
Strategi Penentuan Potensi Penghematan Energi Unit *Heat Exchanger* Kilang PPSDM Migas Menggunakan Analisis Metoda *Pinch*

Bambang Priandoko

*Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Energi Baru, Terbarukan & Konservasi Energi,
Jakarta Timur*

INFORMASI NASKAH

Diterima : 17 Februari 2021
Direvisi : 12 April 2021
Disetujui : 21 Juni 2021
Terbit : 30 Juni 2021

Email korespondensi:
Bambang.Priandoko@esdm.go.id,
Bpriandoko0@gmail.com

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2021-1/275>

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dikembangkan strategi penentuan potensi penghematan energi pada proses pengolahan minyak menggunakan metoda analisis pinch. Pada metoda analisis *pinch* ini didasarkan pada prinsip-prinsip termodinamika dalam mengurangi pemakaian energi pada keseluruhan proses, baik itu memaksimalkan energi panas (*heat recovery*) yang dibutuhkan proses, maupun mengurangi panas pada proses tersebut. Analisis potensi penghematan energi dilakukan pada sistem *Heat Exchanger* proses pengolahan Kilang di PPSDM Migas Cepu. Pada *Heat Exchanger* tersebut dihasilkan Energi panas yang ditransfer produk ke *crude oil* sebesar 103.2 KW sedangkan berdasarkan analisis pinch, energi minimum yang harus dimiliki unit utiliti tersebut sebesar 248.58 KW sehingga energi yang dapat dihemat sebesar 3490 KWh per hari. Kemudian energi panas yang diterima *crude oil* sebesar 84 KW, berdasarkan analisis pinch energi maksimum yang harus dimiliki unit utiliti tersebut sebesar 36.38 KW sehingga energi yang dapat dihemat sebesar 1142.88 KWh per hari. Temperatur *crude oil* tersebut dapat ditingkatkan dari 95°C menjadi 104°C dan temperatur produk dapat diturunkan dari 145°C menjadi 124.2°C.

Kata kunci: analisis *pinch*, *crude oil*, efisiensi energi, *Heat Exchanger*, residu

ABSTRACT

In the research, the Strategy to determine the potential for energy savings in oil processing was developed using the pinch analysis method. In this pinch analysis method is based on thermodynamic principles in reducing energy consumption in the whole process, either maximizing heat energy (heat recovery) required by the process, or reducing heat in the process. Analysis of the potential for energy savings was carried out on the Heat Exchanger system for the refinery processing process at PPSDM Migas Cepu. In the Heat Exchanger, heat energy is produced which is transferred to crude oil of 103.2 KW, while based on the pinch analysis, the minimum energy that the utility unit must have is 248.58 KW so that the energy that can be saved is 3490 KWh per day. Then the heat energy received by Crude Oil is 84 KW, based on the pinch analysis of the maximum energy that the utility unit must have is 36.38 KW so that the energy that can be saved is 1142.88 KWh per day. The temperature of the crude oil can be increased from 95°C to 104°C and the product temperature can be reduced from 145°C to 124.2°C.

Keywords: *crude oil, energy efficiency, heat exchanger, pinch analysis, residue*

PENDAHULUAN

Pengolahan *crude oil* kilang minyak di PPSDM Migas merupakan sarana penunjang penunjang praktik peserta training maupun Politeknik PEM Akamigas dalam meningkatkan kemampuan kegiatan di lapangan. Selain itu hasil pengolahan minyak tersebut juga digunakan untuk membantu PT. Pertamina mengolah *crude oil* menjadi produk yang bermanfaat, seperti solar, berbagai jenis Pertasol serta residu bagi masyarakat. Jasa pengolahan minyak dari PT PERTAMINA tersebut digunakan PPSDM Migas sebagai peningkatan pelayanan Badan Layanan Umum (BLU) sehingga terjalin kerjasama yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Untuk meningkatkan pelayanan tersebut, maka PPSDM Migas berusaha meningkatkan kemampuan kinerja kilang minyak tersebut. Peningkatan kinerja atau efisiensi tersebut dapat dilakukan di satu unit kilang ataupun dari beberapa *signifikan energi uses* peralatan penunjang pengolahan minyak tersebut, seperti optimalisasi bahan bakar, peningkatan kinerja unit utilities, unit *Heat Exchanger* dan lain-lain.

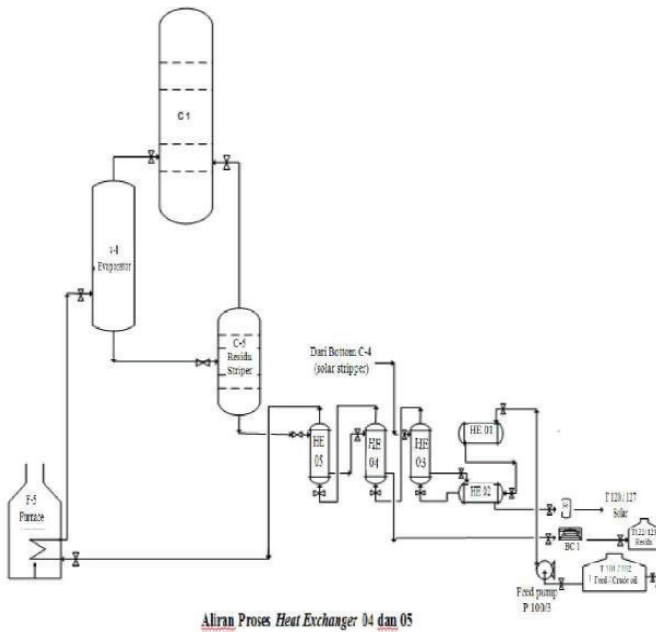
Proses Pengolahan *crude oil* di PPSDM Migas dilaksanakan dengan sistem pemisahan yang terjadi pada *Crude Distillation Unit* (CDU). Proses ini terjadi di Distilasi Atmosferik. Unit distilasi atmosferik adalah suatu unit yang bertugas melaksanakan seluruh rangkaian kegiatan pemisahan *crude oil* menjadi produk-produk

minyak bumi berdasarkan trayek titik didihnya pada tekanan satu atmosfer.

Kilang PPSDM MIGAS mengolah campuran *crude oil* dari lapangan Kawengan dan Ledok milik PT. Pertamina EP Aset 4 Field Cepu. Adapun karakteristik *crude oil* dari lapangan Kawengan merupakan minyak HPPO (*High Pour Point Oil*) bersifat parafinis, yaitu mengandung lilin, alkana rantai lurus dan nilai oktan rendah. Sedangkan *crude oil* dari Lapangan Ledok bersifat asphaltis, yaitu mengandung Aspal, struktur rantai tertutup, nilai oktan tinggi. *Crude oil* Ledok sering disebut minyak LPPO (*Light Pour Point Oil*). Produk utama dari pengolahan *crude oil* di PPSDM Migas saat ini adalah Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar dan Residu. Dalam melaksanakan operasinya, Kilang PPSDM MIGAS didukung oleh fasilitas utilitas. Salah satu indikator efisiensi energi di pengolahan minyak adalah efisiensi penggunaan bahan bakar di *Furnace* CDU. Bahan bakar yang digunakan di unit CDU PPSDM Migas Cepu adalah *fuel oil* dan *Fuel gas* yang diperoleh dari sisa pengolahan CDU. Semakin tinggi temperatur bahan bakar yang digunakan akan semakin efisien. Begitu juga semakin tinggi temperatur umpan yang dikirim ke CDU akan semakin efisien kinerja *furnace* tersebut

Pada makalah ini dikembangkan analisis potensi penghematan energi yang terjadi di unit *Heat Exchanger* (HE) menggunakan analisis

metoda *pinch*. Panas yang dihasilkan dari produk bawah melalui HE1, HE2, HE3, HE4 dan HE5 harus sekecil mungkin kehilangan energi panas proses destilasi tersebut, sehingga energi panas yang digunakan maksimal pada pemanasan *crude oil* melalui HE1, HE2, HE3, HE4 dan HE5, seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1: Aliran Proses Heat Exchanger 04 & 05

Berdasarkan pada gambar 1 tersebut energi panas yang diterima *crude oil* terserap seluruhnya dan energi panas produk yang diberikan ke *crude oil* maksimal sehingga optimalisasi bahan bakar terjadi di unit *Furnace* kilang tersebut.

METODE PENELITIAN

Pinch analysis awalnya merupakan teknik yg dikembangkan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh (*overview*) mengenai kebutuhan energi untuk pendinginan (*cooling utility*), pemanasan (*heating utility*), dan berapa jumlah energi yg bisa digunakan (*energy recovery*) di antara aliran-aliran proses yang ada. Pada makalah ini, tahapan-tahapan penelitian ini adalah

1. Melakukan pengambilan data temperature HE1, HE2, HE3, HE4 dan HE5 baik pendinginn

produk maupun pemanasan *crude oil*.

2. Menentukan nilai *Entalphi* dari setiap proses menggunakan aplikasi software *RefPro*.
3. Menggambarkan hubungan temperatur dan entalphi dari *hot stream* yang menurunkan temperatur dan *cold stream* yang menaikkan temperature.
4. Membuat kurva *Composite* merupakan representasi dari keseluruhan aliran proses *hot (hot composite curve)* atau *cold (cold composite curve)*
5. Menentukan terlebih dahulu berapa perbedaan temperatur yg diperbolehkan sbg batas minimum untuk transfer energi. Beda temperature yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 10°C.
6. Menurunkan Data temperatur *hot streams* sebesar 10°C/2 = 5°C, dan data temperatur *cold streams* dinaikkan juga sebesar 5°C. Hal ini dilakukan untuk mendekatkan kedua kurva di atas sehingga saling bersentuhan.

Setelah ditentukan *pinch point hot stream* dan *cold stream* maka perancangan HE dilakukan dengan menggunakan persamaan energi :

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad \dots(1)$$

$$Q_{hot\ stream} = Q_{cold\ stream} \quad \dots(2)$$

Q : Energi panas, Kilo Watt (KW)

m : massa fluida (*crude oil* atau produk) (Kg)

C_p : spesifik panas fluida (KW/Kg°C)

ΔT : beda temperature masuk (T_{in}) dengan temperatur keluar (T_{out}).

Q_{hot stream} : turunnya energi panas

Q_{cold stream} : Naiknya Energi Panas

ada tiga aturan penting yang menyangkut *heat exchanger* antara *hot* dan *cold stream* sebagai berikut:

A. Daerah di atas *pinch point (above pinch)*

Untuk HE berada di atas *pinch point*, maka titik awal *cold stream* dan titik akhir *hot stream* sudah terpaku pada *pinch point* dan terpisah sebesar beda temperatur minimum yang telah ditentukan sebelumnya dari *pinch point* ke daerah

di atas *pinch*, titik awal *cold stream* dan titik akhir *hot stream* sudah terpatok untuk terpisah sebesar beda tempertur minimum yang telah ditentukan sebelumnya.

B. Daerah di bawah pinch point (below pinch)

Hal yg sebaliknya berlaku di daerah *pinch point*. Titik awal hot stream dan titik akhir *cold stream* sudah terpaku pada *pinch point* dan terpisah sebesar 10°C. Untuk menghindari *temperature cross*, kapasitas energi *hot stream* harus lebih besar atau minimal sama dengan kapasitas energi *cold stream*, atau $(m \cdot Cp)^H \geq (m \cdot Cp)^C$.

C. Tidak ada pertukaran panas (heat exchange) melewati pinch point

Untuk memaksimalkan *heat recovery* dan meminimalkan utilities, tidak dibenarkan melakukan *heat exchange* yg melewati pinch point. *Heat exchange* di daerah atas *pinch* hanya boleh dilakukan oleh *hot* dan *cold streams* yang ada di daerah tersebut, beserta *hot utilities*. Sementara *heat exchanger* di daerah bawah *pinch* hanya boleh dilakukan oleh *hot* dan *cold streams* di daerah tersebut dan *cold utilities*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, analisis *pinch* dilakukan pada proses sistem pertukaran panas (*Heat Exchanger*) antara produk bawah kolom distilasi dengan *crude oil* pada kilang PPSDM Migas Cepu. Massa total *crude oil* yang digunakan sebesar 298.8 m³/hari setara dengan 296.65 Ton/hari, serta residu sisa hasil olahan CDU yang digunakan untuk bahan bakar kurang lebih 4% per hari.

Hasil yang diperoleh adalah memaksimum *heat recovery* produk yang ditransfer ke *crude oil* pada sistem *Heat Exchanger* tersebut, seperti yang dipelihatkan pada gambar 1. Pada gambar 1 tersebut *Hot stream* dan *Cold stream* sistem *Heat Exchanger* kemudian dibuatkan dalam bentuk tabel 1 berikut:

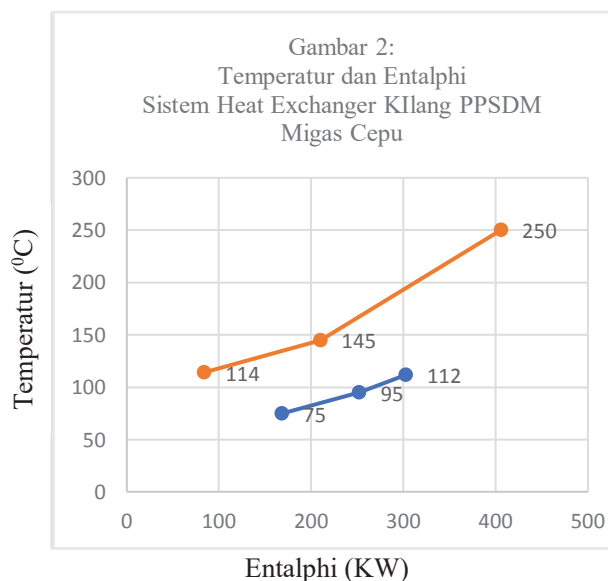
Tabel 1: Cold stream (H)

Cold Stream	Delta H (KW)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Crude Oil
C1	84.1	75	95	HE04
C2	50.5	95	112	HE05

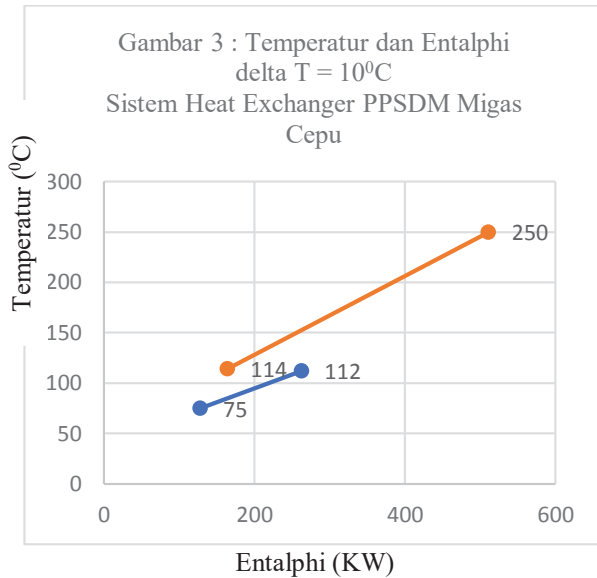
Tabel 2: Hot Stream

Hot Stream	F CV (KW)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Residu
H1	195.8	250	145	HE05
H2	126	145	114	HE04

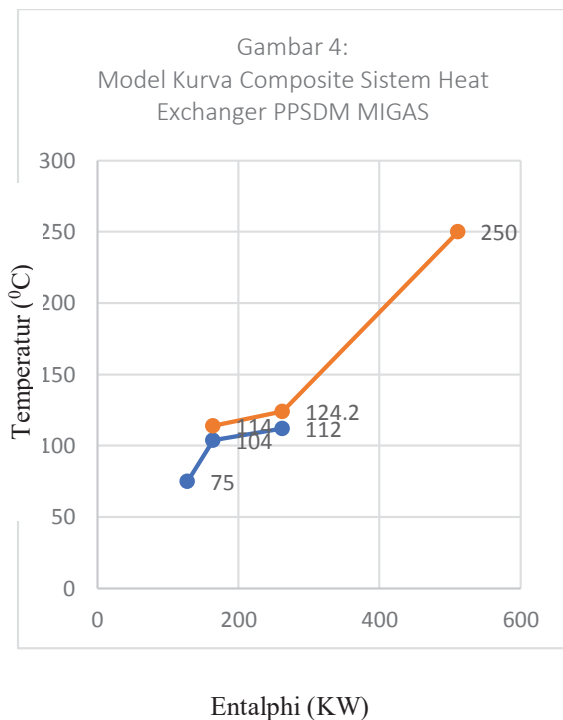
Besarnya *entalphi* diperoleh dengan cara memasukkan unsur-unsur dari produk dan crude oil kedalam aplikasi software *RefProp* kemudian dibuatkan bentuk grafik antara temperatur dan *entalphi* dari fluida tersebut, sehingga *entalphi* diperoleh seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 berikut



Grafik pada gambar 2 tersebut merupakan gambaran kondisi *real* proses, adapun hasil prediksi berdasarkan analisis *pinch* menggunakan delta minimum 10°C [I.C. Kemp, 2007] seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut :



Berdasarkan tabel dan gambar 2 tersebut kemudian dibuat keseluruhan aliran proses *hot composite* dan *cold composite*, seperti yang dipelihatkan pada gambar 4 berikut:



Beda temperatur yang dipebolehkan sebagai batas minimum untuk transfer energi adalah 10°C. Kurva pada gambar 3 tersebut memperlihatkan kebutuhan energi keseluruhan aliran proses tersebut diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 3 : Hasil Analisis *Pinch Cold Stream*

Cold Stream	Delta H KW)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Crude Oil
C1	34.38	75	95	HE04
C2	252.3	104	112	HE05

Energi yang dapat *direcovery* dibawah titik pinch sebesar energi 248.58 KW dari energi sebesar 103.2 KW dan energi yang dapat *direcovery* di atas titik pinch sebesar 3490 KWh per hari. Kemudian energi panas yang diterima *crude Oil* sebesar 84 KW, berdasarkan analisis *pinch* energi maksimum yang harus dimiliki unit utiliti tersebut sebesar 36.38 KW sehingga energi yang dapat dihemat sebesar 1142.88 KWh per hari. Temperatur *crude oil* tersebut dapat ditingkatkan dari 95°C menjadi 104°C dan temperatur produk dapat diturunkan dari 145°C menjadi 124.2°C.

KESIMPULAN

1. Pada *Heat Exchanger* Kilang PPSDM Migas Cepu, energi panas yang ditransfer produk ke *crude oil* sebesar 103.2 KW berdasarkan analisis *pinch* energi minimum yang harus dimiliki unit utiliti tersebut sebesar 248.58 KW sehingga energi yang dapat dihemat sebesar 3490 KWh per hari
2. Energi panas yang diterima *crude oil* pada *Heat Exchanger* Kilang PPSDM Migas Cepu sebesar 84 KW, berdasarkan analisis *pinch* energi maksimum yang harus dimiliki unit utiliti tersebut sebesar 36.38 KW sehingga energi yang dapat dihemat sebesar 1142.88 KWh per hari.
3. Temperatur *crude oil* tersebut dapat ditingkatkan dari 95°C menjadi 104°C dan temperatur produk dapat diturunkan dari 145°C menjadi 124.2°C.

DAFTAR PUSTAKA

Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2006). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA.

Kotas, T. J. (1985). *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*. Butterworths, Essex, UK.

Ejan, A. (1996). *Advanced Engineering Thermodynamics* (2nd edition). Wiley, New York, USA.

- Cengel, A. Y., & Boles, M. A. (2006). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (Fifth Edition). McGraw Hill Companies, New York, USA.
- Kemp, I. C. (2007). *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for The Efficient Use of Energy*. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.