

PEMANFAATAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI BAHAN BAKAR MINYAK SOLAR INDUSTRI PADA SISTEM PEMANAS FLUIDA TERMIK DI PABRIK RESIN

Sari Farah Dina¹, Justaman A. Karo-Karo¹, Siti Masriani Rambe², Edwin H. Sipahutar², Harry P. Limbong²

¹Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jln. Medan Tenggara VII, Medan – 20228

²Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Medan, Jln. Sisingamangaraja No. 24 Medan – 20217

Corresponding Author: sfdina1@kemenperin.go.id

Abstract – *The National Energy Policy to develop the use of renewable energy has opened up opportunities for industry to develop the use of biomass. A study on the use of palm shells as a substitute for industrial diesel in a thermal oil heating system at a natural rubber resin factory in North Sumatra has been carried out. All information and data on the operation of TOH were obtained through secondary data collection and direct discussions in the field. The secondary data obtained include the type and specification of the heater, the characteristics of the thermal oil (type, flow rate, temperature inlet and outlet of the heater), fuel consumption/hour and the characteristics of palm shells. From the study conducted, it can be concluded that during the process of heating thermal oil which takes place gradually in the TOH system using industrial diesel, it has a heat capacity of 1,500,000 kcal/hour, but the maximum heat that is useful for heating thermal oil is 694,396 kcal/hour with maximum thermal efficiency is 80.69%. Estimated consumption of palm kernel shells required to heat thermal oil on the assumption of 70% thermal efficiency as a substitute for energy supplied by industrial diesel is 237 kg/hour. The savings from this fuel replacement is estimated Rp. 3.286.800.000,-/year.*

Keywords: *thermal fluid, industrial fuel, palm shells, heating system, performance.*

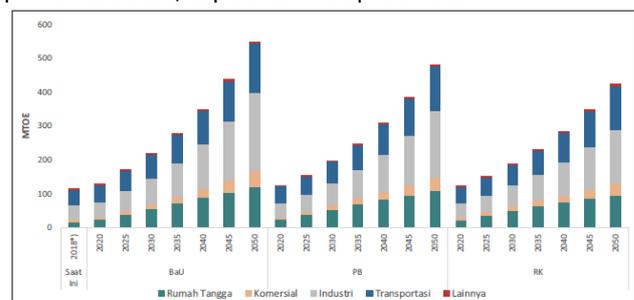
1. Pendahuluan

Ketersediaan energi fosil yang semakin berkurang sedangkan kebutuhan terus meningkat, menyebabkan penggunaan energi biomassa semakin diminati. Hal ini sejalan dengan konteks kebijakan pemerintah didalam komitmen penyediaan energi bersih dan terjangkau yang telah ditetapkan melalui amanat Kebijakan Energi Nasional dimana akan mengurangi konsumsi energi fosil dan memperluas penggunaan energi terbarukan.

Ditinjau dari konsumsi energi, sektor industri merupakan konsumen energi terbesar, dengan tingkat pertumbuhan 5,7% per tahun. Saat ini konsumsi energi sektor industri mengambil porsi sebesar 41%, yang didominasi oleh batubara, gas bumi dan listrik. Dilihat Gambar 1, hingga tahun 2050, diprediksi konsumsi ini terus meningkat.[1].

Dengan semakin berkembangnya industri, maka konsumsi energi juga semakin meningkat sehingga pemerintah telah menetapkan beberapa kebijakan energi diantaranya adalah pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT). Berkurangnya produksi energi fosil

terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut, seperti terlihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Permintaan Energi Final per Sektor DEN, 2019

Tabel 1 Potensi Energi Terbarukan

| Jenis Energi | Potensi, GW |
|-------------------------|-------------|
| Tenaga air | 94,3 |
| Panas Bumi | 28,5 |
| Bioenergi | 32,6 |
| 200.000 barrel per hari | |
| Surya | 207,8 |
| Angin | 60,6 |
| Energi Laut | 17,9 |
| TOTAL, | 442 |

Total potensi energi terbarukan ekuivalen 442 GW digunakan untuk pembangkit listrik, sedangkan BBN dan Biogas sebesar 200 ribu Bph digunakan untuk keperluan bahan bakar pada sektor transportasi, rumah tangga, komersial dan industri. Salah satu EBT yang memiliki potensi sangat besar untuk terus dikembangkan adalah pemanfaatan produk samping kelapa sawit, diantaranya tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang sawit dan juga limbah cair. Namun sebagian besar pada penggunaannya masih menggunakan campuran dengan batubara [2,3,4].

Salah satu produsen resin berkualitas tinggi di Sumatera Utara menggunakan alat penukar kalor berupa *thermal oil heater* (TOH) pada proses produksi. Zat yang berasal dari siklisasi karet alam ini merupakan produk resin berkualitas tinggi yang memiliki pangsa pasar ekspor yang sangat kompetitif. Oleh karenanya pengembangan berkelanjutan terus dilakukan tak terkecuali dalam hal optimalisasi unit operasi dari proses produksi. Selain TOH pada pabrik resin ini telah memiliki umur pakai yang sudah harus mengalami revitalisasi, juga biaya bahan bakar solar industri yang terus mengalami peningkatan, maka perlu dilaukan kajian terhadap performa unit TOH jika menggunakan pemanas berbahan bakar cangkang sawit.

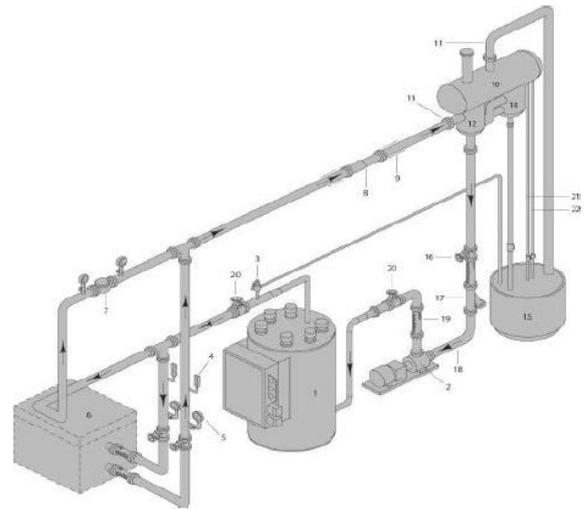
2. Tinjauan Pustaka

2.1. *Thermal Oil Heating (TOH) Unit*

Thermal oil atau fluida termik digunakan untuk membawa energi pada aplikasi pemanasan, industri *processing* dan juga pendinginan mesin-mesin industri. Thermal oil paling sesuai digunakan pada aplikasi bersuhu tinggi di mana kondisi operasi paling optimal berada di antara 150°C sampai 350°C. Pada suhu ini, pemanasan dengan menggunakan *thermal oil/thermal fluid* akan memiliki efisiensi paling tinggi jika dibandingkan dengan metode pemanasan lain seperti menggunakan steam (uap), elektrik atau pembakaran langsung [5].

Thermal oil merupakan sistem tertutup dan didesain atas dasar pertimbangan laju alir, *pressure drop*, perubahan volume dan kekentalan fluida termiknya. Secara umum, sistem *thermal oil* terdiri dari koil pemanas, *burner*, pompa sirkulasi dan tangki ekspansi yang dilengkapi dengan sistem ventilasi, *collecting tank*, *valve*, *strainer*, *differential pressure* atau *pressure gauge*

dan juga panel kontrol. Yang membedakannya hanya pada unit pembangkit energy yakni sistem pembakaran karena tergantung dari sifat bahan bakar yang digunakan baik sifat (cair, padat atau gas) maupun jenisnya (fossil atau biomassa).

Gambar 2 Perpipaan pada Sistem *Thermal Oil*

Besarnya kapasitas TOH ditentukan oleh besarnya kebutuhan beban termal dari suatu unit proses, suhu operasi dan laju alir *thermal oil*. Pada sistem pemanas, *thermal oil* berada didalam koil akan menerima panas dari gas panas hasil pembakaran di *burner*. Selanjutnya *thermal oil* ini akan memberikan panas kepada media yang akan dipanaskan. *Thermal oil* yang panasnya sudah diambil oleh media akan lebih dingin dan kembali ke TOH untuk dipanaskan kembali. Bahan bakar yang dapat digunakan *burner* adalah gas, solar, batubara atau biomassa [5].

2.2. *Thermal Oil* dan Karakteristiknya

Fungsi utama dari suatu sistem *thermal fluid* (fluida termik) adalah mentransfer panas dari suatu sumber panas ke fasilitas unit proses. Umumnya suhu fluida termik keluar dari sumber panas adalah berkisar antara 170 – 350 °C (tergantung kebutuhan unit proses). Untuk itu, fluida termik yang digunakan harus memenuhi karakteristik minimal memiliki: stabilitas termal yang baik, sifat perpindahan panas yang baik, viskositas rendah, titik beku rendah, korosi rendah, toksisitas rendah, resiko rendah untuk personil akuisisi dan ekonomis. Fluida termik yang dapat memenuhi kriteria ini adalah minyak (oil). Di pasaran karakteristik *thermal oil* cukup diwakilli oleh parameter temperatur (Tabel 2). *Thermal oil* yang digunakan pada industri yang dikaji adalah Seriola 150 yang dibuat dari bahan *distillates petroleum hydrotreated heavy paraffinic*.

2.3 Cangkang Sawit Sebagai Sumber Energi Potensial Bahan Bakar Biomassa

Seperti diketahui, secara nasional Sumatera Utara termasuk 5 propinsi produsen kelapa sawit terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera Utara tahun 2016 terdapat 25 (dua puluh lima) Kabupaten penghasil kelapa sawit namun hanya 11 (sebelas) Kabupaten menjadi produsen unggulan. Dengan prediksi untuk setiap ton TBS yang diolah akan dihasilkan limbah cangkang sawit sebanyak 5%, maka dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa ada 5 (lima) Kabupaten yakni Asahan, Simalungun, Langkat, Labuhanbatu Utara dan Labuhanbatu Selatan memiliki potensi cangkang sawit [6].

Tabel 2. Karakteristik Temperatur Beberapa *Thermal Oil* di pasaran^[12]

| <i>Thermal Oil</i> | Maksimum operasi | Film Maksimum | Titik Nyala |
|----------------------|------------------|---------------|-------------|
| BP TRANSCAL N | 320 | 340 | 221 |
| Calflo HTF | 325 | 343 | 231 |
| Diphyl DT | 330 | 340 | 135 |
| Diphyl | 400 | 410 | 115 |
| Dowtherm A | 400 | 430 | 113 |
| Dowtherm Q | 330 | 355 | 120 |
| Essotherm 650 | 320 | 340 | 300 |
| Marlotherm SH | 350 | 380 | 200 |
| Mobiltherm 603 | 280 | 300 | 190 |
| PIROBLOC HTF Mineral | 305 | 320 | 215 |
| Therminol SP | 315 | 335 | 177 |
| Therminol 66 | 345 | 375 | 178 |
| Therminol 75 | 380 | 400 | 132 |
| Therminol VP-1 | 400 | 425 | 124 |
| Shell Thermia Oil E | 310 | 340 | 208 |
| Seriola 1510 | 310 | 330 | 230 |

Tabel 3. Produksi TBS Segar dan Prediksi Limbah Cangkang Sawit di Beberapa Kabupaten Wilayah Sumatera Utara Tahun 2016^[13]

| No | Kabupaten | TBS/tahun | Produksi cangkang sawit, kg/hari |
|----|------------------|-----------|----------------------------------|
| 1 | Deli Serdang | 210.255 | 35,042 |
| 2 | Serdang Bedagai | 173.800 | 28,967 |
| 3 | Asahan | 1.050.159 | 175,027 |
| 4 | Simalungun | 517.218 | 86,203 |
| 5 | Batubara | 103.459 | 17,243 |
| 6 | Langkat | 633.472 | 105,579 |
| 7 | Mandailing Natal | 231.027 | 38,505 |

| | | | |
|----|---------------------|---------|---------|
| 8 | Padang Lawas Utara | 295.863 | 49,311 |
| 9 | Padang Lawas | 438.022 | 73,004 |
| 10 | Labuhanbatu Selatan | 619.327 | 103,221 |
| 11 | Labuhanbatu Utara | 860.045 | 143,341 |

Ketersediaan cangkang sawit khususnya di Sumatera Utara, telah memberikan peluang bagi industri yang selama ini mengkonsumsi bahan bakar fosil untuk beralih ke biomassa. Kandungan sulfur yang dimiliki biomassa lebih rendah dari bahan bakar fosil (solar industri ataupun batubara) sehingga sumber energi terbarukan ini dapat dikatakan lebih ramah lingkungan. Ketersediaan biomassa di Sumatera Utara dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti energi fosil, ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan. Nilai kalor rendah (LHV) biomassa umumnya adalah lebih rendah (3600 – 4800 kkal/kg) dibanding nilai kalor batubara (5500 – 7900 kkal/kg) dan bahan bakar solar (8500 – 10500 kkal/kg). Namun jika dihitung berdasarkan biaya energi/kWh, maka penggunaan cangkang sawit adalah yang berbiaya paling murah. Hal lain yang menarik dari cangkang sawit atau biomassa pada umumnya adalah kandungan senyawa *volatile* yang tinggi (60 – 80 %) dibanding kadar *volatile* pada batubara, oleh karenanya biomassa lebih reaktif dibanding batubara ataupun bahan bakar solar. Akan tetapi, untuk dapat digunakan sebagai pengganti langsung terhadap energi fosil dari unit proses yang sudah beroperasi perlu dilakukan kajian neraca massa dan energi serta keekonomiannya [7].

| Tabel 4. Hasil Analisa Cangkang Sawit ^[4,8,9,10,11] | | | | | |
|--|-----------------|----------------|------------------|------------------|---------------|
| Kandungan | Hasil Riset | | | | |
| | Raju, dkk, 2016 | Lee, dkk, 2013 | Abnis, dkk, 2011 | Idris, dkk, 2012 | Sukiran, 2008 |
| Analisa Ultimat, %wt | 68,4 | 55,8 | 49,74 | 48,6 | 53,78 |
| C | 5 | 2 | 5,32 | 8 | 7,20 |
| H | 9,52 | 5,62 | 0,008 | 4,77 | 0,00 |
| N | 0,20 | 0,84 | 0,16 | 1,17 | 0,51 |
| S | 0,74 | - | 44,86 | 0,20 | 36,30 |
| O | 20,9 | 37,7 | - | 45,2 | - |
| Analisa Proksimat, % wt | 3,87 | 11,9 | 11,00 | - | 5,73 |
| Kadar Air | 72,3 | 0 | 67,20 | 73,7 | 73,74 |
| <i>Volatile Matter</i> | 4 | 66,8 | 19,70 | 7 | 18,37 |
| <i>Fixed Carbon</i> | 20,6 | 0 | 2,10 | 15,1 | 2,21 |
| Ash | 1 | 17,9 | - | 5 | - |
| Nilai Kalor, kkal/kg | 7,06 | 0 | - | 11,0 | - |
| | | 3,40 | - | 8 | - |
| | 4022 | 3337 | - | 3423 | 4649 |

Secara kimia cangkang sawit diklasifikasikan ke dalam bahan bakar padat yang memiliki unsur kimia antara lain zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Beberapa hasil penelitian tentang besarnya analisa ultimat dan proksimat cangkang sawit disajikan pada Tabel 4. Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar karbon, hidrogen dan kadar air. Kajian

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melakukan analisa dan evaluasi terhadap kebutuhan konsumsi energi TOH berbahan bakar solar industri dan kajian potensi penggantian bahan bakar menjadi biomassa dari cangkang sawit. Kajian ini dibatasi untuk menganalisa kebutuhan energi minimal untuk menaikkan energi spesifik *thermal oil* pada selisih temperatur (masuk dan keluar *heater*) ΔT sebesar 20 dan 25 °C.

3. Metodologi

Untuk melaksanakan kajian, semua informasi dan data tentang pengoperasian TOH diperoleh melalui pengumpulan data sekunder dan diskusi langsung di lapangan. Data sekunder yang diperoleh berupa, tipe dan spesifikasi alat, jenis dan laju alir *thermal oil*, temperatur *thermal oil* masuk dan keluar *heater*, konsumsi bahan bakar/jam.

Data ini digunakan untuk menghitung energi minimal yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil*, kemudian membandingkan berapa energi yang disuplai oleh bahan bakar solar dan berapa kebutuhan bahan bakar biomassa (cangkang sawit) yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil*.

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* dari temperatur masuk pemanas (T_{in}) menjadi temperatur keluar pemanas (T_{out}) dinyatakan sebagai panas/kalor sensibel dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{sensibel} = m_{thermal\ oil} \cdot Cp_{thermal\ oil} \cdot (T_{out} - T_{in}) \dots\dots 1)$$

Perhitungan besarnya panas sensibel yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* (Seriola 1510) dihitung setiap 5 (lima) menit pada laju alir fluida 75 m³/jam. Sifat termodinamika (panas spesifik dan densitas) ditetapkan sebagai fungsi temperatur [12].

Performa dari TOH dinyatakan sebagai efisiensi termal dan dihitung berdasarkan rasio antara panas sensibel yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* dan panas yang dilepas bahan bakar solar. Efisiensi termal ini ditentukan setiap 5 (lima) menit dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

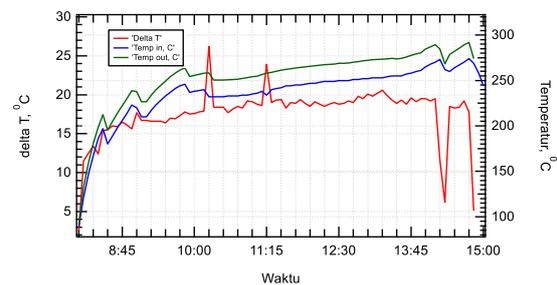
$$\eta = \frac{Q_{sensibel\ thermal\ oil}}{H_{out\ put\ solar\ industri}} \dots\dots 2)$$

Untuk melihat potensi penghematan yang dapat dilakukan jika TOH berbahan bakar solar industri digantikan TOH berbahan bakar cangkang sawit, maka dilakukan analisa perbandingan panas maksimum yang dapat dihasilkan dari kedua bahan bakar tersebut. Dengan mempertimbangkan efisiensi alat dan panas riil yang dikonsumsi *thermal oil*, didapat kebutuhan cangkang sawit pengganti solar industri. Atas dasar jumlah ini dilakukan perhitungan penghematan yang dapat dilakukan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Menghitung kebutuhan minimal energi yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil*.

Langkah awal yang dilakukan adalah mengetahui berapa energi maksimal yang dibutuhkan selama proses pemanasan *thermal oil* menggunakan bahan bakar solar. Selama proses pemanasan berlangsung tidak terjadi perubahan fasa pada *thermal oil*, sehingga yang diperlukan hanya panas sensibel saja. Untuk itu variabel yang sangat menentukan adalah selisih temperatur *thermal oil* sebelum dan sesudah keluar pemanas (ΔT). Dari data lapangan seperti ditunjukkan pada Gambar 3. yang diambil selama satu hari proses produksi (08:00 – 15:00 WIB), diperoleh data selisih temperatur berada pada rentang 5 – 24 °C. dan rata-rata berada pada 18°C.

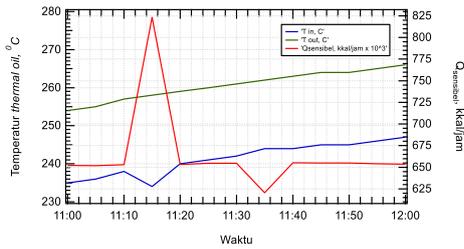


Gambar 3. Data Pengamatan Pemanasan *Thermal Oil* Menggunakan Pemanas Berbahan Bakar Solar Industri

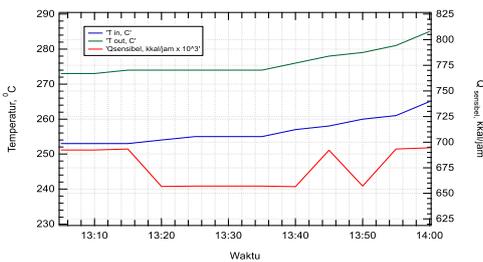
Hasil perhitungan panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* setiap 5 (lima) menit selanjutnya dikonversi dalam satuan kkal/jam, disajikan pada Gambar 4 dan 5. Selama proses produksi berlangsung (11:00 – 14:00 WIB) panas sensibel yang diperlukan berada pada rentang 620.596 – 694.396 kkal/jam. Dari gambar tersebut dapat dilihat bagaimana pengaruh besar kecilnya selisih temperatur keluar dan masuk *thermal oil* (ΔT) terhadap kebutuhan panas sensibel. Semakin besar ΔT maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk memanaskan kembali *thermal oil*, dan sebaliknya. Fenomena ekstrim ini dapat dilihat pada jam 11:15; 11:35; 13:45 dan 13:50.

Untuk mengantisipasi lonjakan kebutuhan energi untuk pemanasan *thermal oil* seperti yang dialami pada kondisi riil, maka perhitungan simulasi kebutuhan energi termal dari bahan bakar biomassa (cangkang sawit)

dilakukan perhitungan panas sensibel pada dua rentang temperatur (ΔT) yakni 20 dan 25 °C.



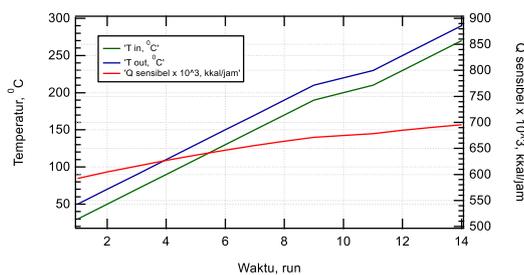
Gambar 4. Panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* (11:00 – 12:00) WIB



Gambar 5 . Panas sensibel yang diperlukan untuk memanaskan *thermal oil* (12:05 – 14:00) WIB

4..2 Simulasi Perhitungan Kebutuhan Energi Memanaskan *Thermal Oil* pada variasi ΔT

Simulasi ini dilakukan dalam rangka mengetahui kebutuhan energi maksimal untuk memanaskan *thermal oil* tanpa melihat jenis sumber energi awalnya. Kebutuhan panas sensibel pada laju alir fluida yang dipanaskan tetap sangat dipengaruhi seberapa besar temperatur fluida akan dinaikkan dari temperatur awal fluida masuk pemanas dengan kata lain disebut dengan ΔT .

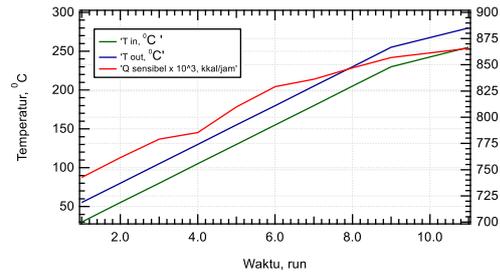


Gambar 6. Simulasi Perhitungan Kebutuhan Panas Sensibel Memanaskan *Thermal Oil* pada $\Delta T = 20^\circ\text{C}$

Dari 2 (dua) variasi ΔT yang disimulasikan pada laju alir *thermal oil* tetap (75 m³/jam) seperti disajikan pada Gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa semakin besar ΔT maka panas sensibel yang dibutuhkan juga semakin besar. Meskipun sifat termodinamika dari fluida, dengan semakin tinggi temperatur, densitas akan

semakin rendah, namun kapasitas panas semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi kapasitas panas maka dibutuhkan energi yang semakin besar untuk menaikkan temperatur *thermal oil*.

Pada Gambar 6 dimana laju kenaikan suhu *thermal oil* persatuan waktu ditetapkan sebesar $\Delta T = 20^\circ\text{C}$, dibutuhkan energi antara $592.4 \times 10^3 - 695.3 \times 10^3$ kkal/jam. Pada Gambar 7 dimana laju kenaikan suhu *thermal oil* persatuan waktu ditetapkan sebesar $\Delta T = 25^\circ\text{C}$, dibutuhkan energi lebih besar yakni antara $742.5 - 865.8$ kkal/jam.

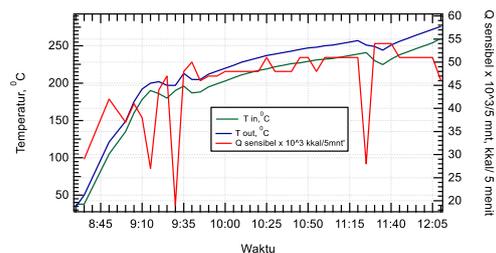


Gambar 7. Simulasi Perhitungan Kebutuhan Panas Sensibel Memanaskan *Thermal Oil* pada $\Delta T = 25^\circ\text{C}$

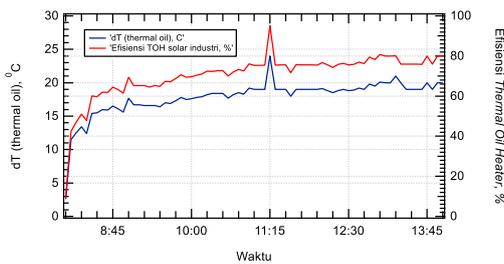
Jika pemanas didesain dengan keluaran panas sebesar 1.000.000 kkal/jam, maka untuk simulasi 1 ($\Delta T = 20^\circ\text{C}$) diperkirakan dapat mengoperasikan jenis pemanas yang memiliki efisiensi 70%. Dan untuk simulasi 2 ($\Delta T = 25^\circ\text{C}$), sebaiknya mengoperasikan jenis pemanas yang memiliki efisiensi sekitar 85%.

4.3 Efisiensi Pengoperasian *Thermal Oil Heater (TOH) Berbahan Solar Industri (Kondisi Riil)*

Hasil pengamatan riil di lapangan terhadap pengoperasian TOH mulai dari kondisi *start-up* (08:00 WIB) hingga akhir proses produksi (12:05 WIB) dapat dilihat pada Gambar 8. Data suhu *thermal oil* (Seriola 1510) diambil pada kondisi masuk dan keluar TOH untuk setiap 5 (lima) menit. Dari Gambar 8 dapat dilihat besarnya perbedaan suhu masuk dan keluar fluida termik (ΔT) selama pemanasan pada unit TOH berada pada rentang (10 – 19 °C). Jumlah energy termal yang diperlukan untuk menaikkan suhu fluida termal secara bertahap dari 38°C hingga mencapai suhu 276°C berada pada kisaran 19.52 – 54.24 kkal untuk setiap 5 menit.



Gambar 8. Hasil Pengamatan Pemanasan *Thermal Oil* pada *Thermal Oil Heater* Berbahan Bakar Solar Industri



Gambar 9. Efisiensi *Thermal Oil Heater* Menggunakan Bahan Bakar Solar Industri (Kondisi Riil)

Jumlah energi yang disuplai dari bahan bakar solar pada laju pemakaian 1200 liter/12 jam (100 liter/jam) dengan nilai kalor sebesar 8.660 kkal/liter dan densitas 0,8443 kg/liter, akan menghasilkan panas keluar (Heat out put) sebesar 866.000 kkal/jam. Efisiensi TOH pada kondisi yang sedang beroperasi menggunakan bahan bakar solar industri dihitung menggunakan persamaan 2, dan hasilnya disajikan pada gambar 9. Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa mulai jam 08:00 sampai dengan jam 11:00, energi pembakaran solar industri utamanya untuk menaikkan temperatur *thermal oil* dari 89°C menjadi 230°C. Pada kondisi ini, efisiensi TOH berada dibawah 75%, dan pada waktu pemanasan selanjutnya efisiensi maksimum dicapai hingga 80,69%.

4.4 Analisa Kebutuhan Cangkang Sawit sebagai Pengganti Solar Industri

Total $H_{out\ put}$ yang dibutuhkan = $H_{out\ put}$ yang disuplai TOH yang ada (solar) yakni 866.000 kkal/jam. Jika cangkang sawit yang disuplai ke ruang bakar memiliki nilai kalor sebesar 4200 kkal/kg dan asumsi efisiensi ruang bakar adalah 70%, maka jumlah cangkang sawit yang dibutuhkan adalah sebesar:

$$m_{cangkang\ sawit} = 237 \text{ kg/jam}$$

4.5 Potensi Penghematan Harga Bahan Bakar

Berdasarkan data yang diperoleh dilapangan dimana TOH beroperasi 12 jam sehari, dan 25 hari dalam sebulan. Bahan bakar berupa solar industri yang dikonsumsi sebanyak 100 liter/jam akan digantikan dengan sistem pemanas biomassa menggunakan bahan bakar berupa cangkang sawit. Dengan melakukan konversi atas dasar jumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran solar industri adalah 866.000 kkal/jam. Maka dapat dilihat hasil perhitungan simulasi potensi penghematan yang dapat dilakukan jika bahan bakar solar industri diganti dengan cangkang sawit (Tabel 5). Perhitungan ini dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi kerja pemanas. Untuk pemanas menggunakan solar industri (pemanas yang saat ini beroperasi), hasil perhitungan seperti yang disajikan pada Gambar 9

diperoleh efisiensi maksimum adalah 80%. Untuk pemanas jika menggunakan cangkang sawit (dengan asumsi nilai kalor 4200 kkal/kg dan efisiensi alat 70%), akan diperoleh konsumsi sebesar 237 kg.

Tabel 5. Perbedaan Harga Penggunaan Bahan Bakar Solar Industri dan Cangkang Sawit pada Pemanasan *Thermal Oil*

| Keterangan | Solar Industri | Cangkang Sawit |
|---|----------------|----------------|
| Konsumsi bahan bakar, | | |
| liter/jam | 100 | |
| kg/jam | | 237 |
| Nilai kalor | | |
| kkal/liter | 8.660 | |
| kkal/kg | | 4200 |
| H bahan bakar, kkal/jam | 866000 | 995400 |
| efisiensi 80% | 692800 | |
| efisiensi 70% | | 696780 |
| Harga bahan bakar, | | |
| Rp./liter | 11500 | |
| Rp./kg | | 1000 |
| Total harga konsumsi bahan bakar/jam | 1.150.000 | 237.000 |
| Total saving, | | |
| Rp./jam | | 913.000 |
| Rp./hari (1 hari= 12 jam) | | 10.956.000 |
| Rp./bln (1 bln = 25 hari) | | 273.900.000 |
| Rp./tahun | | 3.286.800.000 |

Berdasarkan perhitungan seperti yang disajikan pada Tabel 5, diperoleh potensi penghematan yang cukup signifikan untuk dilakukan penggantian TOH dari solar industri menjadi biomassa (cangkang sawit). Mengingat panas sensibel pada kondisi riil yang dibutuhkan untuk memanaskan *thermal oil* adalah 694.396 kkal/jam (Gambar 5), maka pemilihan TOH berbahan bakar biomassa cukup untuk pemanas dengan spesifikasi kapasitas panas 1.000.000 kkal/jam. TOH berbahan bakar solar industri memiliki kapasitas panas 1.500.000 kkal/jam, sedangkan panas yang dikonsumsi *thermal oil* maksimum 694.396 kkal/jam. Oleh karenanya penggantian unit pemanas menggunakan biomassa pada kapasitas 1.000.000 kkal/jam juga berpotensi lebih efektif dan efisien dibanding kapasitas yang lebih besar (1.500.000 kkal/jam)

5. Kesimpulan

Telah dilakukan pengamatan dan analisa terhadap pengoperasian sistem TOH berbahan bakar solar industri dengan kapasitas panas terpasang 1.500.000 kkal/jam, yang digunakan sebagai sistem pemanas pada proses produksi resin berbahan baku karet alam, serta potensi penggantian bahan bakar menjadi biomassa (cangkang

sawit). Hasil pengamatan yang dilakukan selama sistem pemanasan berlangsung yakni dari jam 08:00 sampai dengan jam 15:00, menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara temperatur *thermal oil* masuk dan keluar pemanas (ΔT) adalah 18°C. Panas sensibel maksimum yang diperlukan untuk memanaskan kembali temperatur *thermal oil* yang dikembalikan dari unit proses produksi resin adalah 694.396 kkal/jam. Hasil simulasi terhadap 2 (dua) variasi yakni 20°C dan 25°C menunjukkan bahwa semakin besar ΔT maka semakin besar panas sensibel yang dibutuhkan. Kedua simulasi menunjukkan kapasitas panas dibawah 1.000.000 kkal/jam. Hasil analisa termal dan ekonomi terhadap penggantian sistem TOH berbahan bakar solar industri 100 liter/jam (nilai kalor 8.660 kkal/liter) menunjukkan bahwa cangkang sawit sebanyak 237 kg/jam (nilai kalor 4200 kkal/kg) dapat sistem pemanas solar industri yang ada dengan potensi penghematan sebesar Rp. 3.286.800.000 pertahun.

References

- [1]. Anonim 2019, Outlook Energi Indonesia, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, ISSN 2503-1597.
- [2]. Chen, W.-H., Wu, J.-S., 2009. An evaluation on rice husks and pulverized coal blends using a drop tube furnace and a thermogravimetric analyzer for application to a blast furnace. *Energy*, Vol. 34, p:1458–1466.
- [3]. Idris, S.S., Rahman, N.A., Ismail, K., Alias, A.B., Rashid, Z.A., Aris, M.J., 2010, Investigation on thermochemical behaviour of low rank Malaysian coal, oil palm biomass and their blends during pyrolysis via thermogravimetric analysis (TGA). *Bioresour. Technol.* 101, 4584–4592.
- [4] Idris, S.S., N.A. Rahman dan K. Ismail. 2012., Combustion characteristics of Malaysian oil palm biomass, sub-bituminous coal and their respective, blends via thermogravimetric analysis (TGA), *Bioresource Technology* Vol. 123 (2012) p: 581–591.
- [5] [https://www.cv-ao.com/Thermal Oil Guide Origin.pdf](https://www.cv-ao.com/Thermal%20Oil%20Guide%20Origin.pdf), diakses tanggal 06 April 2022.
- [6] Vishal Aji Armansyah.2019.Rumus Present Value di <https://rumus.co.id/rumus-present-value/#!> (diakses 21 Maret 2022).
- [7] Razi Ahmad, Mohd Azlan Mohd Ishak, Nur Nasulhah Kasim, Khudzir Ismail, 2019, Properties and thermal analysis of upgraded palm kernel shell and Mukah Balingian coal, *Energy*, Volume 167, p: 538-547, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.018>.
- [8] Raju M, 2016, Karakterisasi arang dan gas-gas hasil pirolisis limbah kelapa sawit, *Jurnal Keteknik Pertanian*, p-ISSN: 2407-0475, e-ISSN: 2338-8439, Vol. 4, No.2:153-160.
- [9] Lee, Y., J. Park, C. Ryu, K.S. Gang, W. Yang, Y. Park dan S. Hyun. 2013. Bioresource technology comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500°C. *Bioresource Technology* Vol. 148:196–201.
- [10] Abnisa, F., W.M.A.W. Daud, W.N.W. Husin dan J.N., Sahu. 2011. Utilization possibilities of palm shell, as a source of biomass energy in Malaysia by producing bio-oil in pyrolysis process. *Biomass and Bioenergy* Vol. 35(5):1863–1872.
- [11] Sukiran, M.A. 2008. Pyrolysis of empty oil palm fruit bunch using the quartz fluidized-fixed bed reactor. (Tesis). University of Malaya, Kuala Lumpur.
- [12] <https://catalog.totalenergies.id/indonesia-webiste-catalog/en-id/products/b38/SERIOLA-1510>, diakses tanggal 29 Maret 2019.
- [13] Statistik Kelapa Sawit Indonesia, 2017, Badan Pusat Statistik, Katalog: 5504003. ISSN: 1978-9947, diakses tanggal 29 Maret 2019.