi karena ukuran dari alat pengolah seperti *separator*, *scrubber* dll. maka diterapkan sistim pelapisan logam (*cladding*) tahan korosi dimana material dasarnya adalah baja karbon. Ketebalan logam pelapis tahan korosi ini berkisar antara 2 sampai 3 mm. Setelah dilakukan pemilihan material pada pipa penyalur dan alat pengolah maka langkah selanjutnya membuat Diagram Seleksi Material atau *Material Selection Diagram* (MSD). Diagram ini merupakan pengkodean material berupa warna yang berbeda untuk tiap jenis material yang dipilih untuk masing-masing alat pengolah dan pipa penyalur.

Kesimpulan

Proses pemilihan material sangat bergantung pada komposisi gas hidrokarbon serta kondisi operasi seperti tekanan dan temperature. Dari data neraca massa dan energi dapat diperoleh data-data mengenai kandungan gas-gas hidrokarbon termasuk juga gas pengotor seperti CO₂ dan H₂S serta kondisi operasi. Diperlukan sejumlah perhitungan dalam

proses pemilihan material seperti perhitungan laju korosi dan *corrosion allowance*. Baja karbon akan digunakan sebagai material konstruksi jika dari perhitungan *corrosion allowance* tidak melebihi 6 mm untuk umur desain 20 tahun. Perhitungan-perhitungan tersebut serta jenis material yang dipilih kemudian ditabulasikan kedalam tabel *Material of construction* yang mencerminkan jenis-jenis material dari tiap-tiap nomor alir pada proses diagram alir. Tabel material konstruksi tersebut akan dituangkan kedalam diagram seleksi material untuk

mempermudah tim proyek dalam melakukan proses penggunaan dan pembelian material konstruksi.

Referensi

Dieter, George E. et al, *Material Selection and Design*, ASM Handbook, Vol 20, ASM International, Nov 2001

Shigley, JE,; *Mechanical Engineering Design*, 1st metric ed, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1986