

PENGGUNAAN PINCH TECHNOLOGY DALAM SISTEM HEAT EXCHANGER NETWORK PADA GAS DEHYDRATION UNIT

Muhammad Murdhani¹, Zami Furqon¹, Agus Setiyono^{1*}

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas

^{1*}email korespondensi : agasasutadewa@gmail.com

Abstrak

Unit dehidrasi gas berfungsi untuk mengurangi kandungan air pada gas alam agar sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Spesifikasi kandungan air ini berbeda-beda tergantung proses yang akan digunakan. Untuk gas yang akan digunakan dalam proses pengembalian hidrokarbon dengan proses kriogenik, kandungan air maksimumnya adalah 0,1 ppmv. Sedangkan untuk gas pipa, kandungan air maksimumnya adalah 4-7 lb/MMscf³. Pada existing unit yang ditinjau menggunakan Tri Ethylene Glycol sebagai absorbent nya. Dilakukan konseptual pada heat exchanger network yang dimana dapat memaksimalkan energi pada aliran panas terhadap aliran dingin. Digunakan metode pinch untuk merancang Heat Exchanger Network. Untuk temperature approach menggunakan dT_{min} sebesar $10^{\circ}C$ yang di adjust ke hot stream. Setelah itu dilakukan perbandingan entalpi yang dimana untuk menentukan titik pinch dengan konsep temperatur interval. Didapat cold temperature sebesar $100^{\circ}C$, hot temperature $110^{\circ}C$, kemudian Q Steam untuk pemanasan sebesar 108 kW dan Q Cooling untuk pendinginan sebesar 83 kW. Setelah itu membuat permodelan grid diagram untuk menentukan jumlah heat exchanger, cooler dan heater dari hasil penentuan pinch dan melakukan desain Heat Exchanger Network. Dari permodelan itu didapat 2 Heat Exchanger, 1 Cooler dan 1 Heater. Kemudian dilakukan uji utility cost menggunakan Aspen Economic Analyzer, didapatkan utility cost tahunan sebesar US\$ 38.494,73 per tahun nya. Hal ini sudah terbilang hemat karena dari pinch diterapkan pemanfaatan steam dan cooling.

Kata kunci : Dehydration, Heat Exchanger Network, Pinch Analysis

Abstract

The gas dehydration unit functions to reduce the water content in natural gas so that it meets the specified specifications. The water content specifications vary depending on the process to be used. For gas that will be used in the hydrocarbon recovery process using a cryogenic process, the maximum water content is 0.1 ppmv. Meanwhile, for piped gas, the maximum water content is 4-7 lb/MMscf³. The existing unit reviewed uses Tri Ethylene Glycol as the absorbent. This is done conceptually on a heat exchanger network which can maximize the energy in the hot flow versus the cold flow. The pinch method is used to design the Heat Exchanger Network. For the approach temperature, use a dT_{min} of $10^{\circ}C$ which is adjusted to the hot stream. After that, an enthalpy comparison is carried out to determine the pinch point using the temperature interval concept. The cold temperature was $100^{\circ}C$, the hot temperature was $110^{\circ}C$, then Q Steam for heating was 108 kW and Q Cooling for cooling was 83 kW. After that, create a grid diagram model to determine the number of heat exchangers, coolers and heaters from the results of pinch determination and design the Heat Exchanger Network. From the modeling, 2 Heat Exchangers, 1 Cooler and 1 Heater were obtained. Then a utility cost test was carried out using the Aspen Economic Analyzer, and the annual utility cost was US\$ 38,494.73 per year. This can be said to be economical because the pinch uses steam and cooling.

Keywords : Dehydration, Heat Exchanger Network, Pinch Analysis

PENDAHULUAN

Unit dehidrasi gas berfungsi untuk mengurangi kandungan air pada gas alam agar sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Spesifikasi kandungan air ini berbeda-beda tergantung proses yang akan digunakan. Untuk gas yang akan digunakan dalam proses pengembalian hidrokarbon dengan proses kriogenik, kandungan air maksimumnya adalah 0,1 ppmv. Sedangkan untuk gas pipa, kandungan air maksimumnya adalah 4-7 lb/MMscf³ [1]. Jika kandungan air melebihi batas tersebut, maka gas tersebut akan membentuk hidrat pada sepanjang jalur gas. Prinsip kerja unit dehidrasi gas adalah absorpsi atau adsorpsi. Absorpsi adalah proses penyerapan air oleh zat lain, sedangkan adsorpsi adalah proses penempelan molekul air pada permukaan zat lain [2]. Pada proses pengolahan gas khususnya pada unit dehidrasi gas pasti membutuhkan energi, tapi banyak yang terbuang sia-sia. Dengan itu dapat dilakukan penghematan energi dengan memanfaatkan panas yang terbuang. Salah satu caranya dengan Maximum Energy Recovery (MER) melalui integrasi proses dan teknologi pinch. Teknologi ini membantu kita mengetahui berapa banyak energi yang terbuang dan bagaimana cara mengaturnya dengan Heat Exchanger Network [3].

Teknologi pinch diusulkan pertama kali untuk optimasi penukar panas dan oleh karena itu diperkenalkan / dijelaskan di bawah untuk perangkat tersebut. Pertukaran panas peralatan ditemui di banyak industri karena setidaknya dua alasan yaitu

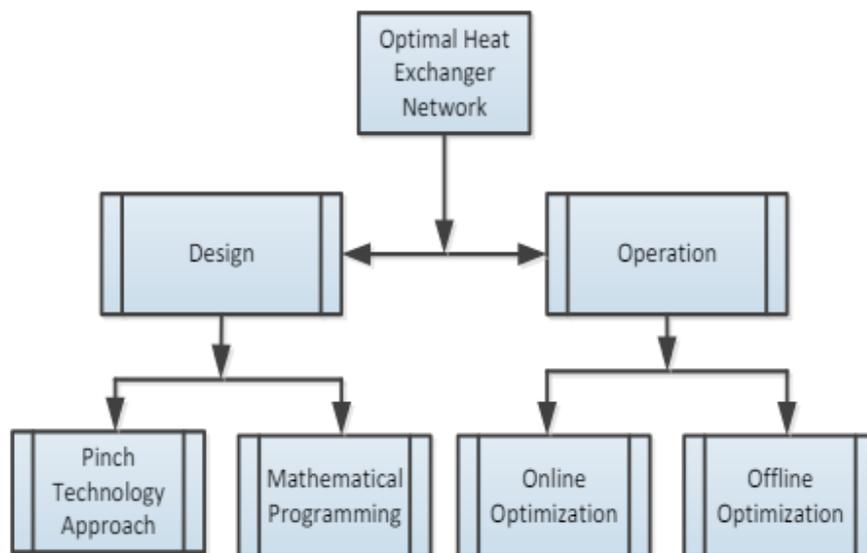
sering kali diperlukan sebagai bagian proses untuk mengubah kondisi termal dan ambisi untuk meminimalkan energi konsumsi proses yang diberikan [4].

Hasil penelitian Aplikasi Analisis Pinch untuk Menurunkan Konsumsi Steam di Bagian Process House Pabrik Gula menunjukkan bahwa analisis pinch bisa digunakan untuk menurunkan konsumsi uap di pabrik gula. Penggunaan uap evaporator dari unit multiple effect evaporator akan mampu menurunkan konsumsi uap bagian process house. Perubahan konfigurasi proses memberikan penurunan SOC sebesar 8,8% dari kondisi semula [5]. Hasil penelitian Pinch-Exergy Approach to Enhance Sulphitation Process Efficiency in Sugar Manufacturing menunjukkan Boiler house dievaluasi dan dimodifikasi menggunakan analisis pinch-exergy dengan kapasitas produksi Proses Sulfitasi 8000 TCD. Hasilnya menunjukkan potensi penurunan eksergi kehancuran sekitar 10,25 MW. Upaya optimasi menghasilkan pengurangan masing-masing sebesar 18,18 dan 14,70% pada penggunaan utilitas eksternal panas dan dingin [6].

Hasil penelitian Studi Pengaruh Proses Pengintegrasian Panas Terhadap Konversi Amoniak Pada Intercooler Reaktor Amoniak Pusri II Dengan Analisis Pinch menunjukkan belum optimalnya sistem pendinginan antar bed dan belum maksimalnya pemanfaatan panas hasil reaksi di reaktor amoniak menyebabkan konversi yang dihasilkan masih rendah. Dengan analisis pinch yang merupakan kombinasi antara Hukum I Termodinamika dan Hukum II Termodinamika, dapat diketahui titik- titik kehilangan panas yang paling tinggi, yaitu pada bed 1, bed 2, dan bed 3. Dengan analisis pinch dapat dibuat suatu sistim jaringan alat penukar panas yang baru pada ammonia converter, dan dari sistim yang baru ini akan didapat konversi yang lebih baik [7]. Hasil penelitian Optimasi Jaringan Heat Exchanger dengan Metode Pinch Technology Menggunakan Aspen Energy Analyzer V.10 pada Train F PT Badak LNG Bontang menyatakan bahwa Pada simulasi pengolahan feed gas LNG menggunakan software Aspen Energy Analyzer V.10 didapatkan target heating dan cooling duty sebesar $3,78 \times 10^6$ kJ/h dan $7,731 \times 10^7$ kJ/h pada suhu pinch optimum 14°C . Hasil yang didapatkan adalah heat load energi eksternal baik heating maupun cooling sebelum dan sesudah dioptimasi, efisiensi heat exchanger network baik sebelum dan sesudah dioptimasi [8].

Perancangan jaringan penukar panas membutuhkan analisis beban panas dan dingin. Fluida dingin dan panas yang akan diproses harus diukur bebannya. Pemilihan jumlah dan kapasitas alat penukar panas harus mempertimbangkan sumber energi yang tersedia. Teknologi pinch, memanfaatkan energi panas terbuang dari heat exchanger dengan prinsip termodinamika. Digunakan untuk merancang jaringan penukar panas dengan mengintegrasikan aliran panas dan dingin.

Tujuannya, memaksimalkan pemanfaatan panas atau meminimalkan penggunaan energi. Analisis pinch membutuhkan prosedur dan langkah yang berkesinambungan. [4]. Berikut ini merupakan gambar 1. Skema Pengaturan Heat Exchanger Network yaitu :



Gambar 1. Skema Pengaturan Heat Exchanger Network
Sumber : Penelitian 2025.

Dari gambar 1. Skema Pengaturan Heat Exchanger Network dijelaskan bahwa aliran panas hanya bisa mentransfer panas ke aliran dingin jika berada di atas garis pinch. Perpindahan panas dari aliran panas di bawah garis pinch ke aliran dingin di atas garis pinch tidak dimungkinkan. Bila terjadi, defisit panas akan muncul di atas garis pinch dan kelebihan panas di bawah garis pinch [5].

METODE PENELITIAN

Dalam tabel ini dijelaskan metode penelitian yang digunakan dalam Analisa sistem Heat Exchanger Network sebagai berikut :

Tabel 1. Temperature Approach Pada Hot Stream

dT	10 ⁰ C		Keterangan
Lean TEG (H)	138	128	T1
	39	29	T5
Rich TEG (C1)	38,3	38,3	T4
	70,35	70,35	T3
Rich TEG (C2)	100	100	T2
	179	179	T0

Sumber : Penelitian 2025.

Dari tabel 1. Temperature Approach Pada Hot Stream dijelaskan bahwa Heat Exchanger Network menggunakan metode pinch di lakukan pada Ms. Excel yang dimana akan di analisa titik pinch serta dapat mengetahui utility cost nya. Pada pinch dilakukan approach temperature sebesar 10⁰C. Diagram grid untuk setiap dTmin dikembangkan dengan metode desain pinch. Area penukar panas, pemanas, dan pendingin dihitung dengan menggunakan pendekatan ini. Setelah jaringan awal ditentukan, periksa apakah ada loop penukar panas, atau jalur utilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aliran energy dihitung untuk menentukan pinch temperature dengan menggunakan persamaan berikut :

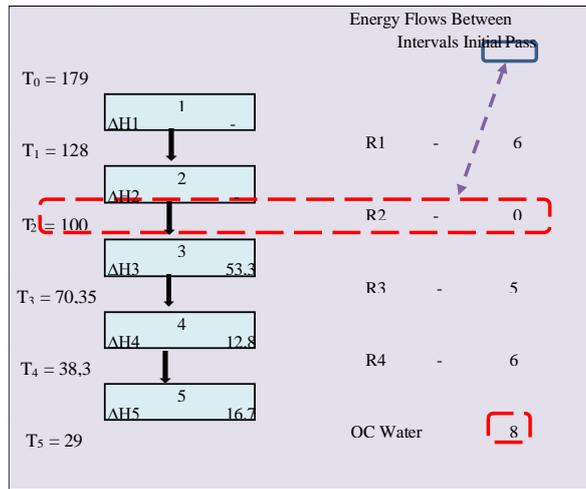
$$\Delta T_i = T_{i0} - T_{i1}$$

Berikut ini merupakan tabel 2. Perbedaan Entalpi di Setiap Interval Temperature yaitu :Tabel 2. Perbedaan Entalpi di Setiap Interval Temperature

Interval, i	T _{i-1} - T _i , °C	ΣC _h - ΣC _c , kW/°C	ΔH _i , kW
1	179 - 128	51	-102
2	128 - 100	28	-5,6
3	100 - 70,35	29,65	53,37
4	70,35 - 38,3	32,05	12,82
5	38,3 - 29	9,3	16,74

Sumber : Penelitian 2025.

Setelah didapat nilai energy di masing masing interval, kemudian dilakukan penentuan pinch untuk mengetahui nilai energy yang dibutuhkan untuk pemanas (Q Steam) dan pendingin (Q Cold). Berikut ini merupakan gambar 2. Hasil Penentuan Pinch Temperatur yaitu :



Gambar 2. Hasil Penentuan Pinch Temperatur
Sumber : Penelitian 2025.

Dari hasil penentuan pinch tersebut, dapat diketahui bahwa pinch temperature yang didapat disajikan dalam tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pinch yaitu :

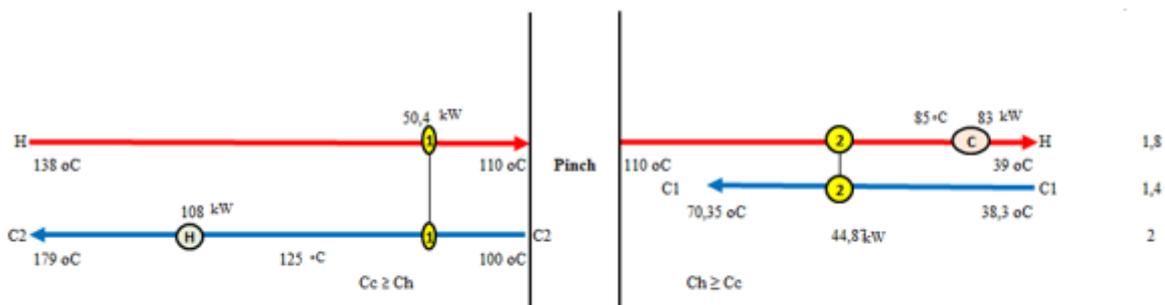
Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pinch

No	Variabel	Satuan	Nilai
1	Cold Temperature	oC	100
2	Hot Temperature	oC	110
3	Q Steam	kW	108
4	Q Cold	kW	83

Sumber : Penelitian 2025.

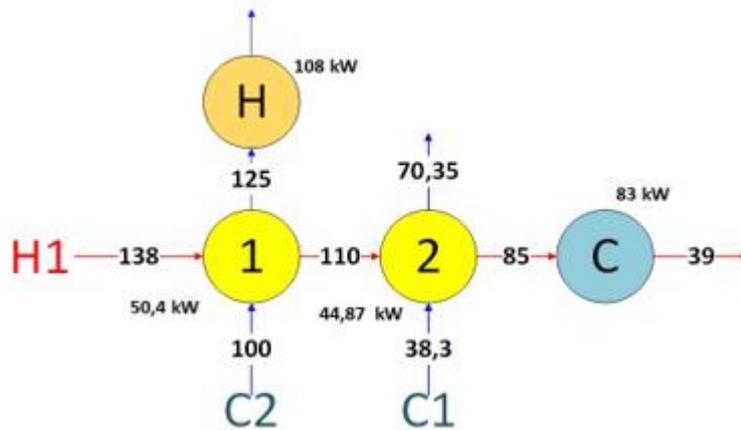
Jumlah minimum Heat Exchanger, Heater, dan Cooler ditentukan dengan menggunakan permodelan diagram grid dengan prosedur dari Smith (2005). Diagram grid menunjukkan operasi perpindahan panas. Dalam konsep grid diagram, aliran panas berada di bagian atas yang mengalir dari kiri ke kanan. Aliran dingin berada di bagian bawah yang mengalir dari kanan ke kiri. Pencocokan pertukaran panas diwakili oleh garis vertikal yang menghubungkan dua lingkaran pada dua aliran yang dicocokkan. Penukar yang menggunakan hot utility yang digambarkan lingkaran dengan "H". Penukar yang menggunakan utilitas dingin yang digambarkan lingkaran dengan "C".

Berikut ini merupakan gambar 3. Permodelan Grid Diagram yaitu :



Gambar 3. Permodelan Grid Diagram
Sumber : Penelitian 2025.

Setelah membuat grid diagram, dapat disimpulkan bahwa untuk konfigurasi nya adalah 2 Heat Exchanger, 1 Cooler, dan 1 Heater. kemudian melakukan desain Heat Exchanger Network (HEN). HEN dibuat berdasarkan pemetaan dari grid diagram. Berikut ini merupakan gambar 4. Design Skema Heat Exchanger Network yaitu :



Gambar 4. Design Skema Heat Exchanger Network
Sumber : Penelitian 2025.

Gambar 4. Design Skema Heat Exchanger Network diatas merupakan hasil desain HEN yang dimana dapat disimpulkan untuk konfigurasi nya dijelaskan dalam tabel 4. Hasil Pembagian Energi Aliran Pada Setiap Stream adalah sebagai berikut :

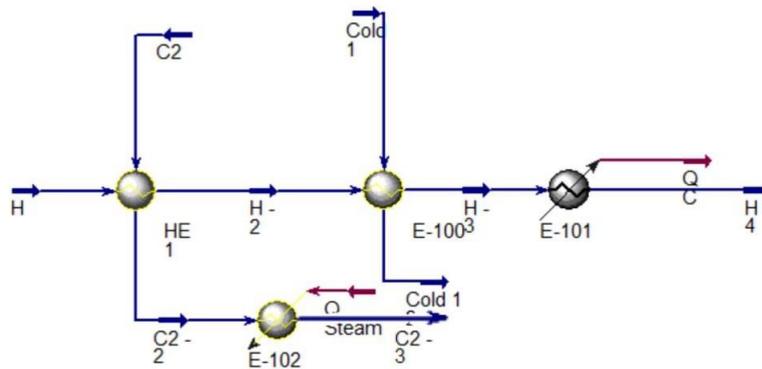
Tabel 4. Hasil Pembagian Energi Aliran Pada Setiap Stream

No	Alat	Nilai Q
1	HE – 1	50,4 kW
2	HE – 2	44,87 kW
3	Cooler	83 kW
4	Heater	108 kW

Sumber : Penelitian 2025.

Dalam hal melakukan design HEN, semua fungsi objektif memiliki bobot yang sama sehingga tidak memiliki preferensi untuk satu objektif di atas objektif lainnya. Namun, jika perancang lebih memilih untuk membangun HEN yang mendukung kriteria desain, faktor bobot yang lebih tinggi dapat diberikan pada sisi desain dan desain jaringan dapat dimulai dengan kisaran DT_{min} yang kecil. Di sisi lain, jika perancang lebih memilih kemampuan kontrol HEN yang lebih baik, faktor bobot yang lebih tinggi dapat diberikan pada kemampuan control. Jika mempertimbangkan fungsi objektif secara individual, design HEN pada $DT_{min} = 10^{\circ}C$ sudah baik karena transfer jaringan panas nya bisa mendapatkan biaya operasi yang rendah

Setelah melakukan design Heat Exchanger Network, kemudian dicoba simulasi ke software Aspen Hysys untuk melihat gambaran proses nya yang sesuai dengan konfigurasi pada design HEN sebelumnya pada gambar 5. Simulasi pada Aspen Hysys sebagai berikut :



Gambar 5. Simulasi pada Aspen Hysys
 Sumber : Penelitian 2025.

Karena penerapan konseptual Heat Exchanger Network untuk pemanfaatan energy, maka perlu diketahui biaya operasinya yakni utility cost untuk kebutuhan memanaskan dan mendinginkan aliran. Di dalam penelitian ini menggunakan aspen economic analyzer untuk melihat cost utility setelah dilakukan desain HEN. Berikut merupakan tabel 5. Utility Cost Tahunan Dari Konfigurasi HEN sebagai berikut :

Tabel 5. Utility Cost Tahunan Dari Konfigurasi HEN

Name	Utility Cost [USD/HR]
Heater	\$ 4,19
HE 2	\$ -
HE 1	\$ -
Cooler	\$ 0,20
Total	\$ 4,39
Annual Cost	\$ 38.494,73

Sumber : Penelitian 2025.

Dari hasil utility cost diatas, dapat dilihat bahwa dalam konseptual pinch dengan approach temperature 10°C sudah terbilang hemat untuk biaya tahunan yaitu sebesar US\$ 38.494,73 per tahun nya. Hal ini dibuktikan dengan Heat Exchanger yang memanfaatkan pemanasan dari heater yang menggunakan steam sebesar 108 kW dan pendinginan dari Cooler sebesar 83 kW sehingga beban operasi untuk utility hanya pada Heater dan Cooler saja.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari temperature approach 10°C didapatkan titik pinch pada keadaan cold temperature sebesar 100°C dan pada keadaan hot temperature sebesar 110°C .
2. Didapatkan kebutuhan untuk Q steam sebesar 108 kW serta Q cooling sebesar 83 kW.
3. Dari Maximizing Energy Recovery menggunakan pemodelan grid diagram mendapatkan 2 Heat Exchanger, 1 Heater, dan 1 Cooler.
4. Utility cost tahunan sebesar US\$ 38.494,73 per tahun nya. Hal ini sudah terbilang hemat karena dari pinch diterapkan pemanfaatan steam dan cooling.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mokhatab, W. A. Poe, and J. Y. Mak, Natural Gas Dehydration, 3rd. ed. Waltham, MA: Gulf Professional Publishing, 2015.
- [2] W. R. Kidnay, Arthur J & Parrish, Fundamentals of Natural Gas Processing. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2006.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.

- [4] Rokni, M. Introduction to Pinch Technology. Technical University of Denmark. 2016.
- [5] Daniyanto., Rifai, F. Aplikasi Analisis Pinch untuk Menurunkan Konsumsi Steam di Bagian Process House Pabrik Gula. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 7, No. 1, 2013.
- [6] Riadi, I., Sitompul, J., & Lee, H. W. Pinch-Exergy Approach to Enhance Sulphitation Process Efficiency in Sugar Manufacturing. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v7i1.17831.1-14>. 2024.
- [7] Rosarina, D. Studi Pengaruh Proses Pengintegrasian Panas Terhadap Konversi Amoniak Pada Intercooler Reaktor Amoniak Pusri II Dengan Analisis Pinch. *Jurnal Redoks* Volume 1, Nomor 2, Juli – Desember 2016.
- [8] Febriana, A. A., Widodo, B. U. K., Optimasi Jaringan Heat Exchanger dengan Metode Pinch Technology Menggunakan Aspen Energy Analyzer V.10 pada Train F PT Badak LNG Bontang. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 8, No. 1, 2019)
- [9] M. Escobar and J. O. Trierweiler, “Optimal heat exchanger network synthesis: A case study comparison,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 51, no. 1–2, pp. 801–826, 2013, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.10.022.
- [10] R. Smith, *Chemical Process Design and Integration*. 2005.