



BAB IX

TUGAS KHUSUS

IX.1 Judul Tugas Khusus

Judul pada tugas khusus ini, yakni Evaluasi Kinerja *Double Pipe Heat Exchanger* E-1802 Pada *Superabsorbent Polymer Plant* di PT. Nippon Shokubai Indonesia

IX.2 Latar Belakang Masalah

PT. Nippon Shokubai Indonesia adalah perusahaan global di bidang petrokimia yang menjadi pionir di Indonesia dalam memproduksi *Superabsorbent Polymer* (SAP). Perusahaan ini memiliki beberapa *plant* yaitu, *Acrylic Acid Plant* (AA), *Ethyl Acrylate Plant* (EA), *Butyl Acrylate Plant* (BA), *2-Ethylhexyl Acrylate Plant* (EHA) serta *Superabsorbent Polymer Plant* (SAP). Kapasitas produksi dari masing-masing *plant* tersebut adalah 240.000 ton/tahun, 20.000 ton/tahun, 40.000 ton/tahun, 40.000 ton/tahun, dan 90.000 ton/tahun. SAP sendiri merupakan polimer yang mampu menyerap air dalam jumlah besar yang jauh melebihi beratnya, sehingga banyak digunakan dalam produk penyerap seperti popok dan pembalut wanita. Produksi SAP ini menggunakan bahan baku *acrylic acid* dari pabrik monomer dan *caustic soda* yang diperoleh oleh PT. Asahimas Chemical.

Unit produksi SAP terdiri dari beberapa tahapan proses, antara lain netralisasi, polimerisasi, pengeringan, pulverisasi, perlakuan tambahan, serta pengemasan. Proses netralisasi bertujuan untuk menghasilkan larutan monomer *sodium acrylate*. Bahan baku yang digunakan pada proses netralisasi yaitu *acrylic acid* dan *caustic soda*. Sebelum memasuki proses netralisasi tahap II *sodium acrylate* yang digunakan harus melewati proses pemanasan menggunakan *heat exchanger*. Pada proses netralisasi dalam pembuatan *Superabsorbent Polymer* (SAP) di PT. Nippon Shokubai Indonesia jenis *heat exchanger* yang digunakan adalah *double pipe heat exchanger*.



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

Penurunan kinerja pada *heat exchanger* dapat terjadi karena pembentukan kerak (*scale*), korosi, kebocoran, atau aliran fluida yang menyebabkan terjadinya hambatan terhadap dinding alat. Kondisi yang digunakan dalam evaluasi *heat exchanger* ini menggunakan kondisi actual dimana terdapat beberapa parameter diantaranya secara berturut-turut yaitu suhu *feed* masuk, suhu *hot water* masuk, *flowrate feed*, *flowrate hot water* sebesar 34,50°C, 60°C, 8300 kg/hr, 1500 kg/hr. Untuk memastikan proses perpindahan panas berlangsung secara optimal, maka dilakukan evaluasi kinerja dari *heat exchanger* dengan meliputi beberapa parameter seperti koefisien perpindahan panas *overall* (U), *pressure drop* yang tinggi, dan *fouling factor* (Rd) yang melebihi batas yang diizinkan. Oleh karena itu, diperlukannya evaluasi kinerja *Double Pipe Heat Exchanger* E-1802 sebagai *heater* pada *superabsorbent polymer* (SAP) *plant* di PT. Nippon Shokubai Indonesia menggunakan Aspen HYSYS Versi 10.

IX.3 Tujuan

Tujuan dari tugas khusus ini adalah dapat membaca *engineering drawing*, mengetahui kondisi aktual, dan mengevaluasi kinerja dari *Double Pipe Heat Exchanger* E-1802 pada *Superabsorbent Polymer Plant* (SAP) di PT. Nippon Shokubai Indonesia.

IX.4 Ruang Lingkup

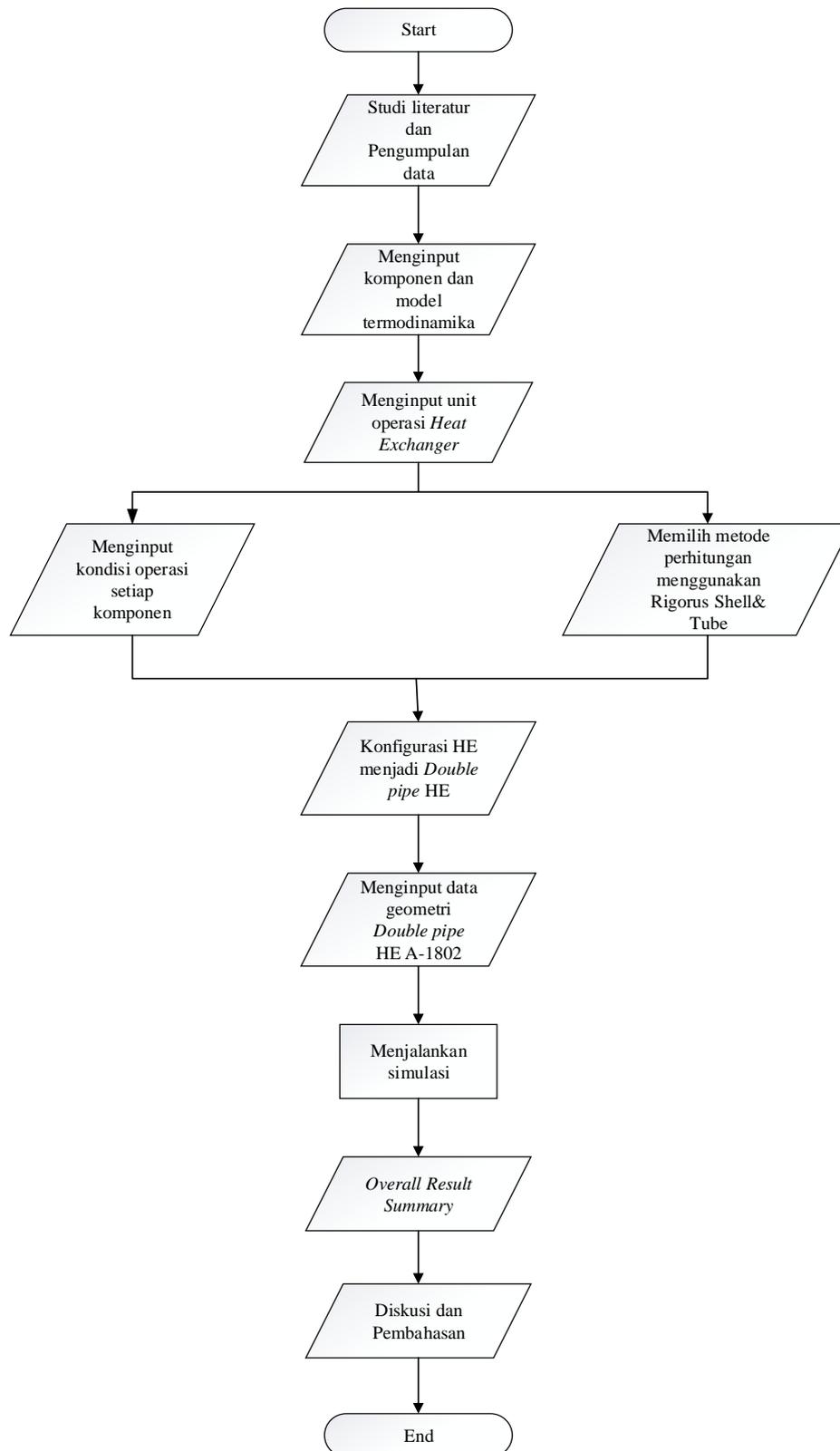
Tugas khusus yang diberikan mencakup evaluasi kinerja *Double Pipe Heat Exchanger* pada *Superabsorbent Polymer Plant* (SAP). Parameter kinerja alat dari *heat exchanger* E-1802 terletak pada nilai koefisien perpindahan panas *overall* (U). Evaluasi kinerja *heat exchanger* ini dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* Aspen HYSYS Versi 10.

IX.5 Tahap Penyelesaian Tugas Khusus

Penyelesaian tugas khusus ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang terdapat pada gambar VIII.1 sebagai berikut:



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA
UPN "VETERAN" JAWA TIMUR



Gambar IX. 1 Flowchart Penyelesaian Tugas Khusus



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA UPN "VETERAN" JAWA TIMUR

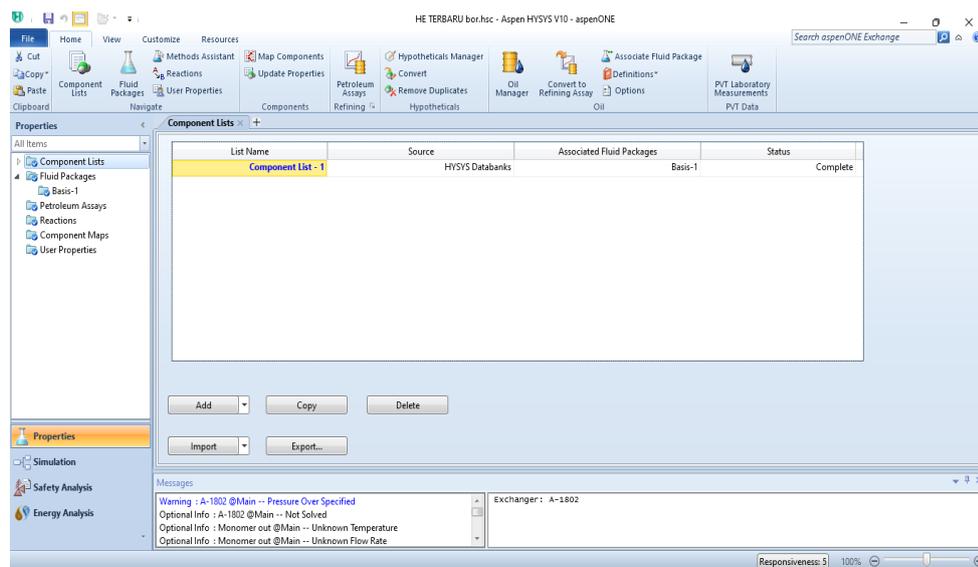
Untuk mengevaluasi kinerja *double pipe heat exchanger* digunakan *software* Aspen HYSYS Versi 10. Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *double pipe heat exchanger*:

1. Studi literatur dan pengumpulan data

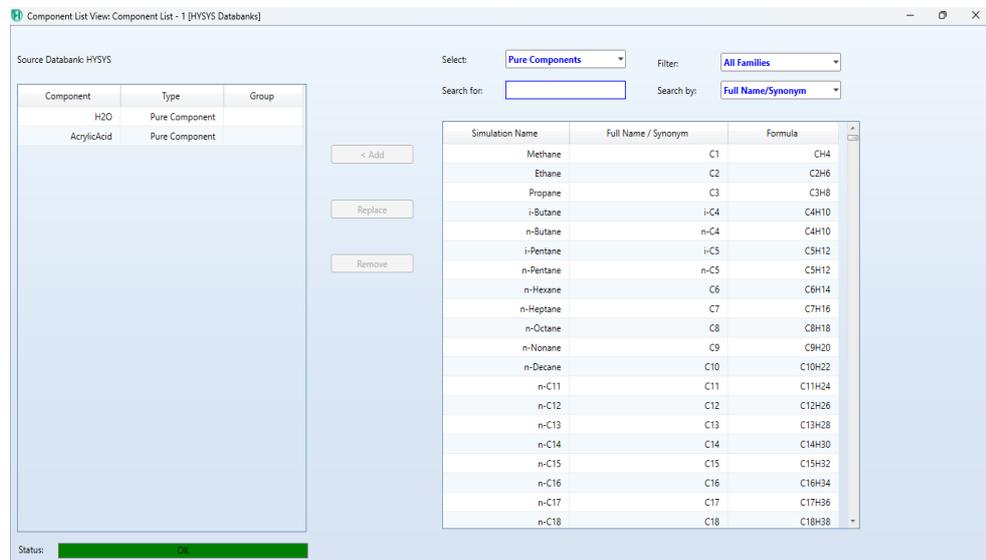
Pengambilan data dilakukan pada tiga kondisi operasi *heat exchanger* dengan *flowrate* yang berbeda, yakni kondisi *actual*, *load up*, dan *load down*. Selain itu, dilakukan pengumpulan data desain *double pipe heat exchanger* untuk dilakukan evaluasi kinerja.

2. Menginput komponen dan model termodinamika

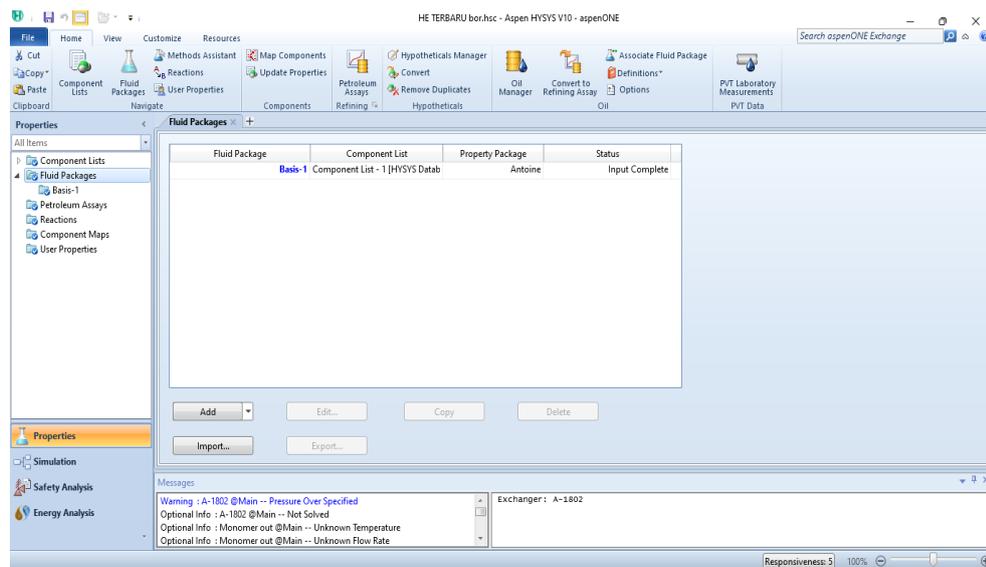
Tahap pertama yang dilakukan dalam simulasi Aspen HYSYS adalah membuka Aspen HYSYS lalu memilih *new* pada tampilan awal. Setelah itu, klik *component list* dan input komponen yang digunakan, yaitu *acrylic acid* dan *water*. Selanjutnya, klik *fluid packages* untuk memilih model termodinamika yang digunakan, lalu pilih *Antoine*. Model termodinamika Antoine cocok digunakan pada *double pipe heat exchanger* dengan aliran *acrylic acid* dan *water* karena akurat menghitung tekanan uap komponen dalam rentang suhu tertentu. Sifat fisik kedua komponen ini sesuai dengan batasan Antoine, sehingga model ini efektif untuk perpindahan panas.



Gambar IX. 2 Memilih Sub Menu *Component List*



Gambar IX. 3 Menginput Komponen yang Digunakan



Gambar IX. 4 Menginput Model Thermodinamika Antoine

3. Menginput unit operasi *heat exchanger*

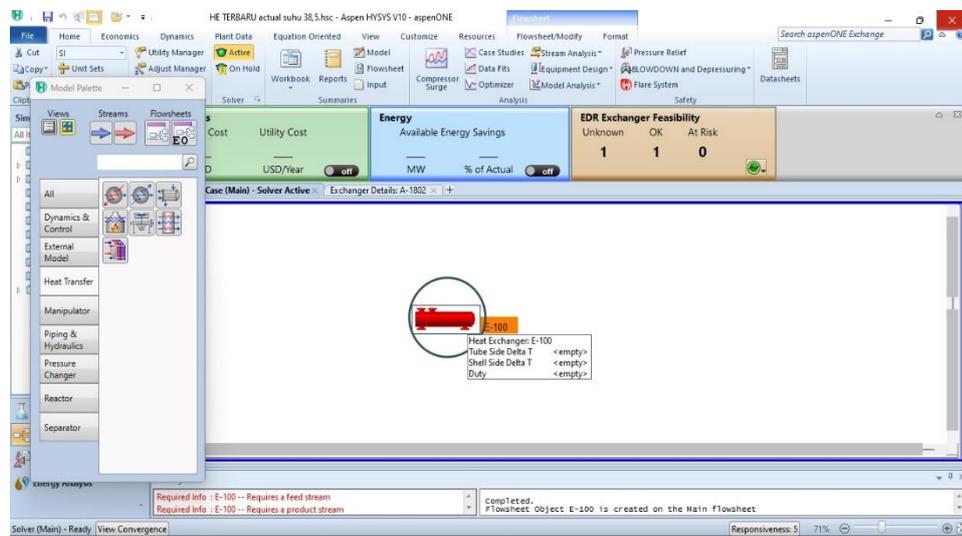
Pada tahap ini, memilih menu *simulation* lalu pilih sub menu *heat transfer* dan pilih unit *heat exchanger*.



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG

PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA

UPN "VETERAN" JAWA TIMUR



Gambar IX. 5 Menginput Unit Operasi *Heat Exchanger*

4. Menginput kondisi operasi setiap komponen

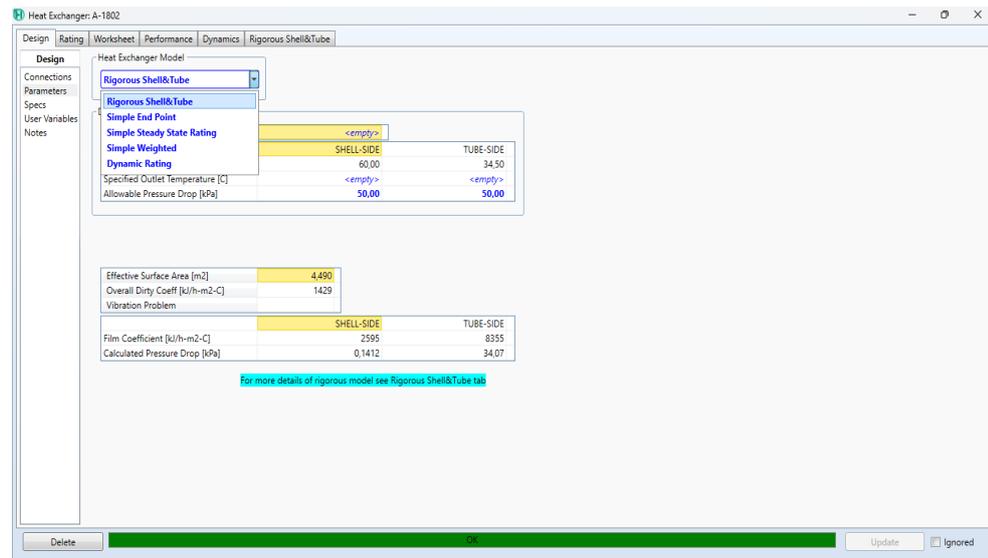
Tahap ini dilakukan dengan klik 2x unit *heat exchanger* yang sudah ditambahkan. Kemudian, input dan tentukan komponen yang diinginkan pada bagian *shell (inlet dan outlet)* dan *tube (inlet dan outlet)*. Selanjutnya, klik menu *worksheet* lalu *input* kondisi operasi masing-masing komponen. Setelah itu, klik sub menu *composition* dan masukkan mol fraksi masing-masing komponen.

Design	Rating	Worksheet	Performance	Dynamics	Rigorous Shell&Tube
Worksheet	Name	Monomer in	Monomer out	Water in	Water out
Conditions	Vapour	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Properties	Temperature [C]	34.50	38.16	60.00	44.58
Composition	Pressure [kPa]	500.0	465.9	350.0	349.9
PF Specs	Molar Flow [kgmole/h]	223.8	223.8	83.26	349.9
	Mass Flow [kg/h]	9960	9960	1500	3499
	Std Ideal Liq Vol Flow [m ³ /h]	9.521	9.521	1.503	50.34
	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-3.349e+005	-3.345e+005	-2.822e+005	-2.81
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	23.22	24.64	15.00	11.39
	Heat Flow [kJ/h]	-7.496e+007	-7.487e+007	-2.350e+007	-2.360e+007

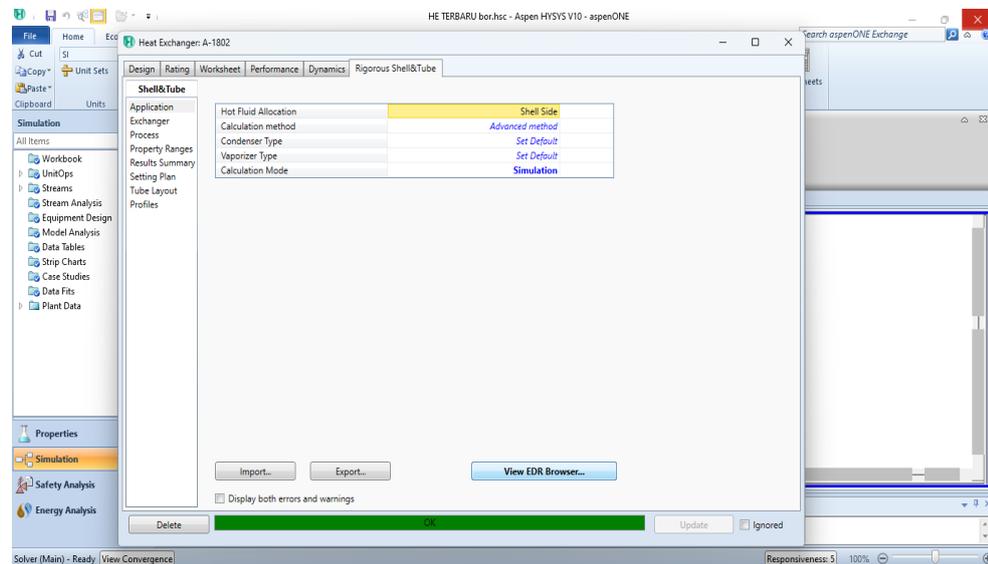
Gambar IX. 6 Menginput Kondisi Operasi Setiap Komponen

5. Memilih metode perhitungan menggunakan Rigorous Shell & Tube

Tahap ini dilakukan dengan klik menu *design* lalu pilih sub menu parameter. Kemudian, ubah *heat exchanger model* dari *simple end point* menjadi Rigorous Shell & Tube.



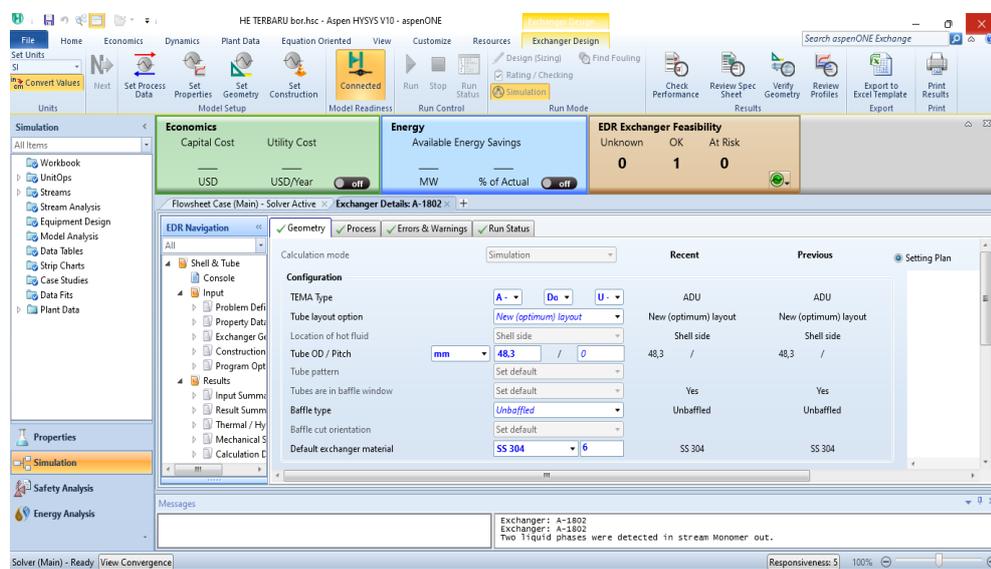
Gambar IX. 7 Mengubah *Heat exchanger Model* Menjadi Rigorous *Shell & Tube*



Gambar IX. 8 Tampilan *Heat Exchanger Model* Rigorous *Shell & Tube*

6. Konfigurasi menjadi *double pipe heat exchanger*

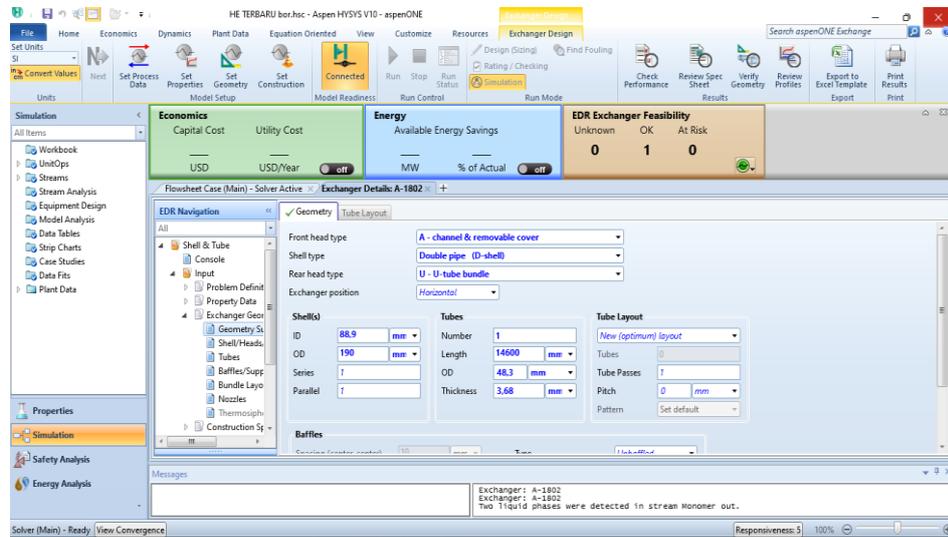
Konfigurasi dilakukan dengan klik menu Rigorous Shell & Tube lalu klik *view* EDR browser. Kemudian, akan muncul tampilan EDR browser lalu klik geometri dan input data design yang akan digunakan. TEMA *type* yang digunakan untuk *double pipe heat exchanger* adalah A (*Channel & Removeable cover*) untuk *cover head*, Do (*Double pipe*) untuk *shell type*, dan U (*U – tube bundle*) untuk *rear head*.



Gambar IX. 9 Konfigurasi menjadi *Double Pipe Heat Exchanger*

7. Menginput data geometri *double pipe heat exchanger* E-1802

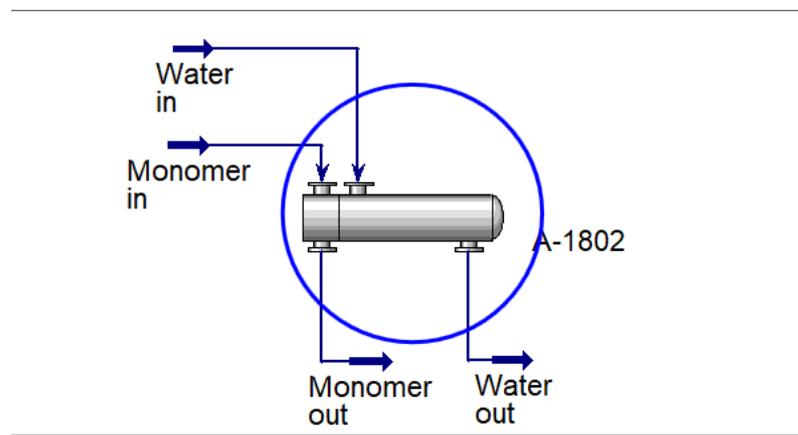
Tahap ini dilakukan dengan menginput ID/OD pada *shell* dan untuk *tube* input *length*, OD, dan *thickness*.



Gambar IX. 10 Menginput data geometri *heat exchanger*

8. Menjalankan simulasi proses

Setelah mengisi semua data yang diperlukan, Aspen HYSYS akan secara otomatis menghitung data yang diperlukan. Simulasi berjalan ketika seluruh input dan output berwarna biru tua.



Gambar IX. 11 Menjalankan Simulasi Proses

9. Overall Result Summary

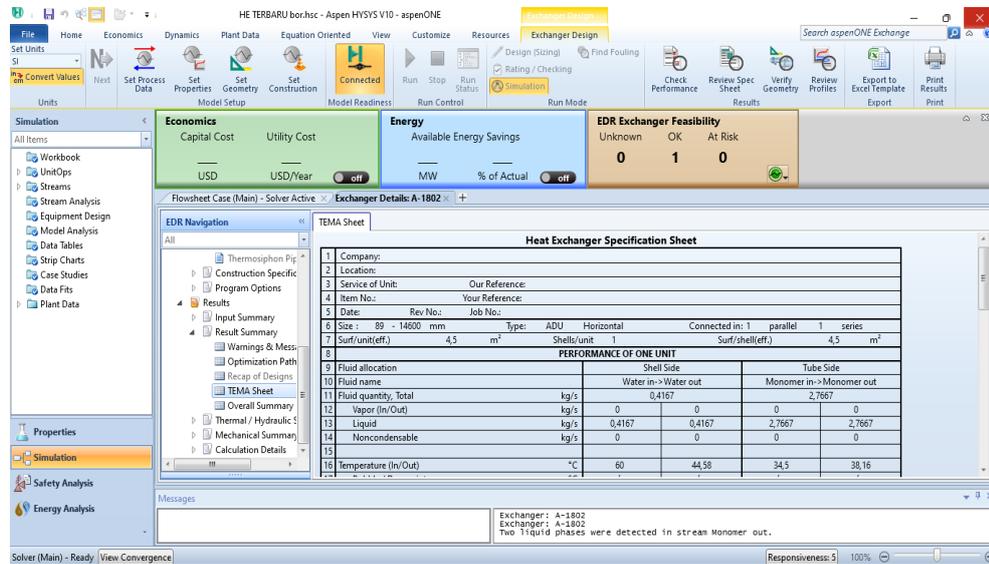
Setelah simulasi proses dijalankan, hasil simulasi dapat dilihat pada menu *result*. Untuk melihat *heat exchanger specification* dilakukan dengan klik TEMA sheet. Sedangkan, untuk performa *heat exchanger* dilakukan dengan klik *Overall Result Summary*.



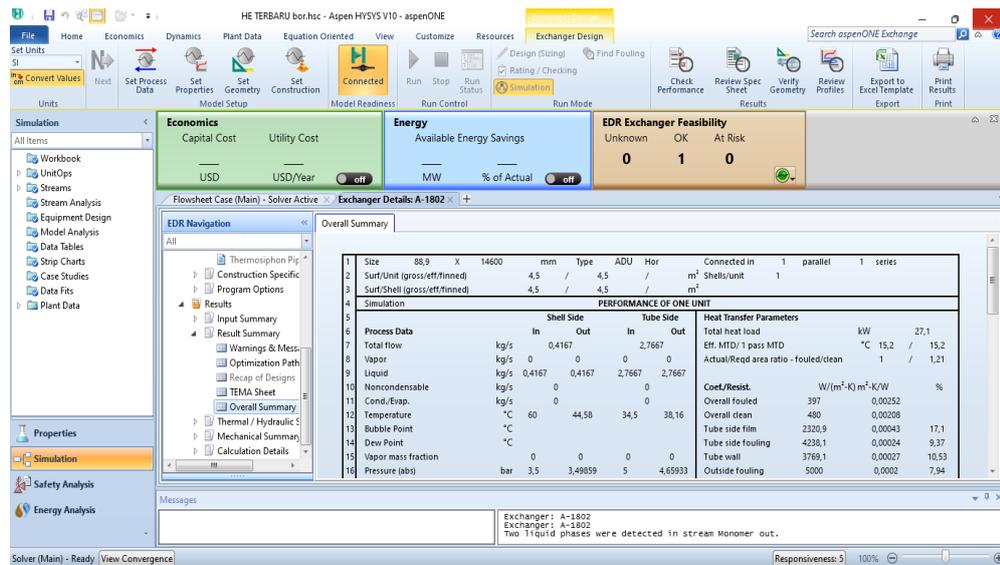
LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG

PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA

UPN "VETERAN" JAWA TIMUR



Gambar IX. 12 Result TEMA Sheet



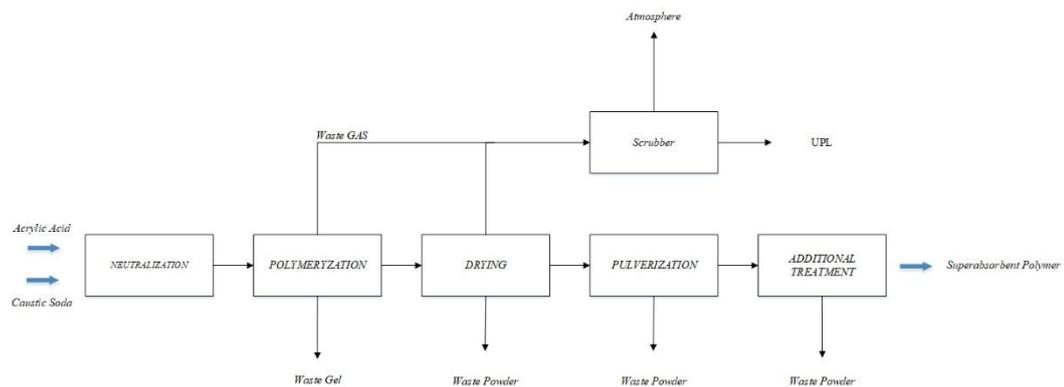
Gambar IX. 13 Overall Result Summary

10. Diskusi dan pembahasan

Penulis melakukan pembahasan untuk menilai kinerja *double pipe heat exchanger* A-1082 dengan membandingkan data yang diperoleh dari berbagai sumber atau literatur dengan data yang disediakan oleh PT. Nippon Shokubai Indonesia.

IX.6 Deskripsi Proses Unit *Superabsorbent Polymer* (SAP)

Superabsorbent polymer (SAP) diproduksi menggunakan bahan baku utama yaitu asam akrilat (AA) dan sodium hidroksida (NaOH). Dalam unit netralisasi, AA dan NaOH bereaksi membentuk sodium akrilat (SA). Kemudian, SA diumpangkan ke *reactor polymerization* yang akan berpolimerisasi membentuk gel SAP basah. Proses ini menghasilkan limbah gel basah yang ditampung dalam *container bag* (CB). Pada proses pengeringan, gel SAP basah dikeringkan menggunakan udara panas sebagai media pemanas. Padatan SAP yang dihasilkan dibawa ke proses *pulverization*. Udara panas membawa sebagian besar kandungan air dibuang ke atmosfer setelah melalui proses *scrubbing* di waste gas unit, sementara limbah air dibawa ke *waste water treatment* untuk diolah. Proses ini juga menghasilkan limbah padat berupa bubuk SAP. Pada proses *pulverization*, padatan SAP yang masih berukuran besar diubah menjadi bubuk SAP ukuran kecil sesuai spesifikasi melalui proses penggerusan dan penyaringan. Hasil dari proses ini kemudian diumpangkan menuju proses *additional treatment*. Hasil dari proses ini kemudian diumpangkan ke unit *classification* untuk disaring sesuai ukuran produk yang diinginkan sebelum dikemas pada proses *filling*. Pada proses *classification* juga dihasilkan limbah padat berupa bubuk SAP.



Gambar IX. 14 Proses *Superabsorbent Polymer* (SAP)

IX.7 Heat Exchanger

Heat exchanger merupakan alat yang digunakan untuk mentransfer panas dari satu fluida ke fluida lainnya, sehingga dapat mengubah suhu fluida tersebut dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida panas ke fluida dingin.

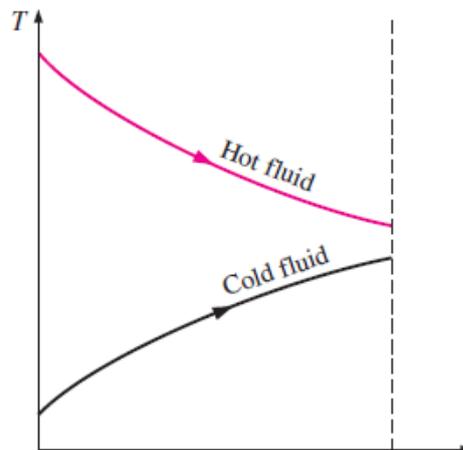


Proses perpindahan kalor pada *heat exchanger* dapat terjadi antara fluida cair-cair, cair-gas, dan gas-gas (Walikrom, 2018). *Heat exchanger* dapat dibedakan berdasarkan mekanisme perpindahan panas yang melibatkan fase menjadi *single phase* dan *two phase*. *Heat exchanger single phase* adalah penukar panas yang hanya melibatkan kalor sensibel dalam memindahkan kalor dari suatu fluida ke fluida lainnya, contoh alat yang umum digunakan adalah *cooler* dan *heater*. *Heat exchanger two phase* merupakan alat penukar panas yang melibatkan kalor laten dan kalor sensibel dalam memindahkan kalor dari suatu fluida ke fluida lainnya, contoh alat yang umum digunakan seperti kondesor dan evaporator (Ambarita & Himsar, 2011).

IX.8 Sistem Aliran Aliran Penukar Panas

Proses pertukaran panas antara dua fluida dengan penukar panas pada suhu yang berbeda dapat diklasifikasikan berdasarkan kontak langsung atau tidak langsung. Berikut merupakan arah aliran fluida pada pertukaran panas dengan kontak secara tidak langsung:

1. Aliran *Co-Current* (Aliran searah)

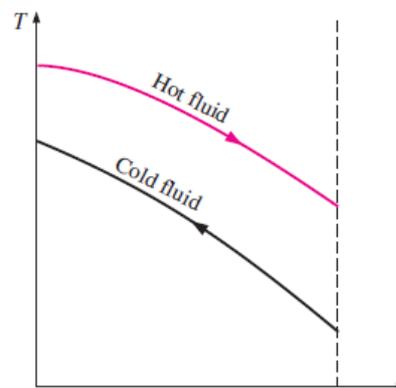


Gambar IX. 15 Aliran *Co-Current*

Aliran *co-current* merupakan aliran dimana kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi penukar yang sama, mengalir dengan arah yang sama dan keluar pada sisi yang sama pula. Karakter penukar panas jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari alat penukar panas tidak dapat

melebihi temperatur fluida panas yang keluar dari alat penukar panas, sehingga diperlukan media pendingin/pemanas yang banyak

2. Aliran *Counter Current* (Aliran Berlawanan)

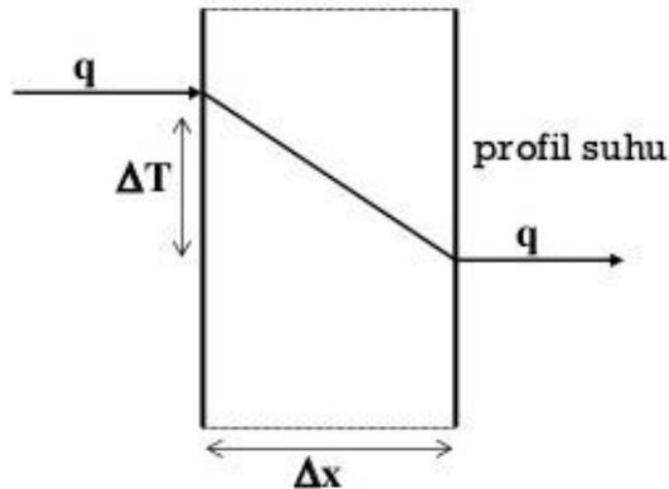


Gambar IX. 16 Aliran *Counter Current*

Aliran *counter current* merupakan aliran dimana kedua fluida (panas dan dingin) masuk dan keluar pada sisi yang berlawanan. Temperatur fluida dingin yang keluar dari penukar panas lebih tinggi dibandingkan temperatur fluida panas yang keluar dari penukar kalor, sehingga dianggap lebih baik dari aliran searah (Syaichurrozi, Metta Karina and Imanuddin, 2014).

IX.9 Koefisien Perpindahan Panas *Overall* (U)

Koefisien perpindahan panas secara keseluruhan menunjukkan seberapa mudah panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin serta menggambarkan aliran panas secara keseluruhan yang menunjukkan kombinasi dari proses konduksi dan konveksi. Perpindahan panas secara konveksi terjadi ketika panas bergerak melalui fluida, sedangkan konduksi terjadi ketika panas berpindah melalui suatu penghalang. Aliran perpindahan panas ini terjadi karena adanya dorongan, seperti perbedaan suhu dan hambatan aliran yang disebabkan oleh karakteristik material yang memungkinkan panas untuk berpindah.



Gambar IX. 17 Perpindahan Panas *Overall*

Gambar diatas menunjukkan perpindahan secara konveksi dari fluida A yang mengenai dinding padatan sehingga terjadi konduksi pada sisi satunya, kemudian panas akan dipindahkan kembali melalui pergerakan fluida yang ada. Dari ilustrasi tersebut dapat diketahui nilai koefisien perpindahan panas *overall* sebagai berikut (Kern, 1983) :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{R_{f,i}}{k_m} + \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi k_m L} + \frac{R_{f,o}}{k_m} + \frac{1}{h_o}$$

Keterangan :

- U = Koefisien perpindahan panas keseluruhan(W/m².K)
- h_i = Koefisien perpindahan panas dari fluida di sisi dalam pipa bagian dalam (*tube side*) (W/m².K)
- h_o = Koefisien perpindahan panas dari fluida di sisi luar pipa bagian dalam (*annulus*) (W/m².K)
- R_{f,i} = Resistansi *fouling* di sisi dalam pipa (*tube*) (m².K/W)
- R_{f,o} = Resistansi *fouling* di sisi luar pipa (*tube*) (m².K/W)
- k_m = Konduktivitas termal material pipa (W/m.K)
- D_o = Diameter luar dari pipa bagian (*tube*) (m)
- D_i = Diameter dalam dari pipa bagian (*tube*) (m)
- L = Panjang pipa (m)



$\ln(D_o/D_i)$ = Logaritma natural dari rasio diameter luar dan diameter dalam pipa bagian dalam, yang merupakan resistansi termal akibat ketebalan pipa.

IX.10 Analisa Kinerja *Heat Exchanger* (HE)

Untuk menganalisa parameter yang mempengaruhi kinerja dari suatu *heat exchanger* terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan, sebagai berikut:

1. Efisiensi panas (η)

Efisiensi panas adalah perbandingan antara jumlah panas yang dipindahkan oleh fluida dengan jumlah panas maksimum yang dapat dipindahkan oleh fluida tersebut. Kinerja efisiensi alat penukar panas dapat dilihat melalui evaluasi terhadap proses perpindahan panas yang terjadi di dalamnya (McCabe et al., 2002). Jika efisiensi alat penukar panas menurun menandakan perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin menjadi kurang efektif, sehingga hasil yang diperoleh oleh industri dalam proses tersebut menjadi kurang optimal begitu juga sebaliknya.

$$\eta = \frac{T_{c,o} - T_{h,o}}{T_{h,i} - T_{c,i}}$$

Keterangan :

η = Efisiensi *thermal*.

$T_{c,o}$ = Suhu keluar fluida dingin.

$T_{c,i}$ = Suhu masuk fluida dingin.

$T_{h,i}$ = Suhu masuk fluida panas.

$T_{h,o}$ = Suhu keluar fluida panas.

Jika nilai *overall dirty* (U_d) dan *overall clean* (U_c) telah diketahui maka persamaan dapat dituliskan sebagai berikut (Caroline, 2022):

$$\eta = \frac{U_d}{U_c} \times 100\%$$

Keterangan :

η = Efisiensi *thermal*.



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA
UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

U_d = Dirty overall heat transfer coefficient (Btu/jam. ft².°F)

U_c = Clean overall heat transfer coefficient (Btu/jam. ft².°F)

2. Fouling Factor (Rd)

Fouling factor adalah lapisan kerak (*scale*) yang terbentuk selama pengoperasian heat exchanger berlangsung. Kerak ini dapat mengurangi koefisien perpindahan panas, sehingga menurunkan efisiensi alat. Kinerja *heat exchanger* dalam kondisi operasional sering kali tidak dapat diprediksi hanya dari analisis termal. Selama operasi, terutama dengan cairan dan beberapa gas, lapisan kotoran hasil proses secara bertahap terbentuk pada permukaan perpindahan panas. Endapan ini bisa berupa karat, kerak ketel, lumpur, kokas, atau berbagai jenis deposit lainnya. Dalam perancangan *heat exchanger*, *fouling* tidak diharapkan karena dapat meningkatkan hambatan termal, mengurangi koefisien perpindahan panas, menyebabkan penurunan tekanan, dan bahkan menyumbat aliran (McCabe et al., 2002). Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *fouling factor* (Kern, 1983):

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + Rd$$

Jadi untuk mencari nilai dari U_d dapat dituliskan :

$$Rd = \frac{1}{U_d} - \frac{1}{U_c}$$

Keterangan :

Rd = Dirt Factor (jam. ft² . °F /Btu)

U_c = Clean overall heat transfer coefficient (Btu/jam. ft².°F)

U_d = Dirty overall heat transfer coefficient (Btu/jam. ft².°F)

3. LMTD

LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) atau Selisih Suhu Rata-rata Logaritmik adalah parameter yang digunakan untuk menghitung perpindahan panas dalam alat penukar panas (*heat exchanger*). LMTD menggambarkan perbedaan suhu rata-rata antara fluida panas dan fluida dingin di sepanjang penukar panas, yang merupakan faktor kunci dalam



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA
UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

menentukan laju perpindahan panas. Nilai LMTD dapat dihitung, yaitu (Kern, 1983) :

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

Keterangan :

ΔT_1 = selisih suhu antara fluida panas dan dingin di satu ujung *heat exchanger*.

ΔT_2 = selisih suhu antara fluida panas dan dingin di ujung lainnya

a) Aliran *Counter-Current*

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

b) Aliran *Co-Current*

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

Keterangan :

$T_{h,in}$ = Inlet temperature of the hot fluid (°C or K)

$T_{h,out}$ = Outlet temperature of the hot fluid (°C or K)

$T_{c,in}$ = Inlet temperature of the cold fluid (°C or K)

$T_{c,out}$ = Outlet temperature of the cold fluid (°C or K)

(Epriansyah,2024)



IX.11 Hasil dan Pembahasan

IX.11.1 Hasil Simulasi Proses

Berdasarkan simulasi proses menggunakan Aspen HSYYS diperoleh data dan hasil *heat exchanger* E-1802 sebagai berikut :

Tabel IX. 1 Kondisi Aktual *Heat Exchanger* E-1802

Kondisi Aktual HE E-1802	
Parameter	Nilai
Taa in (°C)	34.50
Taa out (°C)	38.78
Thw in (°C)	60.00
Thw out(°C)	44.95
<i>Flowrate monomer (kg/hr)</i>	8,300
<i>Flowrate Hot Water (kg/hr)</i>	1,500
Ud (kJ/h-m ² -°C)	1,395
Uc (kJ/h-m ² -°C)	1,679
Rd (kJ/h-m ² -°C)	0.00012125
U (kJ/h-m ² -°C)	103.8
LMTD (°C)	15.20



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA
UPN "VETERAN" JAWA TIMUR

Tabel IX. 2 Pengaruh Laju Alir Masuk Monomer Terhadap Nilai U

Kondisi	<i>Tube side, Acrylic Acid</i>			<i>Shell side, Hot Water</i>			U (kJ/h- m ² - °C)
	<i>Flowrate</i> (kg/hr)	<i>Taa in</i> (°C)	<i>Taa out</i> (°C)	<i>Flowrate</i> (kg/hr)	<i>Thw in</i> (°C)	<i>Thw out</i> (°C)	
<i>Load up</i> <i>15 %</i>	9,545	34.50	35.43	1,500	60.00	42.73	105.8
<i>Load up</i> <i>10%</i>	9,130	34.50	37.11	1,500	60.00	43.84	105.2
Aktual	8,300	34.50	38.78	1,500	60.00	44.95	103.8
<i>Load</i> <i>down</i> <i>10%</i>	7,470	34.50	40.46	1,500	60.00	46.08	102.2
<i>Load</i> <i>down</i> <i>15%</i>	7,055	34.50	42.13	1,500	60.00	47.21	101.3

Tabel IX. 3 Pengaruh Temperatur Masuk Monomer dan LMTD Terhadap Nilai U

No.	<i>Taa in</i> (°C)	<i>Taa out</i> (°C)	<i>Thw in</i> (°C)	<i>Thw out</i> (°C)	U (kJ/h-m ² - °C)	LMTD (°C)
1	30.50	35.43	60.00	42.73	102.4	17.69
2	32.50	37.11	60.00	43.84	103.1	16.44
3	34.50	38.78	60.00	44.95	103.8	15.20
4	36.50	40.46	60.00	46.08	104.5	13.97
5	38.50	42.13	60.00	47.21	105.2	12.75

Tabel IX. 4 Pengaruh Nilai Rd Terhadap Nilai U

No.	<i>Taa in</i> (°C)	<i>Ud</i> (kJ/h-m ² - °C)	<i>Uc</i> (kJ/h-m ² - °C)	<i>Rd</i> (kJ/h- m ² -°C)	U (kJ/h- m ² - °C)
1	30.50	1,376	1,652	0.00012142	102.4
2	32.50	1,386	1,665	0.00012090	103.1
3	34.50	1,395	1,679	0.00012125	103.8
4	36.50	1,404	1,692	0.00012123	104.5
5	38.50	1,413	1,705	0.00012120	105.2



IX.11.2 Pembahasan

Heat exchanger merupakan alat yang digunakan untuk mentransfer panas dari satu fluida ke fluida lainnya, sehingga dapat mengubah temperatur fluida dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida panas ke fluida dingin. Proses perpindahan kalor pada *heat exchanger* dapat terjadi antara fluida cair-cair, cair-gas, dan gas-gas. *Heat exchanger* memiliki peranan yang penting dalam proses netralisasi pada produksi *Superabsorbent Polymer* (SAP) di PT. Nippon Shokubai Indonesia. *Heat exchanger* yang digunakan adalah jenis *double pipe heat exchanger* (E-1802) dengan aliran berlawanan (*counter current*) yang berfungsi untuk memanaskan *acrylic acid* sebelum memasuki proses netralisasi. *Double pipe heat exchanger* terdiri dari bagian annulus dan pipa luar. Cara kerja dari HE tersebut adalah mengalirkan fluida melalui annulus dan fluida lainnya melalui pipa luar secara berlawanan arah. Kinerja *heat exchanger* dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti korosi, *scale*, *sludge* yang menghambat proses perpindahan panas sehingga dapat menurunkan nilai koefisien perpindahan panas *overall*. Untuk mengetahui kinerja *double pipe heat exchanger* di PT. Nippon Shokubai Indonesia maka dilakukan evaluasi dengan menggunakan *software* Aspen HYSYS.

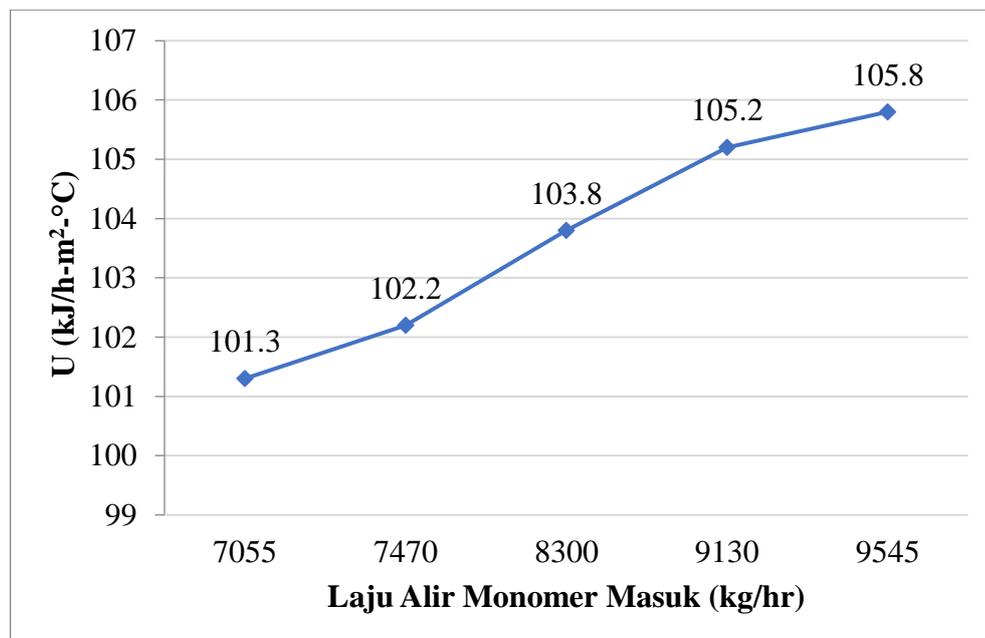
Pada evaluasi ini, *heat exchanger* pada Aspen HYSYS telah dikonfigurasi menjadi *double pipe heat exchanger* dengan menggunakan TEMA *type A* (*Channel & Removeable cover*) untuk *cover head*, *Do* (*Double pipe*) untuk *shell type*, dan U (*U-tube bundle*) untuk *rear head*. Bagian annulus pada Aspen HYSYS dilambangkan dengan *tube side* yang berisi monomer, yakni *acrylid acid*. Sementara itu, untuk bagian pipa luar dilambangkan dengan *shell side* yang berisi *hot water*. Setelah itu, seluruh data yang telah diperoleh baik kondisi operasi setiap komponen maupun data geometri *double pipe heat exchanger* diinput dan secara otomatis melakukan simulasi proses setelah semua data yang diperlukan terisi. Simulasi proses yang telah dilakukan akan menampilkan *result overall summary* yang berisi hasil evaluasi HE mulai dari LMTD hingga nilai koefisien perpindahan panas *overall*.



IX.11.2.1 Kondisi Aktual Double Pipe Heat Exchanger E-1802

Double pipe heat exchanger (E-1802) di PT. Nippon Shokubai Indonesia berfungsi sebagai *heater* untuk memanaskan *acrylic acid*. Berdasarkan simulasi proses menggunakan Aspen HYSYS diperoleh nilai U_c sebesar $1,679 \text{ kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ dan U_d sebesar $1,395 \text{ kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. *Coefficient clean overall* (U_c) merupakan hantaran perpindahan panas dalam keadaan bersih, sedangkan *coefficient dirt overall* (U_d) adalah hantaran perpindahan panas dalam keadaan kotor. Menurut Zain (2020), nilai U_c harus lebih besar dibandingkan dengan nilai U_d . Hal ini disebabkan perpindahan panas lebih efisien ketika *heat exchanger* dalam keadaan bersih, karena hambatan yang mengganggu proses transfer panas lebih sedikit dibandingkan dengan saat kondisi kotor. Nilai U_c dan U_d selanjutnya digunakan untuk menghitung *fouling factor* (R_d), pada kondisi aktual nilai R_d yang diperoleh sebesar $0.00012125 \text{ kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Sedangkan, nilai LMTD yang diperoleh sebesar 15.20°C .

IX.11.2.2 Pengaruh Laju Alir Masuk Monomer Terhadap Nilai Koefisien Perpindahan Panas Overall (U)

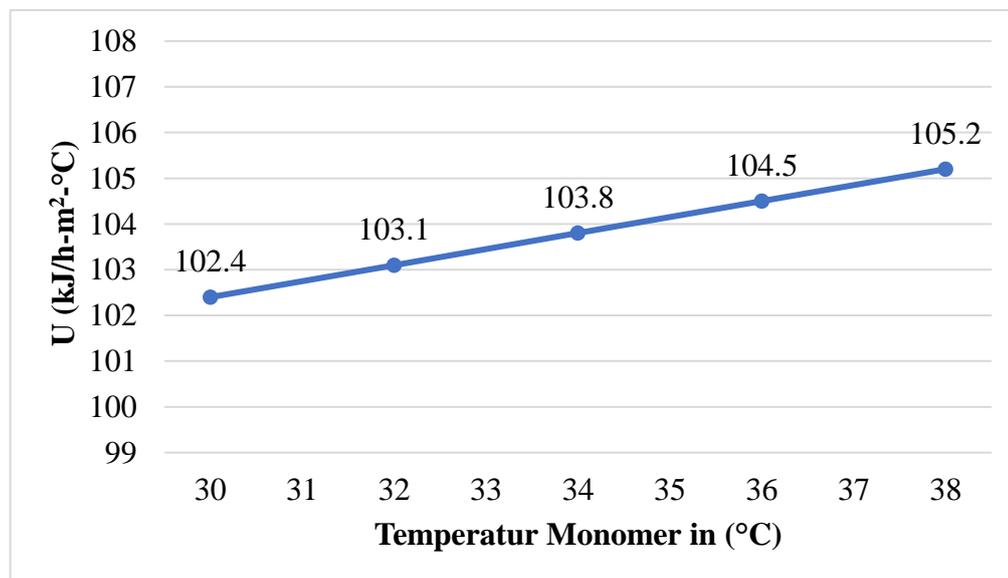


Gambar IX. 18 Grafik Pengaruh Laju Alir Masuk Monomer Terhadap Nilai U



Berdasarkan Gambar IX.18 didapatkan bahwa hubungan antara laju alir fluida dingin (monomer) dengan koefisien perpindahan panas *overall* adalah berbanding lurus. Menurut Romadhona (2024), semakin besar laju alir massa fluida dingin ataupun fluida panas maka semakin besar pula harga koefisien perpindahan panas *overall* (U). Hal tersebut dikarenakan semakin besar laju alir massa fluidanya, maka semakin besar pula nilai koefisien konveksinya karena laju alir massa mempengaruhi nilai dari bilangan tak berdimensi, yakni bilangan *Reynolds* (NRe) dan bilangan *Nusselt* (Nu) sehingga meningkatkan nilai koefisien konveksi yang dapat memperbesar koefisien perpindahan panas *overall* (U) dan nilai efektivitas pada alat penukar panas.

IX.11.2.3 Pengaruh Temperatur Masuk Monomer Terhadap Nilai Koefisien Perpindahan Panas *Overall* (U)



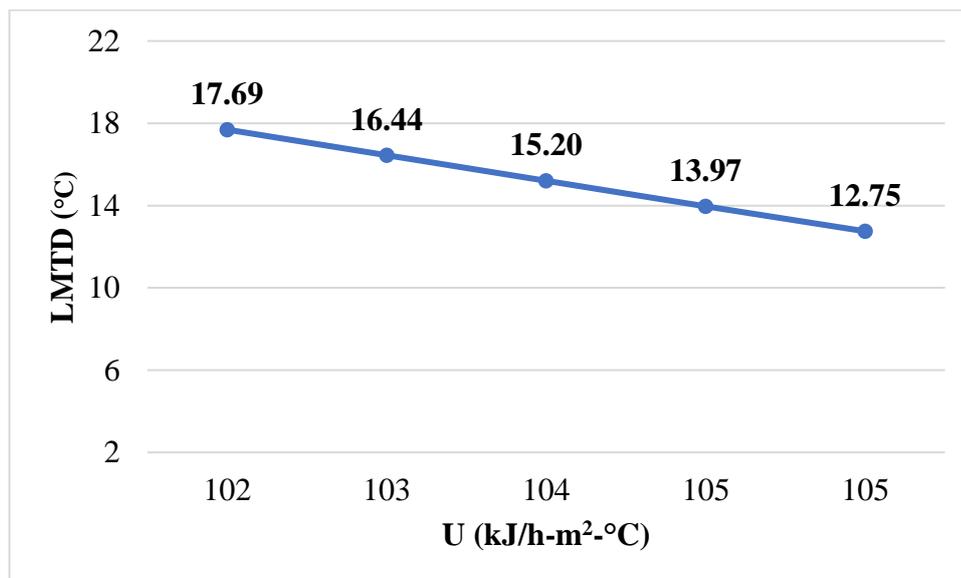
Gambar IX. 19 Grafik Pengaruh Temperatur Masuk Monomer Terhadap Nilai U

Berdasarkan gambar IX.19 dapat diketahui hubungan antara temperatur masuk fluida dingin (monomer) dengan nilai koefisien perpindahan panas *overall* (U) adalah berbanding lurus. Menurut Caroline (2022), semakin besar temperatur masuk fluida dingin (monomer) maka nilai koefisien perpindahan panas *overall* (U) juga semakin besar. Hal ini dikarenakan, nilai koefisien perpindahan panas *overall*



dipengaruhi oleh perbedaan temperatur antara fluida dingin dan panas. Ketika temperatur fluida dingin lebih tinggi maka nilai LMTD semakin berkurang. Koefisien perpindahan panas mengukur seberapa efektif *heat exchanger* dalam mentransfer panas. Menurut Shahab (2023), semakin tinggi nilai koefisien perpindahan panas, maka semakin baik kemampuan *heat exchanger* dalam mentransfer panas. Hal ini menunjukkan penggunaan energi menjadi lebih efisien, dan laju perpindahan panas juga meningkat, sehingga proses pemindahan panas menjadi lebih efektif.

IX.11.2.4 Pengaruh LMTD Terhadap Nilai Koefisien Perpindahan Panas Overall (U)



Gambar IX. 20 Grafik Pengaruh LMTD Terhadap Nilau U

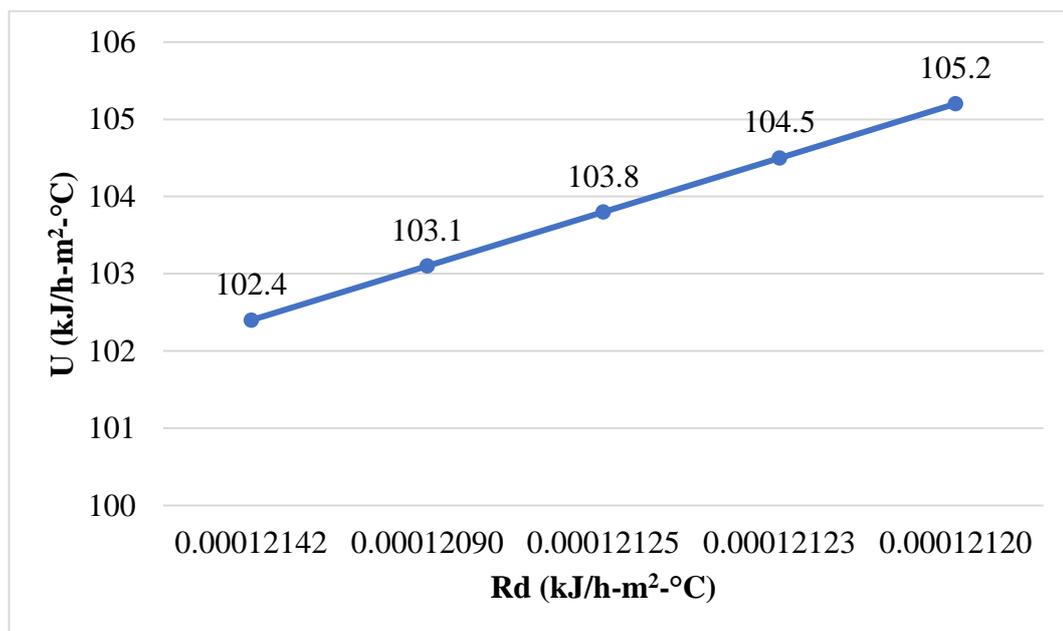
Berdasarkan Gambar IX.20 didapatkan hubungan antara LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) dengan U (*koefisien perpindahan panas total*) adalah *berbanding terbalik*. Menurut Smith (2009), menyatakan bahwa peningkatan nilai LMTD atau U akan meningkatkan laju perpindahan panas. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan rumus :

$$Q = U \times A \times LMTD$$



Dimana nilai koefisien perpindahan panas *overall* berbanding terbalik dengan LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) (Caroline, 2022). Menurut Yuniarti (2022), nilai LMTD yang tinggi menandakan proses perpindahan panas berlangsung dengan baik. Namun, dilihat dari segi ekonomi nilai LMTD yang besar membutuhkan energi yang lebih banyak. Menurut Shahab (2023), semakin besar nilai LMTD maka semakin tidak efisien suatu *heat exchanger*, karena LMTD yang besar menyebabkan semakin banyak panas yang ditransfer dan dapat mempengaruhi banyaknya *energy* yang digunakan untuk menghantarkan panas sehingga hal tersebut dapat menyebabkan biaya yang dihasilkan meningkat.

IX.11.2.5 Pengaruh *Fouling Factor* (R_d) Terhadap Nilai Koefisien Perpindahan Panas *Overall* (U)



Gambar IX. 21 Grafik Pengaruh *Fouling Factor* (R_d) Terhadap Nilai U

Pada gambar IX.21 didapatkan hubungan antara nilai *fouling factor* dengan koefisien perpindahan panas *overall* adalah berbanding terbalik. Nilai dari *fouling factor* (R_d) menunjukkan adanya pengotor atau deposit pada *heat exchanger* dengan memperhitungkan perbedaan koefisien perpindahan *overall* antara kondisi bersih (U_c) dan kondisi kotor (U_d). Terjadinya *fouling* dapat menaikkan tahanan panasnya



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG PT NIPPON SHOKUBAI INDONESIA UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

sehingga dapat menurunkan koefisien perpindahan panas *overall* (U). Menurut Hairudin (2021), *fouling factor* (R_d) dapat mempengaruhi nilai dari perpindahan panas *overall*. Selain itu, menurut Kern (1983), nilai dari *fouling factor* yang diizinkan yaitu sebesar $0,001 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$ dan jika dikonversikan menjadi satuan internasional menjadi $0,00568 \text{ kJ/hr.m}^2.\text{°C}$, sehingga hasil yang didapatkan pada data yang ada mempunyai kriteria dari *fouling factor* yang diizinkan pada *heat exchanger*. Semakin besar nilai *fouling factor* pada sebuah *heat exchanger* dapat mengakibatkan terhambatnya laju perpindahan panas sehingga nilai dari koefisien perpindahan panas *overall* menurun. Menurut Sekarningrum (2023), nilai *fouling factor* yang semakin besar mengakibatkan efisiensi perpindahan panas semakin menurun. Selain itu, nilai *pressure drop* juga semakin tinggi karena jumlah friksi yang dilewati fluida semakin besar. Untuk mengurangi pengotor pada *heat exchanger* dapat dilakukan dengan 2 cara, yakni secara kimia dan mekanis. Secara kimia, dapat dilakukan dengan menambahkan karbonat dan klorinasi. Sedangkan, secara mekanis dapat dilakukan dengan menyemprotkan air dengan kecepatan sangat tinggi (Yudhatama, 2022).

Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa nilai *fouling factor* pada *heat exchanger* E-1802 pada PT. Nippon Shokubai Indonesia masih memenuhi standar yang diizinkan. Standar nilai *fouling factor* yang diizinkan sebesar $0,001 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$ dan jika dikonversikan menjadi satuan internasional menjadi $0,00568 \text{ kJ/hr.m}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa *heat exchanger* E-1802 yang digunakan pada plant *Superabsorbent Polymer* (SAP) masih layak digunakan untuk proses produksi *Superabsorbent Polymer* (SAP) di PT. Nippon Shokubai Indonesia. Oleh karena itu, dapat disimpulkan kinerja *Heat Exchanger* E-1802 masih tergolong baik dan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada *heat exchanger* maka harus dibersihkan secara rutin baik secara mekanis maupun kimia.