

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1. Uraian Proses

II.1. 1 Minyak Bumi

Minyak bumi (bahasa Inggris: *petroleum*, dari bahasa Latin *petrus* – karang dan *oleum* – minyak), dijuluki juga sebagai *emas hitam*, adalah cairan kental, berwarna coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar, yang berada di lapisan atas dari beberapa area di kerak bumi. Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar seri alkana, tetapi bervariasi dalam penampilan, komposisi, dan kemurniannya. Minyak bumi diambil dari sumur minyak di pertambangan-pertambangan minyak.

II. 1. 2 Teori Pembentukan Minyak Bumi

1. Teori Biogenesis (Organik)

Macquair (Prancis, 1758) merupakan orang pertama yang pertama kali mengemukakan pendapat bahwa minyak bumi berasal dari umbuh-tumbuhan. Kemudian M.W Lamanosow (Rusia, 1763) juga mengemukakan hal yang sama. Pendapat di atas juga didukung oleh sarjana lain seperti, Nem Beery, Engler, Bruk, bearl, Hofer. Mereka mengatakan bahwa ”minyak dan gas bumi berasal dari organisme laut yang telah mati berjuta-juta tahun yang lalu dan membentuk sebuah lapisan dalam perut bumi.”

2. Teori Abiogenesis (Anorganik)

Barthelot (1866) mengemukakan di dalam minyak bumi terdapat logam alkali, yang dalam keadaan bebas dengan temperatur tinggi akan bersentuhan dengan CO₂ membentuk asitilena. Kemudian Mendeleyev (1877) mengemukakan bahwa minyak bumi terbentuk akibat adanya pengaruh kerja uap pada katabolisme logam di dalam bumi, yang lebih ekstrim lagi adalah pernyataan beberapa ahli yang mengemukakan bahwa minyak bumi mulai terbentuk sejak zaman prasejarah, jauh sebelum bumi terbentuk dan bersamaan dengan proses terbentuknya bumi. pernyataan itu berdasar fakta ditemukannya material hidrokarbon dalam

beberapa batuan meteor dan di atmosfer beberapa planet lain.

(Wijaya, 2019)

II. 1. 3 Komponen Minyak Bumi

Minyak bumi hasil eksplorasi (pengeboran) masih berupa minyak mentah atau crude oil. Minyak mentah ini mengandung berbagai zat kimia berwujud gas, cair, dan padat. Komponen utama minyak bumi adalah senyawa hidrokarbon, baik alifatik, alisiklik, maupun aromatik. Kadar unsur karbon dalam minyak bumi dapat mencapai 50%-85%, sedangkan sisanya merupakan campuran unsur hydrogen dan unsur-unsur lain. Misalnya, nitrogen (0-0,5%), belerang (0-6%), dan oksigen (0-3,5%).

1. Senyawa hidrokarbon alifatik rantai lurus

Senyawa hidrokarbon alifatik rantai lurus biasa disebut alkana atau normal parafin. Senyawa ini banyak terdapat dalam gas alam dan minyak bumi yang memiliki rantai karbon pendek. Contoh: Etana Propana

2. Senyawa hidrokarbon bentuk siklik

Senyawa hidrokarbon siklik merupakan senyawa hidrokarbon golongan sikloalkana atau sikloparafin. Senyawa hidrokarbon ini memiliki rumus molekul sama dengan alkana, tetapi tidak memiliki ikatan rangkap dua dan membentuk struktur cincin. Dalam minyak bumi, antarmolekul siklik tersebut kadang-kadang bergabung membentuk suatu molekul yang terdiri atas beberapa senyawa siklik.

3. Senyawa Hidrokarbon Alifatik Rantai Bercabang

Senyawa golongan isoalkana atau isoparafin. Jumlah senyawa hidrokarbon ini tidak sebanyak senyawa hidrokarbon alifatik rantai lurus dan senyawa hidrokarbon bentuk siklik.

4. Senyawa Hidrokarbon Aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik merupakan senyawa hidrokarbon yang berbentuk siklik segienam, berikatan rangkap dua selang-seling, dan merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh. Pada umumnya, senyawa hidrokarbon aromatik ini terdapat dalam minyak bumi yang memiliki jumlah atom C besar.

Minyak bumi ditemukan bersama-sama dengan gas alam. Minyak bumi yang telah dipisahkan dari gas alam disebut juga minyak mentah (crude oil). Minyak mentah dapat dibedakan menjadi:

1. Minyak mentah ringan (light crude oil) yang mengandung kadar logam dan belerang rendah, berwarna terang dan bersifat encer (viskositas rendah).
2. Minyak mentah berat (heavy crude oil) yang mengandung kadar logam dan belerang tinggi, memiliki viskositas tinggi sehingga harus dipanaskan agar meleleh.

Tabel 1. Elemen Dalam Minyak Bumi

Elemen	Rentang Persentase (%)
Karbon	83 – 87
Hidrogen	10 – 14
Nitrogen	0,1 – 2
Oksigen	0,05 – 1,5
Sulfur	0,05 – 6
Logam	<0,1

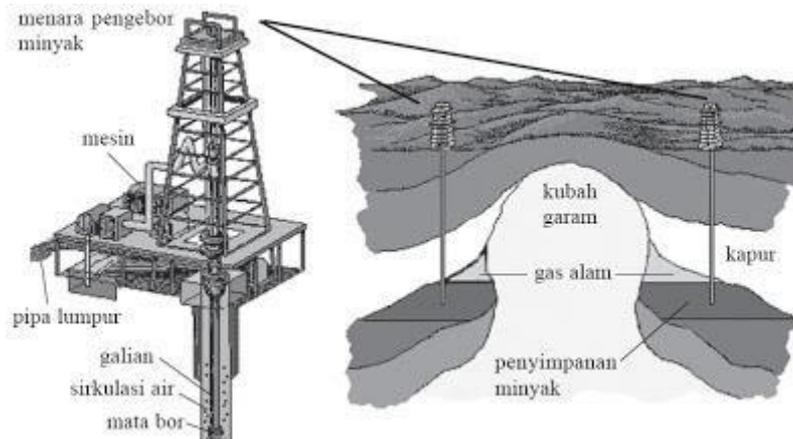
(Sumber : Pertamina EP Asset 4)

II. 1. 4 Proses Pengolahan Minyak Bumi

Para ahli melakukan eksplorasi, yaitu kegiatan yang bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi geologi untuk menemukan dan mendapatkan perkiraan cadangan minyak bumi. Kegiatan dilanjutkan dengan melakukan penyelidikan geofisika. Caranya dengan membuat gempa kecil atau getaran-getaran di bawah tanah (kegiatan seismik). Gelombang getaran dari ledakan ini turun kebawah dan memantul kembali ke permukaan bumi. Dengan cara ini, lokasi yang mengandung minyak bumi dapat diperkirakan secara ilmiah. Eksploitasi adalah rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan minyak bumi. Kegiatan ini terdiri atas pengeboran dan penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan, dan pengolahan untuk pemisahan dan pemurnian minyak. Pengeboran sumber minyak bumi menghasilkan minyak mentah yang harus

diproses lagi.

Proses pengeboran minyak bumi dan gas alam tersebut digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5. Minyak bumi, gas alam, dan batu bara di dalam lapisan bumi.

(Jurdilla, 2018)

II. 2 Uraian Tugas Khusus (Evaluasi *Heat Exchanger* (HE-4000))

Proses pengambilan minyak mentah yang terkandung di dalam bumi tidak hanya sepenuhnya mengandung minyak. Ada kandungan air dan gas yang terikut ke dalam proses pengambilan minyak. Pemisahan minyak, air, dan gas dilakukan menggunakan alat *three phase separator* (PV-9700). Air hasil keluaran *three phase separator* (PV-9700) digunakan sebagai pemanas di alat *heat exchanger* (HE-4000). Operasi alat *heat exchanger* (HE-4000) yang dilakukan terus-menerus dapat mengurangi efisiensi dari kinerja alat tersebut. Masalah yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa *heat exchanger* (HE-4000) mengalami penurunan efisiensi. Masalah ini dapat diatasi dengan melakukan evaluasi terhadap *heat exchanger* (HE-4000), sehingga dapat mengambil keputusan terhadap alat *heat exchanger* (HE-4000) perlu dilakukan pembersihan atau tidak.

II. 2. 1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi *heat exchanger* (E – 4000). Data yang digunakan yaitu data kerja *heat exchanger* (E – 4000) pada

tanggal 17 Agustus 2021 sampai 23 Agustus 2021. Adapun metode pengumpulan data disini terbagi menjadi dua, yaitu metode pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

II. 2. 2 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer disini yaitu mengambil data data kerja *heat exchanger* (E – 4000) pada tanggal 17 Agustus 2021 sampai 23 Agustus 2021. Data diperoleh dari data lapangan dan data literatur. Data studi lapangan diperoleh dengan cara melihat kondisi operasi dan aliran proses aktual *heat exchanger* (E – 4000) tanggal 17 Agustus 2021 dan 23 Agustus 2021, yaitu berupa data-data temperatur in dan out, serta data-data laju alir masing-masing fluida yang mengalir, baik di shell maupun di tube.

II. 2. 3 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder disini yaitu mengambil data desain *heat exchanger* (E – 4000). Fungsinya untuk bahan acuan dalam mengevaluasi *heat exchanger* (E – 4000), apakah *heat exchanger* (E – 4000) yang sedang dipakai masih dalam keadaan bagus atau perlu dilakukan *cleaning*. Dilakukan studi literature, data-data yang diperoleh adalah langkah-langkah perhitungan *heat exchanger* dan grafik serta tabel yang digunakan. Literatur yang digunakan adalah Kern, D.Q., 1974 “*Process Heat Transfer*”.

Data yang didapat :

Tabel 2. Data Sekunder Heat Exchanger E – 4000

Tanggal	TUBE (AIR)			SHELL (MINYAK)		
	TUBE IN	TUBE OUT	FLOW RATE BOPD	SHELL IN	SHELL OUT	FLOW RATE BOPD
	°F	°F		°F	°F	
8/17/2021	219	216	35400	117	150	4306
8/18/2021	221	218	35400	116	150	4172
8/19/2021	223	219	35900	116	149	4124
8/20/2021	222	219	35200	119	150	4204
8/21/2021	223	220	36300	117	148	4135
8/22/2021	222	218	36500	117	151	4110
8/23/2021	222	219	36500	118	150	4175

Data Hasil Perhitungan :

II. 2. 4 Pengolahan Data

Dari data primer dan sekunder yang didapat maka dilakukan pengolahan data melalui perhitungan menggunakan cara Kern, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung Neraca Panas

Neraca panas adalah persamaan sistematis yang menyatakan hubungan antara panas masuk dan panas keluar suatu system yang berdasarkan satuan waktu operasi. Untuk perhitungan kerja alat penukar panas, persamaan yang digunakan yaitu :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T / Q = m \cdot \lambda$$

Keterangan :

Q = Jumlah yang diinginkan, btu/hr

m = Laju alir massa, lb/hr

c = specific heat, btu/lb.°F

ΔT = Perbedaan temperatur yang masuk dan keluar. °F

λ = enthalpy

2. Menghitung Log Mean Temperature Difference (LMTD)

LMTD merupakan beda suhu rata-rata di sepanjang *Heat Exchanger* yang dinyatakan dalam beda suhu rata-rata logaritmik. Nilai tergantung dari konfigurasi aliran fluida di dalam HE.

Mean Temperature Difference (ΔT) pada beberapa literatur (misalnya Kern, 1950) sering disebut dengan (ΔT)LMTD (LMTD: *Log Mean Temperature Difference*). Untuk HE *multi-pass*, terdapat faktor koreksi FT. Nilai FT dapat dibaca pada Fig. 18 Kern, dengan menghitung R dan S.

$$LMTD = \frac{(T_{hin} - T_{cout}) - (T_{hout} - T_{cin})}{\ln(T_{hin} - T_{cout}) / (T_{hout} - T_{cin})}$$

3. Menghitung Flow Area

□ Pada Tube

$$a_t = N_t \times a'_t n$$

□ Pada Shell

$$a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{P_t}$$

Keterangan :

a_t = Flow area tube, ft^2

N_t = Jumlah tube

a'_t = Flow area per tube, ft^2

N_t = Jumlah pass

A_s = Luas Permukaan Shell, ft^2

ID = Inside Diameter Shell, ft

C' = Jarak antar tube, ft

B = Baffle space, ft

P_t = Pitch, ft

4. Menghitung Mass Velocity

□ Pada Tube

$$G_T = \frac{W_t}{a_t}$$

□ Pada Shell

$$G_s = \frac{W_s}{a_s}$$

Keterangan :

Gt = Mass velocity tube, lb/hr. ft^2

G_s = Mass velocity shell, lb/hr. ft^2

W_t = Flow rate fluida tube, lb/hr

W_s = Flow rate fluida shell, lb/hr

a_t = Flow area tube, ft^2

a_s = Flow area shell, ft^2

5. Menghitung Bilangan Reynold (Re)

Bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mempelajari suatu sistem fluida dengan berbagai pola aliran suatu fluida, sifat fluida, dan berbagai parameter mekanika fluida. Dapat dihitung dengan persamaan :

□ **Pada Tube**

$$Ret = \frac{ID \times Gt}{\mu t}$$

□ **Pada Shell**

$$Res = \frac{De \times G_s}{\mu s}$$

Keterangan :

Ret = Reynold number tubes

Re = Reynold number shell

D/ID = Diameter ekivalen tube, ft (Table 10, Kern)

De = Diameter ekivalen shell, ft (Table 10, Kern)

Gt =Mass velocity tube, lb/hr. ft^2

G_s =Mass velocity shell, lb/hr. ft^2

μ =Viskositas pada temperature cal, lb/ft.hr

6. Faktor Perpindahan Panas, jH

Nilai jH dapat diperoleh dari fig.24, kern untuk shell dan fig. 28, Kern untuk tube. Namun apabila nilai Reynold number over range, nilai jh dapat dihitung menggunakan persamaan :

□ **Pada Tube**

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

atau

Membaca pada fig.28, Kern

□ **Pada Shell**

$$jH = \frac{ho \cdot De}{k} \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

7. Menghitung Koefisien Panas h

<p style="text-align: center;">□ Pada Shell □ Pada Tube</p> $h_o = jH \times \frac{k}{D} \times (c \times \mu k)^{1/3} \times \phi_s$	$h_i = jH \times \frac{k}{D} \times (c \times \mu k)^{1/3} \times \phi_t$ $\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD}$
--	---

atau Memakai asumsi dan melakukan pembacaan pada *fig.15.11*, Kern untuk Shell

Keterangan :

- h_o = Coeffisition transfer di-shell, $btu/hr.ft^2.^{\circ}F$
- k = Konduktivitas pada temperature kalorik, $btu/hr.ft^2.^{\circ}F$
- c = Specific heat pada temperature kalorik, $btu/lb.ft^2.^{\circ}F$
- μ = Viskositas pada temperature kalorik, $^{\circ}F$
- ϕ = Viscosity ratio
- D = Diameter ekivalen tube
- J_h = Faktor perpindahan panas
- h_i = Koefisien transfer di-tube, $btu/hr.ft^2.^{\circ}F$

8. Menghitung Overall Coeficient

Merupakan keofisien perpindahan panas gabungan dari keseluruhan proses transfer pada yang terjadi dalam HE. Nilai koefisien transfer panas keseluruhan (U) secara umum tergantung pada mekanisme perpindahan panas yang terjadi dalam HE (seperti: konduksi, konveksi, radiasi, dan lain-lain), sifat-sifat fluida, dan jenis HE.

Untuk estimasi awal pada saat perancangan/desain, kisaran nilai U dapat dibaca pada literatur (Table 8, Kern). Pada saat desain dilakukan, U akan terkoreksidari perhitungan. Koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) yang diperlukan untuk memenuhi kondisi operasi dalam HE dapat ditentukan dari Persamaan Umumpada Nomor 1, jika A, Q dan ΔT diketahui. Jika A tidak diketahui, maka U tidak dapat

dihitung sehingga harus dihitung terpisah berdasarkan koefisien perpindahan panas konveksi dari pipa dalam (h_{i0}) dan koefisien perpindahan.

$$U_c = \frac{h_{i0} + h_o}{h_{i0} \times h_o}$$

Keterangan :

U_c = Clean overall Coeficient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

h_o = koefisien transfer di shell, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

h_{i0} = Koefisien tranfer di tube, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

9. Menghitung Design Overall Coeficient (U_d)

Design Overall Coeficient merupakan koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah terjadi pengotoran pada *Heat Exchanger*, misalnya pembentukan kerak atau deposit. Terbentuknya kerak ini dapat menambah resistansi atau hambatan perpindahan panas sehingga dapat menurunkan performadari HE dan perpindahan panas menjadi tidak maksimal. Untuk mengatasinya perlu dipertimbangkan adanya *fouling factor* (R_d). Besarnya U_d lebih kecil dari U_c .

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta T}$$

Keterangan :

U_d = Overall Heat Transfer Koefisient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

A = Total *surface*

10. Fouling Factor, R_d

Fouling Factor dapat menjadi dasar pertimbangan apakah suatu hasil rancangan HE dapat diterima atau tidak. Rancangan HE dapat diterima jika R_d terhitung lebih besar dari R_d yang diperlukan (*required R_d*). Dengan kisaran nilai R_d tergantung dari jenis fluida dan prosesnya (Table 12, Kern) (Flynn, Akashige and Theodore, 1950).

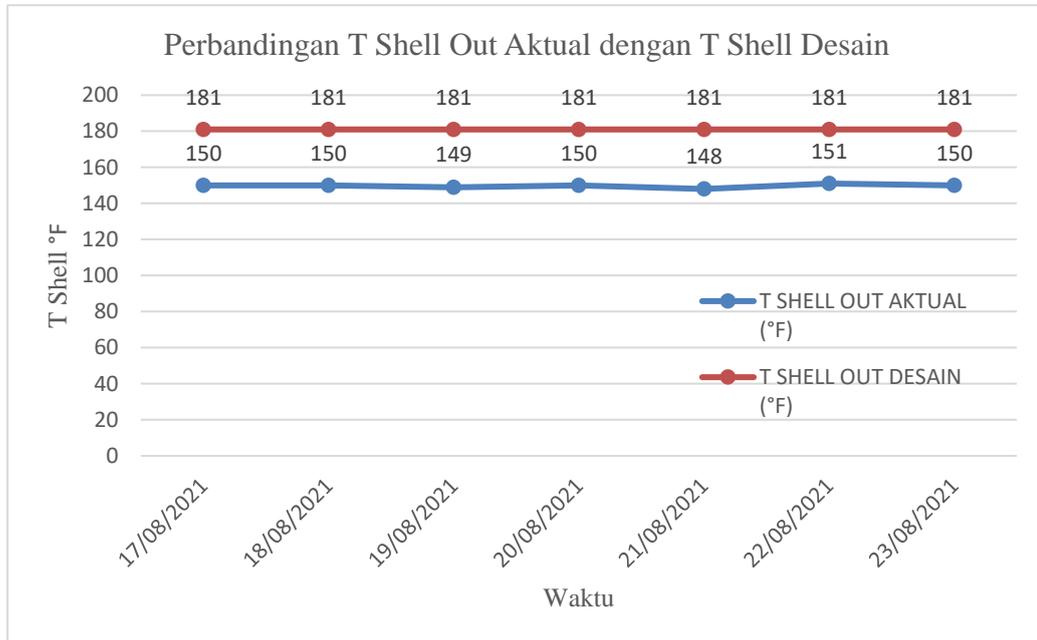
$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

Keterangan :

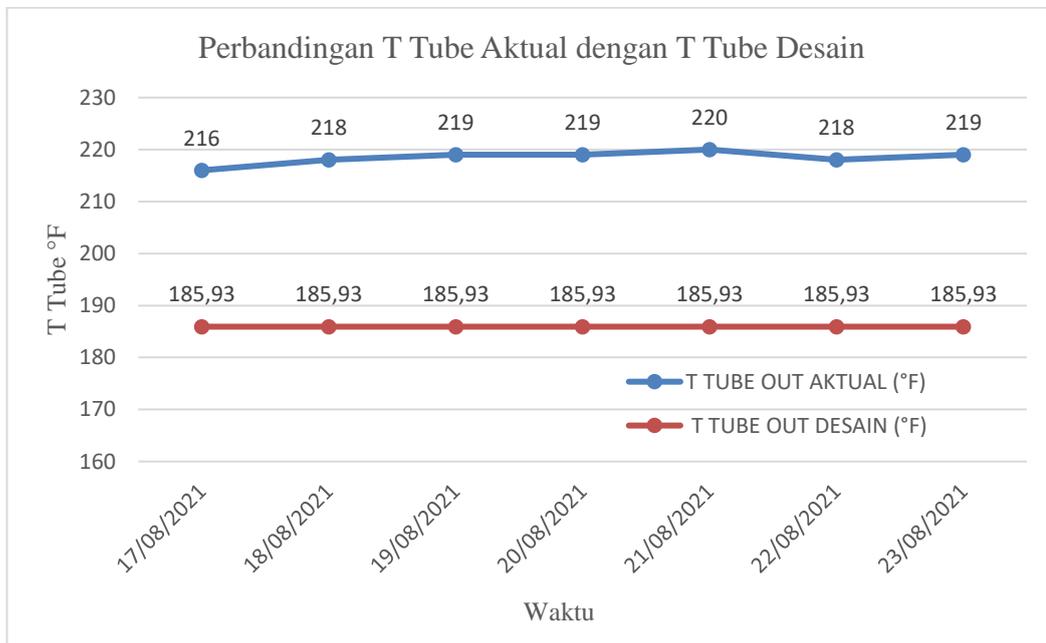
U_c = Clean overall Coeficient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

U_d = Overall Heat Transfer Coeficient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

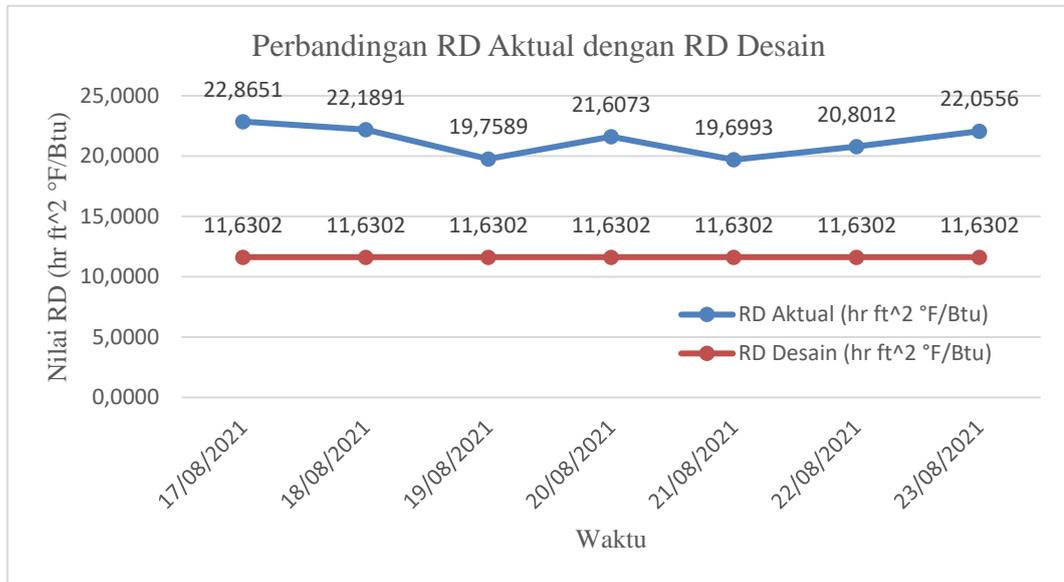
II.2. 5 Pembahasan



Grafik 1. Perbandingan T Shell Aktual hitung dengan T Shell Design



Grafik 2. Perbandingan T Tube Aktual hitung dengan T Tube Design



Grafik 3. Perbandingan RD Aktual dengan RD Desain

Berdasarkan grafik 1 dan grafik 2 pada tanggal 17 Agustus 2021 – 23 Agustus 2021 terlihat suhu untuk keluaran tube dan shell tidak sesuai dengan suhu desain . Perbedaan antar suhu tersebut disebabkan karena *fouling factor* dari *heat exchanger* yang tinggi. Dapat dilihat dari grafik 3 perbandingan *fouling factor* (Rd) aktual yang nilainya lebih besar dari *fouling factor* (Rd) desain. Hal ini menunjukkan bahwa dinding tube bagian dalam dan luar *heat exchanger* terdapat kerak yang mengakibatkan transfer panas dari *heat exchanger* kurang efisien. Maka perlu dilakukan pembersihan pada *heat exchanger* untuk mengurangi nilai Rd dan menaikkan kembali efisiensi penukaran panas.