

EVALUASI PROSES OPERASI *HOT OIL SYSTEM* DI UNIT *UTILITY 2* PT. X DENGAN METODE *HEAT BALANCE*

Christopher Audi Imantaka^{1*}, Budi Sulistyo Nugroho¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Migas, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38, Mentul, Karangboyo, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, 58315

*E-mail: audiaudi773@gmail.com

ABSTRAK

Hot Oil System adalah jenis sistem pemanasan yang menggunakan minyak panas atau fluida sebagai medium untuk transfer panas. Sistem ini dirancang untuk memberikan panas tinggi untuk berbagai proses industri. Komponen utama sistem ini adalah boiler, pompa, penukar panas, pipa, tangki penyimpanan, dan sistem kontrol. *Hot oil system*, yang menggunakan minyak panas sebagai medium transfer panas, penting untuk pemanasan reboiler, aliran fluida, reaktor, dan tangki penyimpanan. Evaluasi *hot oil system* di PT. X menilai kinerja termal, mengidentifikasi kehilangan panas, dan mengoptimalkan operasi guna mencapai efisiensi maksimal, mendukung pemeliharaan preventif, serta meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional. Metode evaluasi yang digunakan adalah *heat balance*, yang menganalisis aliran panas dalam sistem dengan menghitung panas yang masuk, keluar, dan disimpan dalam sistem untuk memastikan kesetimbangan energi. *Hot oil system* di PT. X memanaskan dan mengedarkan minyak panas ke berbagai peralatan, termasuk *Hot Oil Expansion Drum*, *Hot Oil Filter*, dan *Hot Oil Circulation Pumps*, untuk mengakomodasi perubahan volume akibat fluktuasi suhu dan menjaga kebersihan minyak. Evaluasi menyimpulkan bahwa sistem ini efektif dalam mentransfer panas dengan kinerja sebesar 93,12%, dan desain volume ekspansi *hot oil system* adalah 53,7 m³, tiga kali lipat dari volume ekspansi yang terukur yaitu 17,9 m³.

Kata kunci: Efisiensi, *Heat balance*, *Hot oil system*, *Utility*

1. PENDAHULUAN

Proses utama pada kilang pengolahan gas adalah pemisahan antara gas, kondensat dan air, pemisahan gas asam (CO₂ dan H₂S), pengeringan gas dan penurunan *dew point gas*. Gas yang dihasilkan dari pemisahan awal melalui separator akan dibersihkan dari kandungan senyawa *Hydrogen Sulphide* (H₂S) dan *Carbon Dioxide* (CO₂) melalui proses *sweetening* di *Acid Gas Recovery Unit* (AGRU) menggunakan larutan amine sehingga dihasilkan gas alam dengan kandungan senyawa H₂S dan CO₂ yang telah memenuhi kualitas gas jual yang ditentukan atau disebut juga *Sweet gas*. *Sweet gas* ini masih mengandung kadar air yang tinggi yang didapat pada proses *sweetening*. Gas alam ini kemudian dikeringkan di *Dehydration Unit* untuk mengurangi kandungan air, selanjutnya diolah untuk memisahkan senyawa hidrokarbon berat di *Dew Point Control Unit* (DPCU) sebelum kemudian dialirkan melalui jalur pipa ke konsumen. Untuk menunjang proses utama tersebut, kilang pengolahan gas juga membutuhkan fasilitas pendukung (*utilities*) berupa fasilitas kelistrikan, fasilitas pemanasan, pengolahan bahan bakar gas, penghasil nitrogen, pengolahan air, dan pengolahan udara.

Adakalanya kilang pengolahan gas memiliki rencana pengembangan untuk menambah produksi gasnya dengan tujuan menambah revenue kilang. Dengan penambahan produksi gas tersebut, kilang perlu membangun *train* pengolahan gas yang baru dengan kapasitas yang sesuai. Normalnya sebuah *train* pengolahan gas dilengkapi dengan semua fasilitas pendukungnya (*utilities*), namun ada beberapa fasilitas pendukung dari *train* yang sudah tersedia (*existing*) memiliki

peluang diberdayakan untuk menunjang proses pada train yang baru. Tujuannya akan ada penghematan biaya investasi jika peluang optimasi ini berhasil diterapkan. Fasilitas pendukung yang punya peluang optimasi untuk diberdayakan lagi dan akan dibahas pada penelitian ini adalah fasilitas pemanasan medium. Fasilitas pemanasan medium ini salah satunya bisa menggunakan *hot oil* oleh karena itu praktisi sering menyebutnya dengan istilah *hot oil system* [1].

Hot Oil System adalah jenis sistem pemanasan yang menggunakan minyak panas atau fluida sebagai medium untuk transfer panas. Sistem ini dirancang untuk memberikan panas tinggi untuk berbagai proses industri. Minyak termal dipilih karena memiliki keunggulan seperti titik didih tinggi, tekanan operasi rendah, efisiensi transfer panas tinggi, dan stabilitas termal tinggi, yang digunakan dalam berbagai industri. Cara kerja sistem ini meliputi pemanasan minyak termal di *boiler*, sirkulasi minyak panas ke penukar panas untuk mentransfer panas, dan pendinginan minyak panas sebelum dipanaskan kembali. Komponen utama sistem ini adalah *boiler*, pompa, penukar panas, pipa, tangki penyimpanan, dan sistem kontrol [2],[3].

Sistem minyak panas (*hot oil system*) memainkan peran penting dalam kilang gas dengan menyediakan pemanasan yang efisien dan presisi untuk berbagai proses. Contoh pemanfaatannya yang pertama adalah dalam pemanasan reboiler. *Reboiler* dalam unit distilasi membutuhkan panas untuk memisahkan komponen gas alam yang berbeda. *Hot oil system* menyediakan panas yang stabil dan terkontrol untuk *reboiler*, memastikan proses distilasi berjalan optimal. Selanjutnya adalah dalam pemanasan aliran fluida. Aliran fluida dalam kilang gas, seperti air dan gas alam, perlu dipanaskan sebelum diolah atau diangkut.

Hot oil system dapat memanaskan aliran fluida secara efisien dan merata, mencegah pembekuan atau penyumbatan. Selanjutnya yaitu pemanasan reaktor dimana reaktor kimia dalam kilang gas membutuhkan panas untuk melakukan reaksi yang mengubah sifat gas alam. *Hot oil system* menyediakan panas yang presisi dan terkontrol untuk reaktor, memastikan reaksi berlangsung dengan aman dan efisien. Dan yang terakhir yaitu pemanasan tangki penyimpanan. Tangki penyimpanan gas alam dan produk sampingan perlu dipanaskan untuk menjaga viskositasnya dan mencegah pembekuan. *Hot oil system* dapat memanaskan tangki penyimpanan secara merata dan efisien, mencegah kerusakan tangki dan kehilangan produk. *Hot oil* pada PT. X ini berfungsi sebagai penyedia sirkulasi media pemanas yang digunakan untuk memanaskan reboiler di AGRU, *sulphur solidification*, sulfur meter, *caustic heater*, dan WAO. Operasi normal sistem *Hot Oil* terutama mencakup pemantauan kondisi proses dan operasi dari berbagai *loop* kontrol. Inspeksi visual perpipaan dan peralatan harus dilakukan sebagai bagian dari pekerjaan rutin operator [4].

Evaluasi *hot oil system* pada PT. X ini dilakukan untuk menilai kinerja termal sistem, mengidentifikasi dan mengkuantifikasi kehilangan panas yang terjadi, serta mengumpulkan data yang diperlukan untuk mengoptimalkan kondisi operasi guna mencapai efisiensi maksimal. Evaluasi ini juga bertujuan untuk mendukung pemeliharaan preventif dengan mengidentifikasi area yang membutuhkan perhatian khusus, memastikan keselamatan operasional dengan mengidentifikasi potensi risiko, dan memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan analisis *heat balance* untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi energi secara keseluruhan. Dengan demikian, evaluasi ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai distribusi dan penggunaan energi dalam sistem *hot oil*, yang pada akhirnya membantu dalam peningkatan efisiensi dan pengurangan biaya operasional. Tentunya dengan adanya peningkatan efisiensi dan pengurangan biaya operasional, perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang lebih baik lagi kedepannya [5].

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan evaluasi mengenai *Hot Oil System* di PT. X adalah dengan metode *heat balance*. Metode *heat balance* merupakan metode yang

dilakukan untuk menganalisis aliran panas dalam sistem yang dikaji. Metode *heat balance* melibatkan perhitungan rinci terhadap jumlah panas yang masuk, keluar, serta yang disimpan dalam sistem, guna memastikan kesetimbangan energi tercapai. Langkah-langkah utama dalam metode ini dilakukan sesuai Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* metode kerja

3. PEMBAHASAN

A. Penjelasan Sirkulasi *Hot Oil System*

Hot oil system adalah jenis fluida transfer panas yang dipanaskan pada *heater* dan didarkan ke pengguna energi panas. Sirkulasi peredaran *hot oil* pada PT. X kali ini meliputi beberapa peralatan antara lain Hot Oil Expansion Drum D-1301, Hot Oil Filter-1 F-1301 A/B, *Hot Oil Circulation Pumps* P-1301 A/B/C, *Emergency Hot Oil Circulation Pump* P-1304, *Hot Oil Drain Vessel* D-1302, *Hot Oil Return Pump* P-1303, *Hot Oil Filter-2* F-1302, *Solvent Regenerator Reboiler* E-0204 A/B, *Caustic Heater* E- 0301, dan *Waste Heat Recovery Unit* H-0401 [6].

Hot oil expansion drum adalah komponen penting dalam sistem pemanas minyak panas yang dirancang untuk mengakomodasi perubahan volume minyak akibat fluktuasi suhu. Ketika

minyak dipanaskan, volumenya bertambah, dan ketika didinginkan, volumenya menyusut. Drum ekspansi ini menyediakan ruang yang diperlukan untuk perubahan volume tersebut guna mencegah tekanan berlebih dalam sistem, sehingga memastikan operasi yang aman dan efisien. Selain itu, drum ini juga membantu menghilangkan udara atau gas yang mungkin terperangkap dalam sirkuit minyak panas, yang dapat mengganggu transfer panas dan efisiensi sistem. Biasanya terletak pada titik tertinggi dalam sirkuit pemanas minyak panas, *hot oil expansion drum* dilengkapi dengan alat pengukur tekanan dan suhu serta katup pengaman untuk memonitor dan mengendalikan kondisi operasi [7].

Hot oil filter adalah komponen esensial dalam sistem pemanas minyak panas yang berfungsi untuk menyaring partikel-partikel padat dan kontaminan dari minyak panas yang beredar. Filter ini memastikan bahwa minyak panas tetap bersih dan bebas dari kotoran yang dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa atau kerusakan pada peralatan pemanas. Dengan demikian, *hot oil filter* membantu meningkatkan efisiensi transfer panas dan memperpanjang umur sistem pemanas. Biasanya, filter ini terbuat dari bahan tahan panas dan dirancang untuk menahan suhu tinggi serta tekanan yang terjadi dalam sirkuit minyak panas [8].

Hot oil circulation pump adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk mengalirkan minyak panas melalui sistem pemanas, memastikan distribusi panas yang merata dan efisien ke seluruh komponen yang membutuhkan pemanasan. Pompa ini dirancang khusus untuk menangani fluida pada suhu tinggi dan seringkali dibuat dari bahan-bahan yang tahan terhadap korosi dan panas. Dengan mempertahankan sirkulasi konstan dari minyak panas, *hot oil circulation pump* membantu menjaga suhu yang stabil dalam sistem, meningkatkan efisiensi transfer panas, dan mencegah *overheating* atau *hot spots* yang dapat merusak peralatan. Selain itu, pompa ini dilengkapi dengan fitur-fitur keselamatan dan kontrol yang memungkinkan pengaturan aliran dan tekanan sesuai kebutuhan operasi [6].

Emergency hot oil circulation pump adalah perangkat mekanis cadangan yang dirancang untuk mengalirkan minyak panas melalui sistem pemanas dalam situasi darurat, ketika pompa utama gagal beroperasi. Pompa ini memastikan bahwa sirkulasi minyak panas tetap terjaga, sehingga mencegah kerusakan pada sistem akibat penurunan suhu mendadak atau *overheating*. Dirancang untuk menangani fluida pada suhu tinggi, *emergency hot oil circulation pump* biasanya dibuat dari bahan yang tahan terhadap korosi dan panas, dan dilengkapi dengan fitur-fitur keselamatan serta kontrol otomatis yang memungkinkan aktivasi cepat dalam keadaan darurat. Dengan adanya pompa cadangan ini, keandalan dan kontinuitas operasi sistem pemanas minyak panas dapat dijaga, meminimalkan *downtime* dan risiko kerusakan pada peralatan [6].

Hot oil drain vessel adalah komponen dalam sistem pemanas minyak panas yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan minyak panas yang perlu dikosongkan dari sistem, baik untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan, atau penggantian minyak. Wadah ini dirancang untuk menangani minyak pada suhu tinggi dan biasanya terbuat dari bahan yang tahan terhadap panas dan korosi. *Hot oil drain vessel* memastikan bahwa proses pembuangan minyak dilakukan dengan aman dan efisien, mencegah tumpahan dan risiko kebakaran. Selain itu, vessel ini sering dilengkapi dengan katup, saluran pembuangan, dan alat pengukur untuk memantau suhu dan volume minyak yang dikosongkan, serta untuk mengatur aliran minyak panas secara tepat [6].

Hot oil return pump adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk mengalirkan kembali minyak panas dari sistem pemanas ke tangki penyimpanan atau sumber panas untuk dipanaskan kembali. Pompa ini memastikan bahwa minyak panas yang telah digunakan dapat dikembalikan ke tempatnya dengan efisien, sehingga dapat dipanaskan kembali untuk digunakan dalam proses pemanasan berikutnya. *Hot oil return pump* biasanya dirancang untuk menangani fluida pada suhu tinggi dan terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi dan panas. Pompa ini dilengkapi dengan fitur-fitur kontrol dan keselamatan untuk memastikan operasi yang aman dan efisien [6].

Solvent regenerator reboiler adalah perangkat dalam proses industri yang digunakan untuk memanaskan dan mendidihkan *solvent* yang digunakan dalam proses regenerasi. Proses regenerasi ini bertujuan untuk menghilangkan zat terlarut dari *solvent* yang digunakan, sehingga *solvent* dapat digunakan kembali dalam proses tersebut. Reboiler ini umumnya terletak di bagian bawah kolom regenerator, di mana *solvent* yang jenuh dengan zat terlarut dimasukkan ke dalam reboiler dan dipanaskan. Pemanasan ini menyebabkan *solvent* mendidih, dan uap dari *solvent* tersebut kemudian naik ke atas kolom regenerator. Di sisi lain, zat terlarut yang telah dihilangkan dari *solvent* akan tertinggal di reboiler [9].

Caustic heater adalah perangkat pemanas yang digunakan dalam industri untuk memanaskan larutan kausit atau larutan alkali yang digunakan dalam proses kimia atau industri lainnya. Tujuan utama dari *caustic heater* adalah untuk meningkatkan suhu larutan kausit hingga suhu yang diinginkan, yang diperlukan dalam proses-proses seperti pengolahan limbah, produksi kertas, atau pemurnian minyak. Dengan demikian *caustic heater* merupakan salah satu alat yang cukup penting dalam industri, terutama pada industri *processing gas* [10].

Sirkulasi *Hot Oil System* pada PT. X dimulai pada *Hot Oil Drain* D-1302, dimana *hot oil* drain ini berfungsi untuk menampung *hot oil* yang akan digunakan untuk sirkulasi. *Hot oil drain* juga bisa berfungsi sebagai tempat penampungan semua *hot oil* yang ada bila akan dilakukan *maintenance* (perawatan) pada *hot oil system*. Saat *hot oil* dibutuhkan, *hot oil* akan dipompakan dengan *hot oil return pump* P-1303 ke *hot oil filter* F-1302 untuk dilakukan penyaringan pertama. Penyaringan ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran kotoran yang terkandung pada *hot oil*, seperti debu, pasir, dan juga kerak yang terdapat pada pipa. Setelah dilakukan penyaringan, *hot oil* akan masuk ke *hot oil expansion* drum D-1301. Alat ini berfungsi untuk memastikan bahwa proses dapat berlangsung dengan aman dan efisien, seperti mengatur tekanan, suhu, dan volume *hot oil system* yang ada pada sirkulasi *hot oil system* ini.

Hot oil dari *expansion drum* D-1301 akan disebarkan ke beberapa unit antara lain *Hot Oil Expansion Drum* D- 1301, *Hot Oil Filter-1* F-1301 A/B, *Emergency Hot Oil Circulation Pump* P-1304, *Hot Oil Drain Vessel* D-1302, *Hot Oil Return Pump* P-1303, *Hot Oil Filter-2* F-1302, *Solvent Regenerator Reboiler* E-0204 A/B, dan *Caustic Heater* E-0301. Penyebaran ini dibantu dengan menggunakan 3 pompa antara lain *Hot Oil Circulation Pumps* P-1301 A/B/C. Dari tiga pompa ini, hanya 2 pompa yang berjalan, yaitu pompa B dan C, sedangkan untuk pompa A merupakan pompa *standby*. *Hot oil system* memiliki kondisi operasi pada masing masing alat yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi Operasi *Hot Oil System* Pada unit utilitas 2 di PT. X

Hari ke	Data Alat								
	<i>Hot oil expansion drum</i>		<i>Pressure discharge</i>	<i>Thermal oxidizer</i>			<i>Reboiler</i>		
	<i>Temp (F)</i>	<i>Level (%)</i>	<i>Pressure (psig)</i>	<i>Temp. inlet (F)</i>	<i>Temp. outlet (F)</i>	<i>Flow (KBPD)</i>	<i>Flow (KBPD)</i>	<i>Temp. Inlet (F)</i>	<i>Temp. Outlet (F)</i>
1	287	46,33	156,57	288	336	265,05	220,5	336	289
2	289	46,9	157,33	291	331	266,02	220,3	340	291
3	288	46,88	157,21	297	340	265,59	220,51	333	287
4	290	46,55	156,88	274	332	265,13	220,76	343	293
5	284	46,99	157,45	287	333	264,95	220,47	331	297
6	291	47,4	157,88	293	338	265,22	220,41	332	286
7	288	47,2	157,72	263	321	266,13	220,97	336	290
Rata rata	288,1	46,89	157,29	284,71	333	265,44	220,56	335,86	290,43

Tabel 2 merupakan kondisi operasi *hot oil system* selama 7 hari mulai tanggal 2 Mei 2024 hingga 9 Mei 2024 di PT. X. Pembahasan pertama untuk tabel kondisi operasi *hot oil system* adalah pada *hot oil expansion drum*. Pada *hot oil expansion drum* D-1301, dapat dilihat bahwa suhu operasinya berkisar antara 284°F hingga 291°F dengan nilai rata rata sebesar 288,1°F. Selain suhu operasinya, juga dapat dilihat bahwa level pada *hot oil expansion drum* D-1301 berkisar antara 46,33% hingga 47,4% dengan nilai rata rata sebesar 46,89%. Dari dua data diatas, dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi pada *hot oil expansion drum* D-1301 dinyatakan pada kondisi yang normal. Kesimpulan ini dapat diambil karena *range* antara suhu tertinggi dan suhu terendah hanya berkisar sekitar 7°F, yang dapat dikategorikan sebagai hal yang wajar dalam suatu operasi *hot oil expansion drum*. Begitu pula pada levelnya yang memiliki range hanya 1,07% dan juga dapat dikatakan pada kondisi operasi yang wajar.

Tabel 2 Data sirkulasi *hot oil system*

<i>Description</i>	<i>Hot oil from hot oil transfer pump</i>	<i>Hot oil to hot oil filter-1</i>	<i>Hot oil to thermal oxidizer</i>	<i>Hot oil from thermal oxidizer</i>
<i>Phase</i>	L	L	L	L
<i>Temperature (°F)</i>	288,1	288,1	288,1	333
<i>Pressure (psig)</i>	166,84	166,84	26,61	91,61
<i>Mass Flow (lb/hr)</i>	3.316.068	3.016.426	3.016.426	3.016.426
<i>Mass density (lb/Ft³)</i>	49,708	49,708	49,708	48,07
<i>Heat capacity (BTU/lb°F)</i>	0,5599	0,5599	0,5599	0,5852
<i>viscosity (cP)</i>	1,8252	1,8252	1,8252	1,2316

Pembahasan kedua adalah pada *pressure discharge* yang ada pada *hot oil system*. *Pressure discharge* pada *hot oil system* selama 7 hari berkisar antara 156,57 hingga 157,88 psig dengan nilai rata-rata sebesar 157,29 psig. Dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi pada *pressure discharge hot oil system* dalam kondisi operasi yang normal karena range pressure yang dimiliki hanya sekitar 1,31 psig dan hal tersebut merupakan hal yang normal pada kondisi operasi *pressure discharge* pada sirkulasi *hot oil system*. Pembahasan selanjutnya adalah pada *thermal oxidizer* H-0401. Dari data diatas, *temperature inlet* yang dimiliki adalah sekitar 263°F hingga 297°F dengan nilai rata rata sebesar 284,71°F. Dapat disimpulkan bahwa untuk temperatur *inlet* pada *thermal oxidizer* H-0401 memiliki kondisi operasi yang normal karena memiliki range suhu hanya sebesar 34°F dan hal tersebut merupakan hal yang normal pada kondisi operasi *hot oil system* di *thermal oxidizer* [7].

Selain temperatur inlet, temperatur outlet dan juga flow yang dimiliki bisa dikatakan normal karena memiliki *range* yang kecil antara temperatur *outlet* tertinggi dan temperatur outlet yang terendah, serta flow yang juga tidak jauh berbeda antara flow tertinggi dan flow terendah. Yang terakhir adalah kondisi operasi *hot oil system* pada reboiler. Pada reboiler juga menunjukkan nilai flow, temperatur inlet, dan temperatur outlet yang cenderung konstan. Hal ini merupakan hal yang wajar dimana dengan data demikian, dapat dikatakan bahwa *hot oil system* pada reboiler merupakan kondisi operasi yang stabil dan diinginkan pada industri.

B. Perhitungan Size of Hot Oil Expansion Drum

Hot oil expansion drum merupakan salah satu alat vital yang dibutuhkan dalam sirkulasi *hot oil system*. Oleh karena itu *sizing hot oil expansion drum* harus dilakukan untuk menghindari adanya kerugian kerugian yang bisa ditimbulkan. *Sizing hot oil expansion drum* harus di-

lakukan dengan cermat karena berfungsi untuk menampung perubahan volume minyak panas yang terjadi akibat fluktuasi suhu selama operasi. Jika drum tidak berukuran tepat, kapasitasnya bisa terlalu kecil untuk menampung ekspansi minyak, yang bisa menyebabkan peningkatan tekanan dan risiko kebocoran atau ledakan. Sebaliknya, drum yang terlalu besar tidak efisien secara ekonomi dan bisa menyebabkan masalah operasional seperti peningkatan waktu pemanasan. Oleh karena itu, sizing yang akurat memastikan keamanan operasional, efisiensi termal, dan pengelolaan biaya yang efektif dalam sistem pemanasan minyak. Perhitungan *sizing hot oil expansion drum* dapat dilakukan sebagai berikut,

Diketahui kondisi operasi sebagai berikut:

<i>Expansion coefficient</i> (C_p)	= 0,00077
<i>Ambient temperature</i> (T_1)	= 26,7°C
<i>Max. operating temperature</i> (T_2)	= 176,7°C
<i>Initial volume</i> (V_0)	= 155 m ³

$$\text{Expansion volume } (V_p) = C_p \times (T_2 - T_1) \times V_0 \quad (1)$$

Didapatkan V_p sebesar 17,9 m³. Asumsi bahwa *hot oil expansion drum* memiliki besar yang 3 kali lipat lebih besar daripada nilai *expansion* volumenya. Asumsi ini diambil dengan pertimbangan mengenai keselamatan (*safety*) dan juga menyesuaikan dengan karakter fluida yang ada didalamnya. Menurut sumber Kurmnova 2023, kenaikan *hot oil expansion drum* ini rata rata adalah 3 kali volume semula.

$$\begin{aligned} \text{Expansion Drum volume} &= 3 \times \text{Expansion volume } (V_p) \\ &= 53,7 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (2)$$

C. Perhitungan Efisiensi Hot Oil System

Hot oil system merupakan jenis fluida transfer panas yang dipanaskan pada heater dan diedarkan ke pengguna energi panas. Tentunya penggunaan *hot oil system* harus dilakukan secara optimal untuk menunjang nilai keefektifan dan nilai keekonomisan dari suatu sistem. Perhitungan efisiensi pertukaran panas *hot oil system* harus dilakukan untuk memastikan bahwa sistem beroperasi pada kinerja optimalnya. Efisiensi yang tinggi berarti energi panas yang disalurkan oleh *hot oil* ke proses atau peralatan yang dipanaskan digunakan secara maksimal, mengurangi pemborosan energi dan biaya operasional. Dengan perhitungan yang tepat, dapat diidentifikasi potensi area peningkatan seperti kebocoran panas, isolasi yang tidak memadai, atau peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. Selain itu, ini membantu dalam perencanaan pemeliharaan preventif dan perbaikan yang diperlukan untuk menjaga kestabilan dan keandalan sistem. Efisiensi yang terukur juga berkontribusi pada keseluruhan keberlanjutan operasi dengan mengurangi konsumsi energi dan emisi, sejalan dengan praktik industri yang ramah lingkungan. Pada PT. X, nilai efisiensi untuk *Hot Oil System* yang boleh digunakan adalah sebesar minimal 60%. Nilai ini didasarkan pada perhitungan yang dilakukan oleh PT. X mengenai keekonomisan yang akan ditimbulkan pada *Hot Oil System*.

Dari data pada Tabel 2 akan dilakukan perhitungan mengenai efisiensi *hot oil system* di PT. X. Perhitungan dapat dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut.

Diketahui:

$V_{\text{Hot oil}}$	= 1850,6344 m ³ /jam
<i>Temp. inlet</i>	= 415,42778 K
<i>Temp. outlet</i>	= 440,372 K
Densitas <i>hot oil</i>	= 796,245777 kg/m ³
$C_p \text{ Hot Oil}$	= 2,4334 KJ/Kg

1. Menentukan massa *hot oil* yang masuk

$$\begin{aligned} M \text{ Hot Oil} &= V \text{ hot oil} \times \rho \text{ hot oil} \\ &= 1.473.559,812 \text{ kg/jam} \end{aligned} \quad (3)$$

2. Menghitung neraca energi

$$\begin{aligned} Q \text{ hot oil} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 89.443.997,445 \text{ KJ/jam} \end{aligned} \quad (4)$$

3. Menghitung *Feed Natural Gas*

$$1 \text{ kg/d NG} = 0,14 \text{ MMSCF}$$

$$2,1 \text{ kg/d NG} = 0,294 \text{ MMSCF}$$

Nilai dikalikan dengan jumlah *burner* (7 *burner*), sehingga didapatkan nilai sebesar 2,058 MMSCF. Bila dikonversi ke SCF/hr, maka

$$2,1 \text{ kg/d NG} = 2,058 \text{ MMSCF} / 24$$

$$2,1 \text{ kg NG} = 0,08575 \text{ MMSCF}$$

$$2,1 \text{ kg NG} = 85.750 \text{ SCF/hr}$$

4. Menghitung Energi *Natural Gas*

$$\begin{aligned} Q \text{ yang dihasilkan NG} &= \text{GHV} \times \text{Feed NG} \\ &= 96.044.960,09727 \text{ KJ/hr} \end{aligned} \quad (5)$$

5. Menghitung Efisiensi dari *Hot Oil*

$$n = \frac{\text{Energi yang diserap Hot Oil}}{\text{Energi yang dihasilkan natural gas}} \times 100\% \quad (6)$$

Setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai efisiensi *hot oil system*, didapatkan hasil efisiensi sebesar 93,12%. Semakin mendekati nilai 100%, semakin baik *hot oil* dalam menyerap energi yang dihasilkan dari natural gas. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *hot oil* memiliki kinerja yang baik dalam menyerap energi dari pembakaran natural gas. Jika efisiensi penyerapan panas oleh *hot oil* bekerja dengan baik, hal ini akan menghasilkan beberapa efek positif yang signifikan, termasuk penghematan energi dan biaya operasional karena pemanfaatan energi yang optimal, peningkatan kinerja proses industri melalui penyediaan panas yang stabil, serta memperpanjang umur peralatan dengan mengurangi keausan dan kerusakan. Selain itu, sistem yang efisien meningkatkan keandalan operasional dengan mengurangi risiko gangguan dan *downtime*, serta meningkatkan keamanan dengan mengurangi kemungkinan *over-heating* dan tekanan berlebihan. Efisiensi tinggi juga berdampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya, membantu perusahaan memenuhi regulasi lingkungan dan mendukung praktik industri yang lebih berkelanjutan.

4. SIMPULAN

Prinsip kerja *Hot Oil System* adalah melakukan melakukan transfer panas yang terjadi pada gas dan *solvent* yang dipanaskan dengan bantuan media pemanasnya yaitu *hot oil* dan dilakukan dengan sangat baik. Didapatkan unjuk kerja *Hot Oil System* sebesar 93,12 %. Hal ini menunjukkan bahwa performa dari *Hot Oil System* terbilang baik dalam melakukan transfer panas. Didapatkan nilai expansion volume dari *hot oil system* pada PT. X sebesar 17,9 m³, dan diasumsikan bahwa *hot oil expansion drum* memiliki besar yang 3 kali lipat lebih besar daripada nilai expansion volumenya, sehingga didapatkan nilai desain dari *expansion volume* dari *hot oil system* adalah 53,7 m³.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Enggal Indra Gunawan, Machrus Ali, Hidayatul Nurohmah. "Optimasi Thermal Oil Heater Menggunakan PSO Sebagai Tuning PID Control". Jurnal Sains dan Teknologi. 2022.
- [2] Incropera, F. P. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition". John Wiley & Sons, 2011.
- [3] Kakac, S. L. "Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Third Edition". CRC Press. 2012.
- [4] Donasi Novita Umar, E. F. "Optimasi Pemanfaatan Existing Hot Oil System dari Train Sebelumnya Untuk Menujang Proses Pemanasan Medium Pada Train Baru di Kilang Pengolahan Gas X". Prosiding TAU SNAR-TEK 2019 Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi. 2019.
- [5] Azani, Y. "PEMODELAN TERHADAP KEBOCORAN HOT OIL DI REGENERATION GAS HEATER PADA PROSES DEHYDRATION GAS DI NATURAL GAS LIQUIFIED EXTRACTION (NGLE) GAS PLANT". Jurnal Rang Teknik Journal Vol. 5 No. 1. 2022.
- [6] .EP, P. "TATA KERJA INDIVIDU NORMAL OPERASI HOT OIL SYSTEM". 2020.
- [7] Dwiyantoro, A. B. "Analisa Heat Balance Thermal Oxidizer dengan Waste Heat Recovery Unit". Jurnal Teknik ITS. 2017.
- [8] Moran, M. J. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition". John Wiley & Sons. 2006.
- [9] Ostigard, L. d. "Thermal Performance Evaluation of Hot Oils and Nanofluids by Simulation of an Indirect Heating Plant". Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly. 2019, DOI:10.2298/CICEQ191011023O.
- [10] Kurmanova, D. J. "Modelling and Simulation of Heat Exchanger with Strong Dependence of Oil Viscosity on Temperature". Fluids, 8(3), 95. 2023. DOI:10.3390/fluids8030095.

Daftar simbol:

η	= Efisiensi energi
$\rho_{hot\ oil}$	= Densitas hot oil (kg/m^3) Q = Energi (KJ/hr)
ΔT	= Perbedaan suhu inlet dan outlet (K)
C_p	= Koefisien ekspansi panas hot oil (KJ/Kg)