



DEPARTEMEN
TEKNIK MESIN

Teknologi Minyak Bumi dan Gas Alam

Oil / Gas Heat Exchangers

Dr. ABETH NOVRIA SONJAYA, S.T., M.M., M.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin S1
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Jayabaya

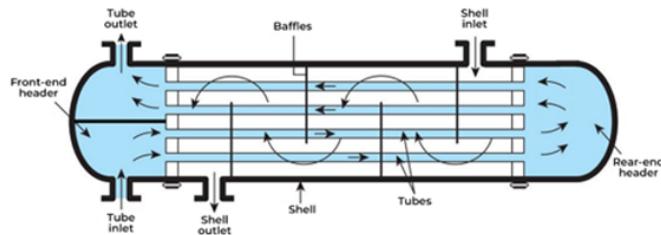
Terminologi

Heat exchanger merupakan salah satu perangkat penting yang umumnya hadir di berbagai lokasi industri. Perangkat ini memiliki fungsi ganda sebagai sistem pemanas maupun pendingin. Namun, di banyak sektor industri, terutama di pabrik, heat exchanger lebih sering dimanfaatkan sebagai sistem pendingin

Heat exchanger adalah suatu alat yang dirancang untuk mentransfer panas dari satu fluida ke fluida lain. Fluida tersebut bisa berupa cairan atau gas, tergantung pada aplikasi dan tujuan penggunaannya. Heat exchanger berfungsi untuk mengoptimalkan pemanfaatan panas, sehingga efisiensi dan kinerjanya meningkat secara signifikan.

Heat exchanger memiliki jangkauan aplikasi industri yang sangat luas. Alat ini dapat digunakan sebagai sistem pendingin (recuperator) atau pemanas (regenerator). Ini dikarenakan banyak proses industri yang membutuhkan tingkat panas tertentu agar dapat bekerja dengan baik.

JENIS-JENIS HEAT EXCHANGER



Shell and Tube Heat Exchanger

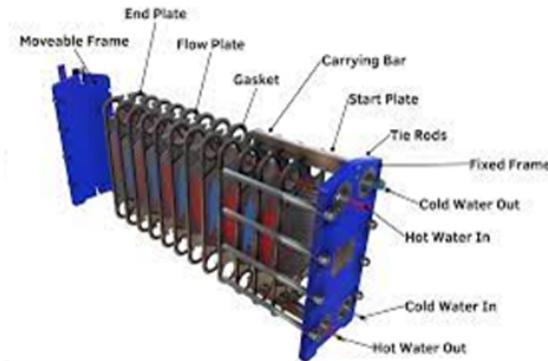
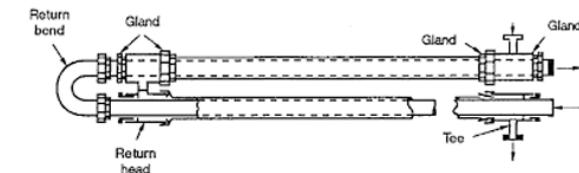
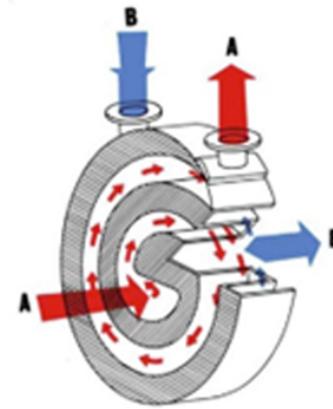


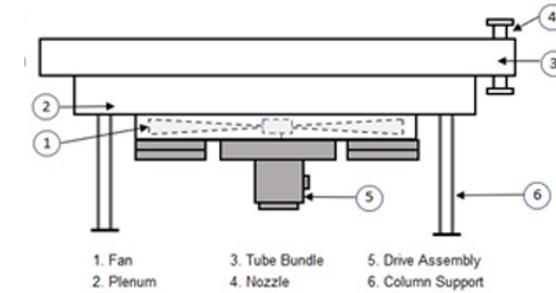
Plate Heat Exchanger



Double Pipe Heat Exchanger



Spiral Heat Exchanger



Air Cooled Heat Exchanger

Jenis Heat Exchanger

Spiral heat exchanger memiliki desain yang unik berupa spiral yang dililitkan secara berulang. Jenis heat exchanger ini memiliki dua saluran, satu untuk fluida panas dan satu lagi untuk fluida dingin. Bentuknya yang unik membuat heat exchanger ini sering digunakan dalam industri kimia. Spiral heat exchanger biasanya digunakan untuk proses pemanasan atau pendinginan dengan perbedaan suhu yang besar.



Air cooled heat exchanger, seperti namanya, menggunakan udara sebagai medium untuk mendinginkan fluida panas. Bentuknya mencakup penggunaan kipas atau *fan* yang memiliki fungsi utama untuk mendinginkan fluida yang mengalir di dalam pipa. Pastikan Anda merawat dan menjaga kipas tersebut dengan baik agar performanya selalu dalam keadaan optimal.



Jenis Heat Exchanger

Shell & tube heat exchanger merupakan jenis yang paling umum digunakan. *Heat exchanger* ini terdiri dari tabung-tabung kecil di dalam suatu selongsong (*shell*). Fluida yang satu mengalir di dalam tabung-tabung sedangkan fluida yang lain mengalir di sekeliling tabung-tabung tersebut. Biasanya, fluida panas mengisi tabung besar dan fluida kecil mengisi tabung kecil.



Double pipe heat exchanger adalah tipe *heat exchanger* yang sederhana dengan menggunakan dua pipa yang disusun paralel. Salah satu pipa berfungsi sebagai jalur untuk fluida panas, sedangkan pipa lainnya untuk fluida dingin. *Double pipe heat exchanger* sering digunakan pada sistem yang memerlukan pertukaran panas yang rendah.



Jenis Heat Exchanger

Plate heat exchanger menggunakan plat logam sebagai permukaan untuk pertukaran panas. Plat-plat ini akan membentuk banyak saluran kecil untuk aliran fluida, serta memaksimalkan efisiensi pertukaran panas. *Heat exchanger* ini efisien dan sering digunakan dalam industri makanan, minuman, dan HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning*)



Jenis Heat Exchanger

Plate heat exchanger menggunakan plat logam sebagai permukaan untuk pertukaran panas. Plat-plat ini akan membentuk banyak saluran kecil untuk aliran fluida, serta memaksimalkan efisiensi pertukaran panas. *Heat exchanger* ini efisien dan sering digunakan dalam industri makanan, minuman, dan HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning*)



GAS COOLER

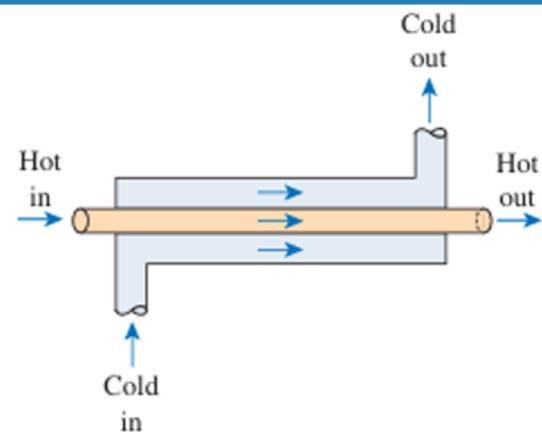
(HEAT EXCHANGER)

adalah sebuah perangkat atau sistem yang digunakan untuk mentrasnfer energi panas antara dua fluida pada suhu yang berbeda. Dalam proses ini, fluida yang lebih panas memindahkan panas ke fluida yang lebih dingin melalui suatu medium konduktif. Proses ini terjadi tanpa interaksi langsung antara dua fuida, sehingga keduanya tetap terpisah secara fisik

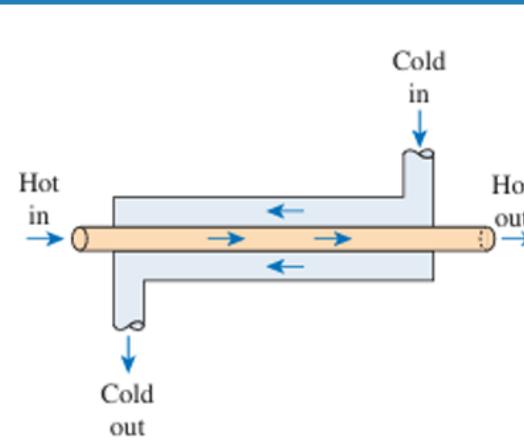


ALIRAN PADA HEAT EXCHANGER

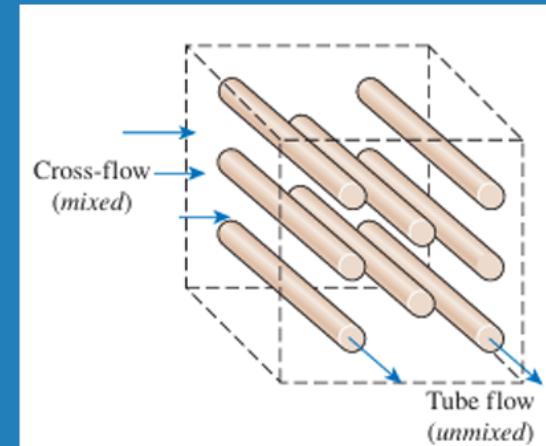
Parallel Flow



Counter Flow



Cross Flow



FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFEKTIVITAS PERFORMA GAS COOLER

- 1. Luas Permukaan Perpindahan Panas (A)**
- 2. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan (U)**
- 3. Laju Aliran Fluida (\dot{m})**
- 4. Selisih Suhu Rata – Rata Logaritmik (ΔT_m)**
- 5. Faktor Fouling (Fouling Factor)**



PERHITUNGAN UNTUK EFEKTIVITAS SHELL AND TUBE GAS COOLER

LMTD

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{\ln \left(\frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}} \right)}$$

Thermal Effectiveness Ratio

$$P = \frac{T_{h,in} - T_{h,out}}{T_{h,in} - T_{c,in}}$$

Heat Capacity Ratio

$$C_r = \frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{T_{c,out} - T_{c,in}}{T_{h,in} - T_{h,out}}$$

Correction Factor

$$F = \frac{\sqrt{C_r^2 + 1}}{C_r - 1} * \frac{\ln \left(\frac{1-P}{1-P*C_r} \right)}{\ln \left(\frac{2}{P} - 1 - C_r + \sqrt{C_r^2 + 1} \right) - \ln \left(\frac{2}{P} - 1 - C_r - \sqrt{C_r^2 + 1} \right)}$$

LMTD-corrected

$$\Delta T_m = F \times \Delta T_{lm}$$

NTU

$$NTU = \frac{U * A}{C_{min}} = \frac{T_{h,in} - T_{h,out}}{\Delta T_m}$$

Efektivitas Perfroma Gas Cooler

$$\varepsilon = 2 * \left\{ 1 + C_r + \sqrt{1 + C_r^2} * \frac{1 + \exp \left[-NTU * \sqrt{1 + C_r^2} \right]}{1 - \exp \left[-NTU * \sqrt{1 + C_r^2} \right]} \right\}^{-1}$$

NILAI OPTIMAL UNTUK GAS COOLER SPG-COMP-E2A

Berdasarkan Spesifikasi Gas Cooler

No.	Spesifikasi	Notasi	Satuan	Nilai
1.	Suhu Gas Masuk	$T_{h,in}$	°F	205
2.	Suhu Gas Keluar	$T_{h,out}$	°F	105
3.	Suhu Air Laut Masuk	$T_{c,in}$	°F	86
4.	Suhu Air Laut Keluar	$T_{c,out}$	°F	97.5
5.	ΔT LMTD	ΔT_{lm}	°F	51.07
6.	<i>Thermal Effectiveness Ratio</i>	P	-	0.84
7.	<i>Heat Capacity Ratio</i>	C_r	-	0.115
8.	<i>Correction Factor</i>	F	-	0.9068
9.	ΔT LMTD-corrected	ΔT_m	°F	46.31
10.	<i>Number of Transfer Unit</i>	NTU	-	2.16

Perhitungan Efektivitas Performa Gas Cooler
(berdasarkan spesifikasi)

$$\epsilon = 2 * \left\{ 1 + C_r + \sqrt{1 + C_r^2} * \frac{1 + \exp \left[-NTU * \sqrt{1 + C_r^2} \right]}{1 - \exp \left[-NTU * \sqrt{1 + C_r^2} \right]} \right\}^{-1}$$

$$\epsilon = 2 * \left\{ 1 + (0.115) + \sqrt{1 + (0.115)^2} * \frac{1 + \exp [-(2.16) * \sqrt{1 + (0.115)^2}]}{1 - \exp [-(2.16) * \sqrt{1 + (0.115)^2}]} \right\}^{-1}$$

$$\epsilon = 2 * \{2.37984\}^{-1}$$

$$\epsilon = 2 * 0.420196$$

$$\boxed{\epsilon = 0.84 = 84\%}$$

Nilai efektivitas optimal pada Gas Cooler SPG-COMP-E-2A adalah sebesar 84%, dengan LMTD sebesar 46.41 °F dan NTU sebesar 2.16. Nilai-nilai ini diperoleh berdasarkan spesifikasi teknis yang diberikan untuk Gas Cooler SPG-COMP-E-2A.

RUMUS KINERJA

GAS COOLER

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T = U \times A \times LMTD = \varepsilon \times \frac{NTU}{U \times A} \times (T_{h,in} - T_{c,in})$$

ANALISIS PERFORMANCE GAS COOLER METODE LMTD

Input:

- Temperatur panas (Th, in & out)
- Temperatur dingin (Tc, in & out)

LMTD Equation:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{\ln(\frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}})}$$

Thermal Effectiveness: Heat Capacity Ratio:

$$P = \frac{T_{h,in} - T_{h,out}}{T_{h,in} - T_{c,in}}$$

$$R = \frac{T_{c,out} - T_{c,in}}{T_{h,in} - T_{h,out}}$$

Correction Factor:

$$F_{l-2} = \frac{\sqrt{R^2 + 1}}{(R - 1)} \cdot \frac{\ln\left(\frac{1 - P_{l,2}}{1 - P_{l,2}R}\right)}{\ln\left(\frac{\frac{2}{P_{l,2}} - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\frac{2}{P_{l,2}} - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}}\right)}$$

MTD corrected Equation:

$$\Delta T_m = \Delta T_{lm} \times F$$

Source:

1. Heat Transfer Research, Inc. (HTRI). (Tahun). HTRI Design Manual. HTRI.
2. Bhatti, S. K., Krishna, C. M., Vundru, C., & Neelapu, M. L. (2006). Estimating number of shells and determining the log mean temperature difference correction factor of shell and tube heat exchangers. WIT Transactions on Engineering Sciences, 53, 323-335. <https://doi.org/10.2495/HT060321>

ANALISIS PERFORMANCE GAS COOLER METODE NTU

Input:

- Temperatur panas (Th, in & out)
- Temperatur dingin (Tc, in & out)

NTU Equation:

$$NTU = \frac{T_{h,out} - T_{h,in}}{\Delta T_m}$$

Heat Capacity Ratio:

$$R = \frac{T_{c,out} - T_{c,in}}{T_{h,in} - T_{h,out}}$$

ε -NTU Equation:

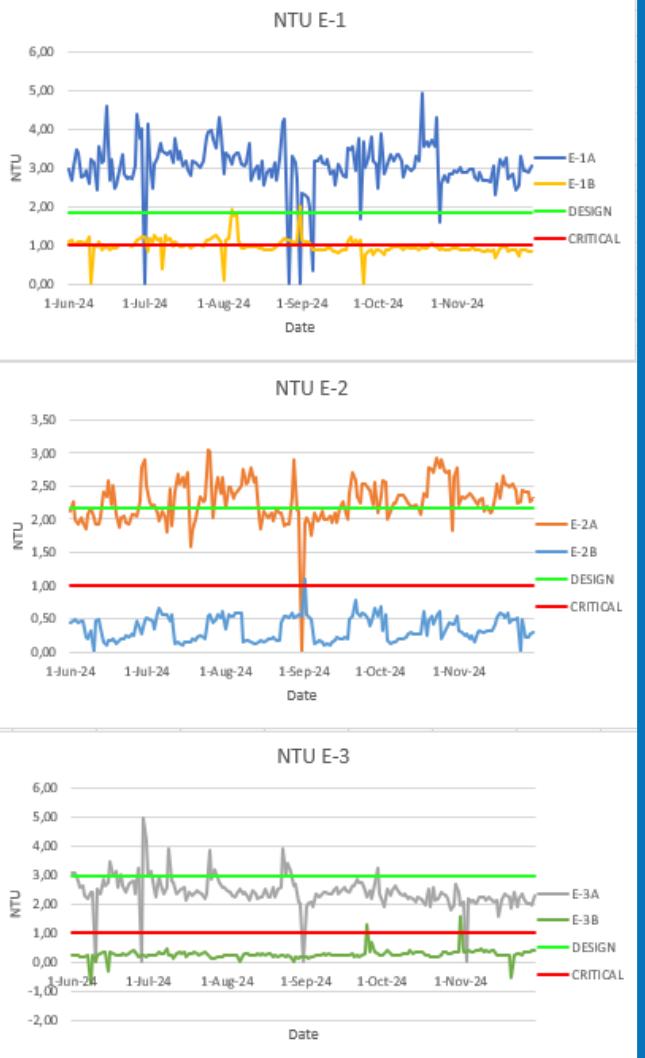
$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + R + \sqrt{1 + R^2} \frac{1 + \exp [-NTU \sqrt{1 + R^2}]}{1 - \exp [-NTU \sqrt{1 + R^2}]} \right\}^{-1}$$

Source:

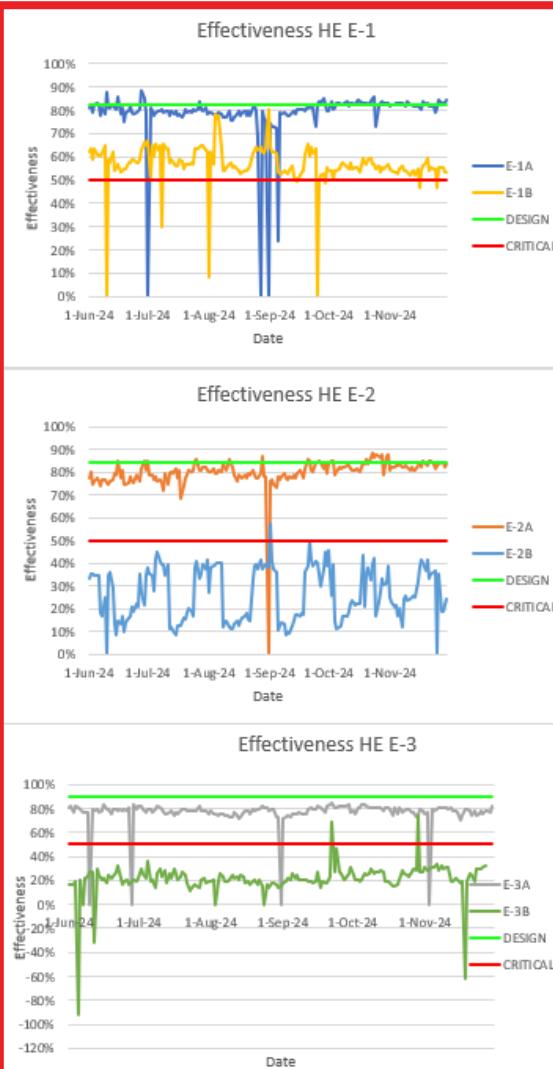
1. Çengel, Y. A. (2002). Heat transfer by Cengel (4th ed.).
2. Heat Transfer Research, Inc. (HTRI). (Tahun). HTRI Design Manual. HTRI.

Diagram pengamatan

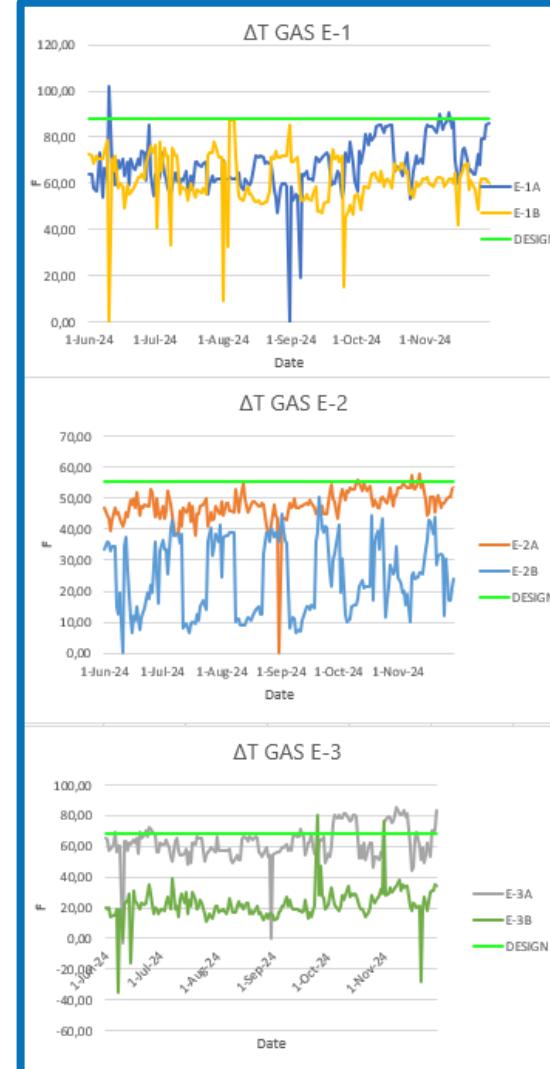
NTU



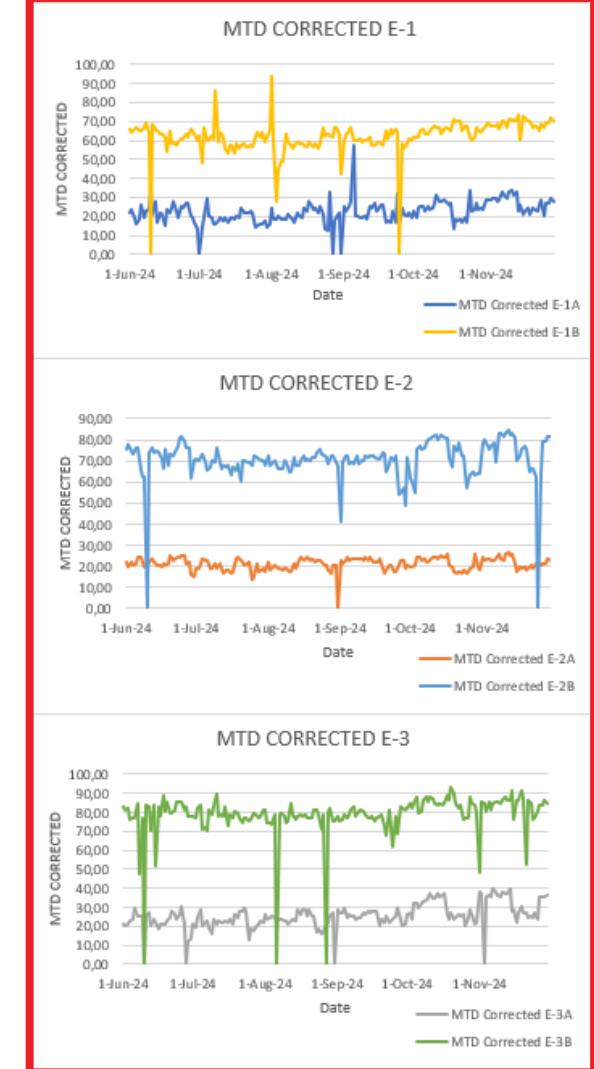
ε



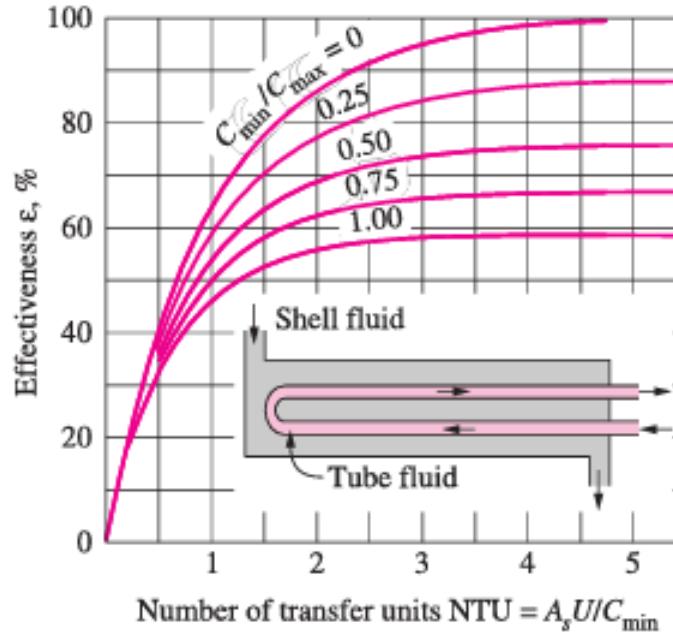
ΔT



LMTD



Critical Effectiveness Gas Cooler



(c) One-shell pass and 2, 4, 6, ... tube passes

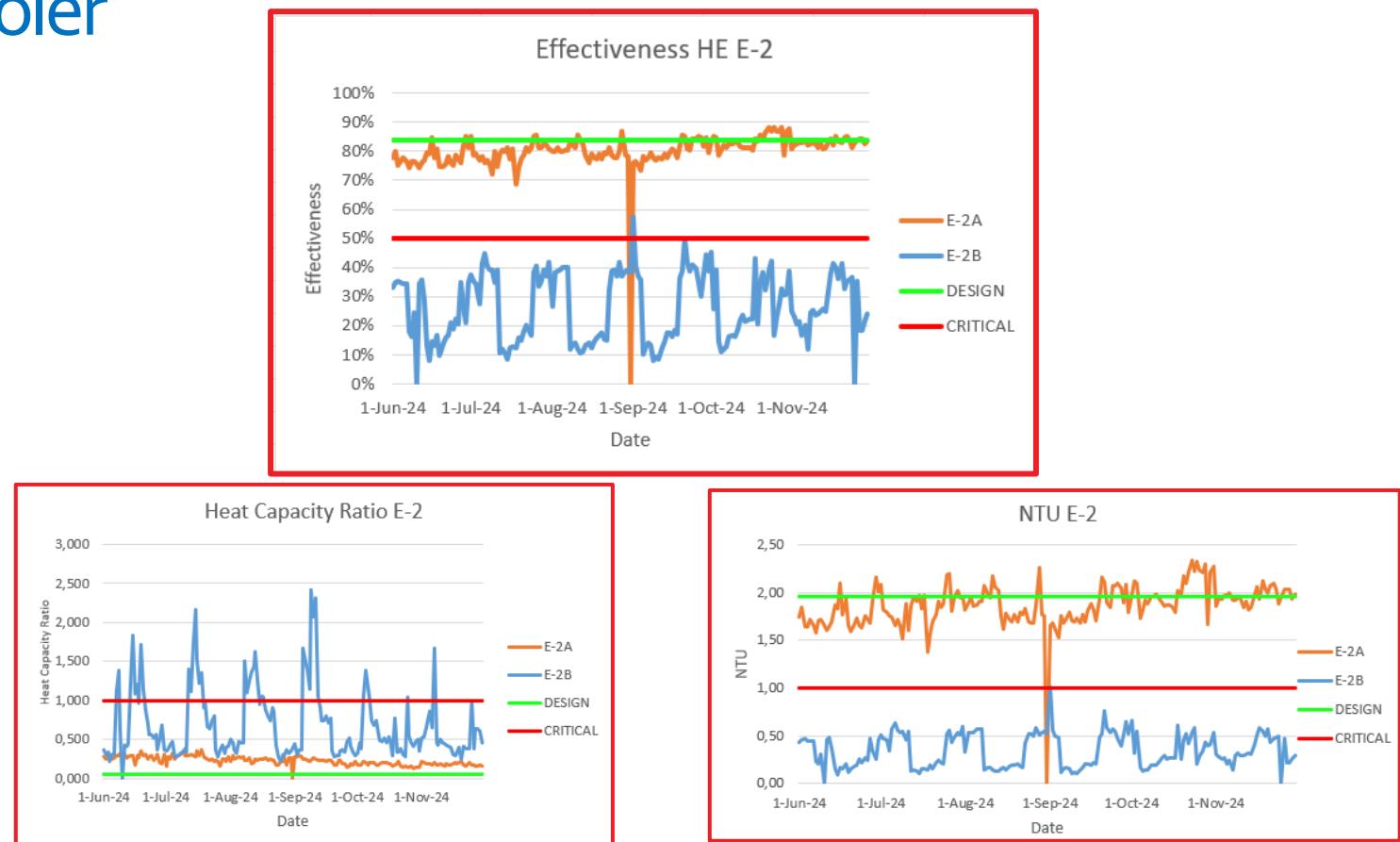
$$NTU = \frac{T_{h,out} - T_{h,in}}{\Delta T_m} = 1$$

$$R = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} = 1$$

$$\epsilon = 2 \left\{ 1 + R + \sqrt{1+R^2} \frac{1 + \exp [-NTU \sqrt{1+R^2}]}{1 - \exp [-NTU \sqrt{1+R^2}]} \right\}^{-1}$$

Source:

1. Çengel, Y. A. (2002). Heat transfer by Cengel (4th ed.).
2. Heat Transfer Research, Inc. (HTRI). (Tahun). HTRI Design Manual. HTRI.



R Critical = 1; R good <0.5

NTU Critical < 1; NTU good >1

Terima Kasih

Dr. Abeth Novria Sonjaya, S.T., M.M., M.T., M.T.

Scopus/ Web of Science ID	:	57764834500
ORCID ID	:	https://orcid.org/0000-0002-8049-7111
Publons/ Web of Science Researcher	:	GLN-3549-2022
Sinta ID	:	6716394
Google Scholar ID	:	uxCTVYIAAAAJ
Garuda ID	:	3338887
LinkedIn public profile & URL	:	www.linkedin.com/in/abeth-sonjaya-47a6591b6

Gas Cooler



Separation Systems

Tangki pemisah dirancang untuk menerima aliran hidrokarbon multifase dari pipa lepas pantai atau darat, biasanya dari sistem sumur kepala ganda, dengan tujuan akhir memisahkan gas, air, dan hidrokarbon cair. Minyak mentah, gas/kondensat gas, air, dan berbagai kontaminan merupakan komponen fluida utama yang mengalir dari sumur-sumur tersebut.

Tujuan dari pemisah produksi atau uji adalah untuk memisahkan aliran menjadi fraksi fase tunggal yang diinginkan dan kemudian mengukurnya menggunakan berbagai jenis meter aliran fase tunggal. Meter Konus dan Meter Venturi dapat digunakan untuk mengukur aliran gas yang terpisah, sementara Meter Coriolis dapat mengukur aliran minyak.

Tingkat kendali cairan (retensi) dijaga dalam tangki pemisah untuk memudahkan gas hidrokarbon meninggalkan cairan. Gas diukur pada titik tertinggi dalam tangki, dan air juga dihilangkan dari dasar tangki, sementara minyak diambil dari titik di atas tingkat air dalam pemisah. Tingkat cairan pemisah (waktu retensi) menggunakan pengontrol tingkat dan katup pengontrol tingkat. Pengontrol tingkat tradisional terdiri dari pelampung pada pegas di masa lalu. Saat ini, Transmitter Radar Gelombang Terbimbing Modern dapat digunakan untuk mengontrol tingkat cairan, yang lebih andal, akurat, dan dapat dipantau secara jarak jauh jika diperlukan. Saat level cairan di pemisah naik, radar gelombang terarah mendeteksi level hingga menutup saklar, yang kemudian membuka katup pengontrol level untuk mengeluarkan sebagian cairan. Ketika level turun kembali ke level operasi normal, sistem radar mendeteksi hal ini, mengoperasikan saklar yang membuka kembali dan menutup katup level. Laju keluaran gas dikendalikan karena cairan relatif tidak dapat dikompresi, dan tingkat cairan dalam pemisah tetap konstan jika volume pemisah/laju aliran dihitung dengan benar. Gas di atas cairan terkandung dalam volume konstan yang mendekati konstan. Saat lebih banyak gas masuk ke pemisah, tekanan naik dan diukur di keluaran.

Gas Cooler

