

PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

¹Jojo Sumarjo, ²Ratna Dewi Anjani, ³Aa Santosa

¹Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

^{2,3}Program Studi D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹jojosumarjo@gmail.com, ²ratna_danjani@yahoo.com, ³aa_santosa72@yahoo.com

INFO ARTIKEL

Diterima : 29 Desember 2017

Direvisi : 25 Januari 2018

Disetujui : 16 Maret 2018

Kata Kunci :

Energi panas, *Heat exchanger*, Ongkos produksi

ABSTRAK

Mesin diesel yang ada di PT. XXX Industri Textil Bandung fungsi utamanya untuk memproduksi daya listrik, selama prosesnya, mesin ini mengeluarkan gas buang yang dibuang ke lingkungan pada temperatur 400°C dengan laju aliran massa sebesar 3,03 kg/s pada tekanan 2 bar, hal ini merupakan potensi energi panas yang cukup tinggi dan jika tidak dimanfaatkan maka akan terbuang sia-sia. Untuk memanfaatkan energi panas tersebut, telah direncanakan sebuah *Heat Exchanger* (HE) atau APK (Alat Penukar Kalor) untuk memproduksi uap yang akan ditransfer ke unit pengering kain, sehingga unit pengering kain tersebut kebutuhan steamnya tidak disupply lagi dari unit boiler. HE/APK yang direncanakan tersebut adalah jenis shell and tube, dengan air pada sisi tube dan gas panas (gas buang dari mesin diesel) pada sisi shell. Pada sisi tube, laju aliran air yang masuk HE/APK adalah 0,02 kg/s pada temperature 28°C dan tekanan 1,5 MPa dengan temperatur keluar direncanakan pada 200°C. Pada sisi shell, laju aliran gas panas (gas buang dari mesin diesel) adalah sebesar 3,03 kg/s pada tekanan 2 bar. Jika HE/APK yang direncanakan ini dipasang dan dioperasikan dengan kapasitas produksi uap atau laju aliran air tersebut diatas, maka konsumsi solar untuk steam generator (boiler) hanya sebesar 1000 liter/hari. Jadi dengan adanya alat ini, kebutuhan bahan bakar solar untuk boiler diharapkan bisa dihemat sebesar 33,33 %, sehingga bisa menurunkan ongkos produksi.

I. PENDAHULUAN

Riset di PT. XXX Industri Tekstil Bandung berusaha untuk mengurangi dampak yang terjadi pada lingkungan sekitar, mengurangi ongkos produksi dalam energi untuk mengeringkan kain, karena itu gas buang yang dihasilkan akan dimanfaatkan untuk tujuan tersebut. Secara teoritik efisiensi termal mesin Diesel optimalnya bisa dimanfaatkan sekitar 25- 30%, sedangkan sisanya terbuang dalam berbagai bentuk seperti 30-35% terbuang sebagai gas buang. Tentunya persentase gas buang tersebut memiliki potensi panas yang sangat besar untuk keperluan lain yang menggunakan energi panas. Energi panas dapat ditransfer dengan menggunakan alat yang disebut heat exchanger.

Produk tekstil sebelum diekspor terlebih dahulu harus dilakukan proses pewarnaan dan pengeringan. Energi panas yang dipakai yang dipakai untuk proses tersebut berasal dari uap yang dihasilkan oleh Boiler, Boiler ini merupakan unit khusus pembangkit uap untuk keperluan tersebut. Selain menggunakan energi panas juga menggunakan energi listrik untuk produksi tekstil tersebut, Energi listrik itu diperoleh dari pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) dan dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) . Pada unit PLTD terutama pada ruang mesin Diesel banyak energi panas yang terbuang percuma, hal ini mengganggu lingkungan di sekitar pabrik.

PT. XXX Industri Tekstil Bandung terdiri dari unit- unit yang beroperasi menggunakan energi panas misalnya unit pencelupan kain dan unit pengeringan kain. Selama ini unit-unit tersebut menggunakan energi panas dari uap (steam) yang diproduksi dari steam generator (unit khusus), steam generator ini menggunakan bahan bakar solar yang memerlukan dana yang cukup besar. Dengan memanfaatkan energi panas dari gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel dengan cara ditransfer energi panasnya ke unit-unit yang memerlukan energi panas sehingga unit-unit tersebut tidak perlu lagi menggunakan energi panas dari uap. Sehingga dalam hal biaya produksi Steam untuk pengering

kain bisa diminimalisir dan dampaknya ke dalam cost yang dikeluarkan oleh PT. XXX Industri Tekstil Bandung, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan energi alternatif yang dicanangkan oleh pemerintah sehingga diharapkan ke depan bukan hanya PT. XXX Industri Tekstil Bandung saja yang menggunakan tetapi dapat dicontohkan oleh perusahaan-perusahaan lain. Tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah : Memanfaatkan energi panas yang terbuang percuma, Merancang alat penukar kalor (heat Exchanger) dan menekan ongkos produksi

Riset atau penelitian yang sejenis telah dilakukan oleh : Sumarjo, Jojo, Soekardi, Chandrasa [1] membahas tentang Analisis Economizer#2 pada Heat Recovery Steam Generator (HRSG) di Turbin Gas#2 untuk Proses Maintenance di PT. XXX, ditempat lain telah dilakukan oleh : Aziz, Azridjal, Harianto, Joko, Mainil, Afdal Kurniawan [2] membahas tentang Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi, kemudian oleh : Klara, Sherly, Sutrisno [3] tentang Pemanfaatan Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik, kemudian oleh : Soekardi, Chandrasa [4] tentang Prediksi Karakteristik Termal Sebuah Penukar Kalor Dampak Pemilihan Factor Pengotoran Konstan, kemudian oleh : Soekardi, Chandrasa [5] tentang Implikasi Perancangan Sebuah Penukar Kalor Dengan Factor Pengotoran Dan Fungsi Waktu Terhadap Kinerja Pada Kondisi Operasi Beban Termal Konstan.

II. METODE PENELITIAN

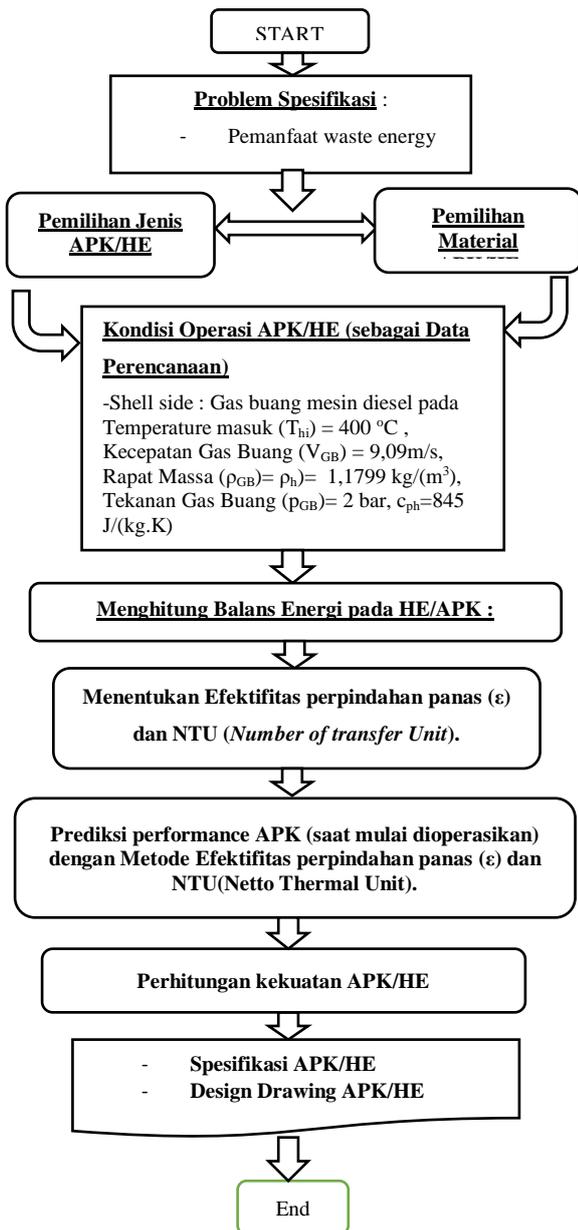
Dalam merancang alat untuk memanfaatkan gas buang ini ada beberapa tahapan :

1. Menentukan problem Spesifikasi
2. Kondisi Operasi APK/HE sebagai Data Perencanaan
3. Menghitung Balans Energi Pada HE/APK
4. Perhitungan Prediksi Performance APK saat Mulai Dioperasikan dan Perhitungan Kekuatan

PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

5. Menghitung kekuatan APK/HE
6. Membuat Spesifikasi dan Drawing APK/HE

Dalam bentuk flowchart :



Gambar 1 Flowchart perencanaan AKP/HE

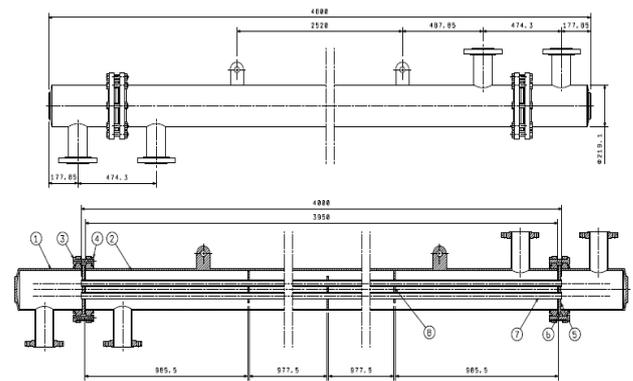
Alat Penukar Kalor yang direncanakan ini akan dipakai di Unit Pengering Kain dengan memanfaatkan energi panas dari gas buang Mesin Diesel di PT. XXX Industri Tekstil Bandung ” dilaksanakan selama 10 bulan dan pengolahan data bertempat di Laboratorium Dasar Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Penukar Kalor (APK) atau *Heat Exchanger* (HE) yang direncanakan adalah akan digunakan untuk produksi uap air yang akan dikirim ke mesin pemanas/sertika kain dengan Kapasitas uap yang dibutuhkan adalah sebesar 0,625 ton/jam uap, tekanan 1,5 MPa, temperatur 200°C.

Shell dan *tube* merupakan suatu jenis Heat Exchanger (HE) yang banyak digunakan pada berbagai bidang industri yang diantaranya bentuknya konstruksinya yang ringkas (*compact*) dan ringan, luas perpindahan panasnya dapat dengan mudah hanya dengan modifikasi *tube* dengan penambahan fin atau sirip, pemilihan materialnya bias divariasikan sesuai dengan kebutuhan, biaya pembuatannya relative tidak mahal, juga perawatannya sangat mudah karena type ini bisa dibongkar dan dipasang kembali setelah perawatan/pembersihan tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti . Konfigurasi aliran fluida pada APK atau HE adalah parallel flow, cross flow dan counter flow, tapi deri 3 aliran tersebut yang paling efektif adalah aliran counter flow, maka untuk keperluan ini dipilih APK atau HE dengan :

- Konstruksi shell and tube
- Type aliran counter flow.



Gambar 1 Alat Penukar Kalor jenis shell and tube

Material yang dipakai adalah material umum dipakai untuk keperluan teknik penukar kalor yang bisa menghantarkan energi panas, tetapi secara khusus material yang dipilih berdasarkan pada fungsinya, kondisi kerjanya, dan kemudahan atau bisa tidaknya material itu untuk diproses manufaktur. Untuk APK atau HE yang direncanakan ini, materialnya harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban mekanik dan beban termal, memiliki ketahanan korosif karena beroperasi pada lingkungan yang bertemperatur tinggi serta tingkat kelembaban yang tinggi juga (basah), serta untuk proses manufakturnya tidak begitu sulit. Berdasarkan hal itu, maka dipilih material untuk APK yang direncanakan ini adalah

- Material *shell*: Steel-chrom-nickel (SA304 atau SUS304) dengan $k=61$ Watt/(mK) ; $S_u=460$ MPa – bentuk Pipa 8 inch schedule 40
- Material *tube*: Steel-chrome (SA304 atau SUS304) dengan $k=61$ Watt/(mK) ; $S_u=460$ MPa – bentuk Pipa 1 inch schedule 40

Gas buang dari mesin diesel dengan bahan bakar High Speed Diesel (HSD) yang ada dilokasi penelitian adalah terbuang ke lingkungan pada temperaturnya tinggi yaitu pada 400°C, gas buang ini akan dialirkan ke HE atau APK sebagai fluida panas yang energi panasnya ditransfer ke air (H₂O) sebagai fluida dinginnya yang akan dipanaskan sehingga temperature air keluar APK/HE adalah 200oC pada tekanan 1,5 MPa dengan laju aliran air atau uapnya adalah 0,833 ton/jam dalam kondisi uap. Air (H₂O) adalah diperoleh dari unit boiler utama yang ada di lokasi penelitian.

Secara detil kondisi kerja atau operasi APK/HE (sebagai data perencanaan) adalah :

PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

- Shell side (Gas buang/Gas panas) :
 $T_{hi} = 400^{\circ}\text{C}$
 Kecepatan Gas Buang (V_{GB}) = 9,09m/s
 Rapat Massa (ρ_{GB}) = $\rho_h = 1,1799 \text{ kg}/(\text{m}^3)$,
 Tekanan Gas Buang (p_{GB}) = 2 bar,
 $c_{ph} = 845 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- Tube side :
 $T_{ci} = 28^{\circ}\text{C}$,
 Rapat Massa (ρ_c) = $1000 \text{ kg}/(\text{m}^3)$,
 $c_{pc} = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$,
 Tekanan air 1,5 MPa (target)
 $T_{co} = 200^{\circ}\text{C}$ (target)
 $\dot{m}_c = 0,625 \text{ ton}/\text{jam}$ (target)

Beban termal atau energi panas pada kedua bagian APK/HE ini yaitu pada bagian dalam Shell yang menerima beban termal dari gas buang) dan pada bagian tube yang menerima termal dari gas buang juga, dengan anggapan bahwa beban termal tersebut adalah konstan pada APK/HE, jadi jumlah energi panas yang diterima oleh air (pada tube) adalah sama dengan jumlah energi panas dari gas buang tersebut.

Laju perpindahan energi panas yang diterima oleh aliran fluida dingin dapat ditentukan melalui persamaan:

$$Q_c = m_c \cdot c_{pc} (T_{co} - T_{ci}) \tag{1}$$

Maka, besarnya laju perpindahan energi panas yang diterima oleh aliran fluida air adalah: $Q_c = 14379,2 \text{ J/s} = 14379,2 \text{ W}$

Temperatur aliran gas panas keluar alat dapat dihitung melalui persamaan :

$$Q_h = m_h \cdot c_{ph} (T_{hi} - T_{ho}) \tag{2}$$

Dengan menganggap alat tersebut di atas adalah adiabatik maka besarnya $Q_h = Q_c = 14379,2 \text{ J/s} = 14379,2 \text{ W}$. Maka, besarnya temperatur aliran gas panas keluar alat tersebut di atas (T_{ho}) adalah $T_{ho} = T_{hi} - Q_c / m_h c_{ph} = 667,4 \text{ K} = 394,4 \text{ oC}$

Bagi konfigurasi aliran berlawanan (counter flow), beda temperature rata-rata logaritmik, ΔT_m diberikan oleh persamaan

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 \Delta T_2}{\ln(\frac{T_1}{T_2})} \tag{3}$$

dengan

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} = 200\text{K} \tag{4}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci} = 366,38\text{K} \tag{5}$$

Maka diperoleh $\Delta T_m = 274,85 \text{ K}$

Untuk aliran counter flow dengan dengan konfigurasi 1 shell pass dan 1 tube pass, factor koreksinya adalah $F_c = 1$

Sehingga, beda temperatur rata-rata logaritmik sebenarnya pada alat tersebut di atas adalah

$$LMTD = F_c \cdot \Delta T_m = 274,85\text{K} \tag{6}$$

Bagi keperluan perhitungan perancangan, harga koefisien global perpindahan panas, U mula-mula dipilih sesuai dengan yang disarankan (lihat tabel koefisien perpindahan panas U untuk beragam konfigurasi aliran fluida).

Bagi konfigurasi aliran air pendingin dengan aliran fluida panas gas di dalam sebuah alat penukar kalor shell & tube harga

koefisien U dapat dipilih di antara harga : $15 - 70 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ atau $10 - 250 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (saat preliminary). Sebagai awal, untuk perhitungan ini dipilih harga $U = 25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Jumlah tubes (N) yang diperlukan bagi spesifikasi design tersebut di atas dapat diperoleh dari persamaan 2 tentang luas permukaan perpindahan panas total, A_{total}

$$A_{total} = \pi d_o L N \tag{7}$$

Sementara itu, luas permukaan perpindahan panas dapat diperoleh dari persamaan 1 tentang laju pertukaran energi panas di dalam alat penukar kalor.

$$Q = U A_{total} L T M D \tag{8}$$

Maka dengan menggunakan

$$Q = Q_h = Q_c = 14379,2 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 14379,2\text{W} \tag{9}$$

Dipilih $U = 25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, karena untuk harga koefisien global perpindahan panas dari pasangan fluida panas dan fluida dingin dari dalam tube atau diluar tube memberikan harga sekitar antara $15 - 70 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ atau $10 - 250 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (saat preliminary). Dengan $LMTD = 274,85 \text{ K}$, diperoleh :

$$A_{total} = \frac{Q}{U \cdot L T M D} = 3.25\text{m}^2 \tag{10}$$

Kemudian, dengan $d_o = 0.02667 \text{ m}$, dan $L = 4 \text{ m}$ maka diperoleh jumlah tubes yang diperlukan, $N = A_{total} / \pi d_o L = 6$ tubes.

Koefisien global perpindahan panas bagi kedua aliran fluida di dalam alat penukar kalor, U dapat diestimasi menggunakan persamaan:

$$\frac{1}{U} = \frac{A_o}{h_i A_i} + \frac{A_o \ln(\frac{d_o}{d_i})}{2 K L N} + \frac{1}{h_o} + \frac{A_o R_{fi}}{A_i} + R_{fo} \tag{11}$$

Selanjutnya, dengan menggunakan harga-harga berbagai parameter yang telah dihitung sebelumnya, dan menurut saran tabel TEMA: R_{fi} untuk aliran air di dalam pipa, dipilih = $0.000449 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, R_{fo} untuk aliran gas buang di bagian shell, dipilih = $0.000176 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, maka diperoleh harga koefisien global, $U = 24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Koefisien global perpindahan panas hasil perhitungan menggunakan berbagai persamaan di atas yang sifatnya pendekatan memberikan harga sebesar $U = 24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Sedangkan di awal perhitungan, sewaktu akan menghitung luas permukaan perpindahan panas (dimensi alat), telah dipilih harga awal koefisien global perpindahan panas sebesar $U = 25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Perbedaan di antara kedua harga tersebut adalah:

$$\frac{U_{akhir} - U_{awal}}{U_{awal}} \cdot 100\% = 4\% \tag{12}$$

Jadi pemilihan harga $U = 25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ pada awal perhitungan dapat dikatakan masih dalam batas-batas yang wajar, yaitu memberikan harga perbedaan masih di bawah 10 %. Artinya dimensi alat hasil perhitungan design tersebut di atas yaitu $N = 6$ tubes sudah cukup baik.

Pada awal pengoperasian, kondisi permukaan perpindahan panas di dalam APK masih dalam keadaan bersih sehingga.

Kemudian, dengan berjalannya waktu pengoperasian pengotoran permukaan akan terjadi dan tebal lapisan fouling akan bertumbuh secara bertahap.

PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

APK yang menjadi objek studi prediksi performancenya akan dioperasikan pada kondisi di mana temperatur dan laju aliran fluida panasnya ditetapkan sama dengan harga temperatur dan laju aliran fluida panas yang ada pada perancangannya, yaitu $T_{hi} = 400^{\circ}\text{C} = 673\text{ K}$ dan $m_h = 3,03\text{ kg/s}$.

TABEL I
HASIL PREDIKSI PERFORMA APK/HE YANG DIRENCANAKAN

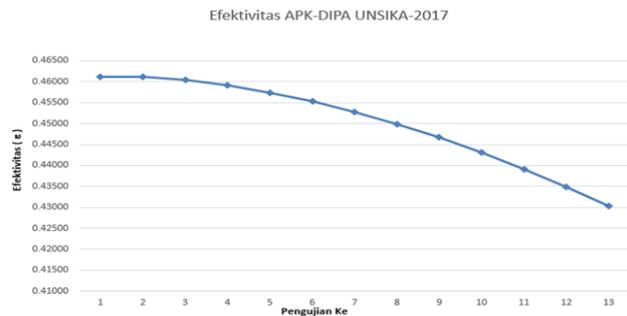
t	U (W/(K.m ²))	C	Q _{max} (Watt)	NTU	ε	Q _{act} (Watt)	T _{co} (K)	T _{ho} (K)
0	25.000	1.000533	31099.20	0.625	0.462	14343.548	473	667.40
1	24.967	1.000533	31099.20	0.624	0.461	14343.548	473	667.40
2	24.902	1.000533	31099.20	0.623	0.460	14316.965	472	667.41
3	24.806	1.000533	31099.20	0.620	0.459	14277.266	472	667.42
4	24.678	1.000533	31099.20	0.617	0.458	14224.660	471	667.44
5	24.521	1.000533	31099.20	0.613	0.455	14159.422	470	667.47
6	24.335	1.000533	31099.20	0.609	0.453	14081.889	469	667.50
7	24.121	1.000533	31099.20	0.604	0.450	13992.454	468	667.53
8	23.881	1.000533	31099.20	0.598	0.447	13891.567	467	667.57
9	23.617	1.000533	31099.20	0.591	0.443	13779.724	466	667.62
10	23.330	1.000533	31099.20	0.584	0.439	13657.467	464	667.67
11	23.022	1.000533	31099.20	0.576	0.435	13525.371	463	667.71
12	22.696	1.000533	31099.20	0.568	0.430	13384.043	461	667.77

Temperatur dan laju aliran fluida pendinginnya juga akan dioperasikan sebesar harga temperatur dan laju aliran fluida pendingin yang ada pada perancangannya, yaitu $T_{ci} = 28^{\circ}\text{C} = 301\text{ K}$ dan $m_c = 0.02\text{ kg/s}$.

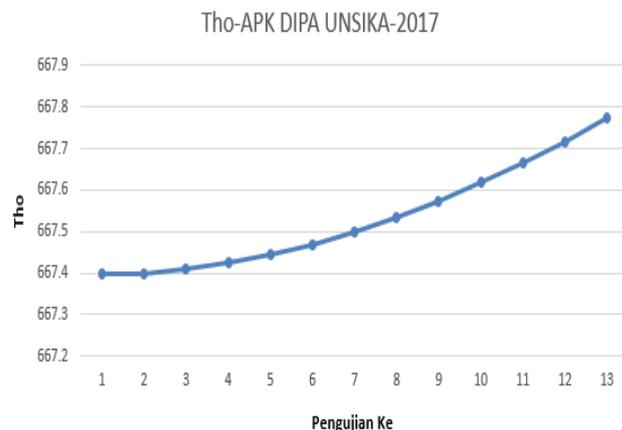
Fokus perhitungan prediksi performance APK adalah pada harga temperatur aliran fluida panas dan temperatur aliran fluida pendingin saat keluar APK fungsi dari waktu pengoperasiannya, yang berarti fungsi dari kenaikan harga tahanan termal fouling.

Harga tahanan termal fouling total bagi kedua fluida kerja yang telah dipilih saat perhitungan perancangan adalah sebesar $0.000625\text{ m}^2\text{K/W}$. (R_{fi} untuk aliran air di dalam pipa, dipilih = $0.000449\text{ m}^2\text{K/W}$ dan R_{fo} untuk aliran gas panas di bagian shell, dipilih = $0.000176\text{ m}^2\text{K/W}$). Pada saat mulai dioperasikan dimensi utama APK adalah equivalen dengan luas permukaan, $A = 3.249802259\text{ m}^2$. Kondisi permukaan perpindahan panasnya dalam keadaan bersih, sehingga $U = U_{\text{clean}} = 25\text{ W/m}^2\text{K}$. Hasil dari prediksi Performance untuk APK/HE yang direncanakan adalah dalam bentuk Tabel I.

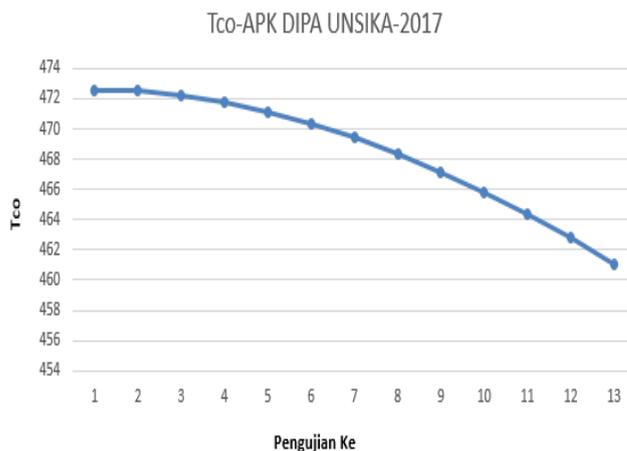
Kemudian, dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 5 Grafik profil efectivitas (ε) APK-DIPA UNSIKA-2017 hasil prediksi performa



Gambar 6 Grafik profil temperature gas buang keluar APK (Tho) APK-DIPA UNSIKA-2017 hasil prediksi performa



Gambar 7 Grafik profil temperature air keluar APK (Tco) APK-DIPA UNSIKA-2017 hasil prediksi performa

Pada grafik terlihat, pada saat awal pengujian ($t=0$) harga efektivitas sebesar $\epsilon = 0,46165$ saat kondisi APK dalam keadaan bersih (clean), setelah APK beroperasi (pada saat $t=t_1$ sampai dengan $t=t_{13}$) efektivitasnya berkurang atau performanya menurun dan pada akhir pengujian sebesar $\epsilon = 0,43037$, hal ini diakibatkan oleh pertumbuhan factor pengotor yang seiring dengan lamanya APK beroperasi, semakin lama APK beroperasi kotoran semakin mengendap dan menempel di permukaan tube bagian dalam sehingga tahanan termal pengotor ($\sum R_f$) semakin besar, dan harga maksimumnya adalah $\sum R_f = 0,000625\text{ (m}^2.\text{K)/Watt}$. Penurunan

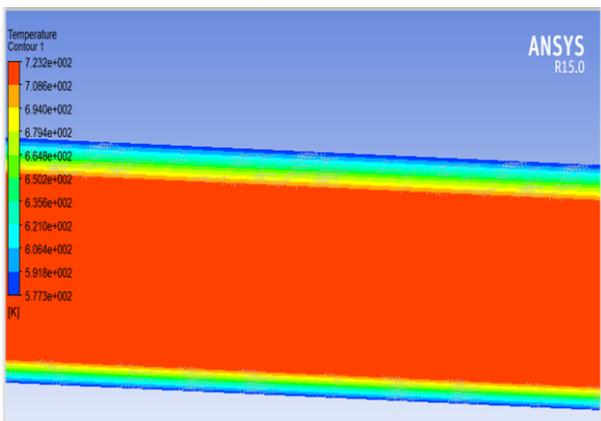
PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

performa APK diatas ditandai dengan peningkatan kenaikan temperature gas panas keluar APK (Tho) dengan harga maksimum $T_{ho}=667,7726$ K, begitu juga dengan temperature air keluar APK (T_{co}), jika harga T_{co} semakin menurun maka performanya berkurang untuk APK ini, dan harga terkecil yang dicapai pada kondisi ini adalah $T_{co}=461$ K.

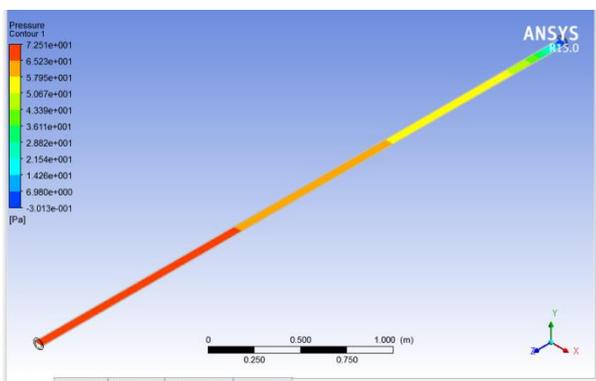
Penurunan performa APK selama beroperasi adalah sebagai indikasi, apakah performanya perlu ditingkatkan atau distandarkan kembali ke kondisi awal yaitu dengan melakukan kegiatan cleaning APK yang berkala, sehingga dengan kondisi bersih terus APK performanya akan terjaga pada kisaran harga $\varepsilon=0,46165$ (sama dengan saat awal dioperasikan).

Kekuatan APK/HE adalah parameter perencanaan yang perlu diperhitungkan, hal ini untuk mencegah terjadinya kegagalan material yang dipakai pada saat dikenai beban operasional. Secara teoritik, berdasarkan beban yang terjadi pada APK/HE dan bahan yang dipilih adalah SUS304 atau SA304 dengan kekuatan sebesar 517 MPa, Untuk Bagian Shell dan Tube Allowable stress (σ_B) dengan Safety Factor $n=4$ sebesar : $\sigma_B = 129$ MPa, dengan harga ini kondisi APK/HE masih aman terhadap beban mekanik operaional yang ada.

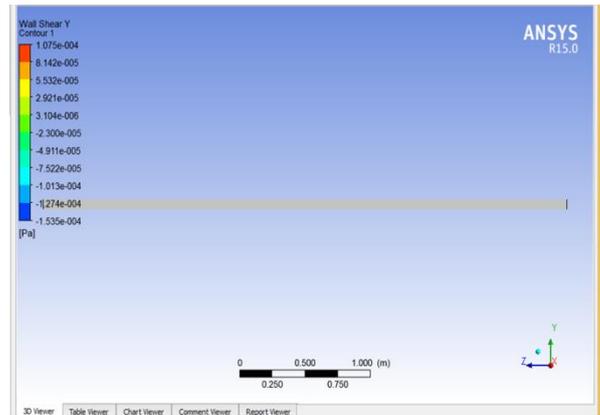
Sebagai bahan perbandingan, telah dilakukan simulasi dengan Software Ansys yang hasilnya sebagai berikut :



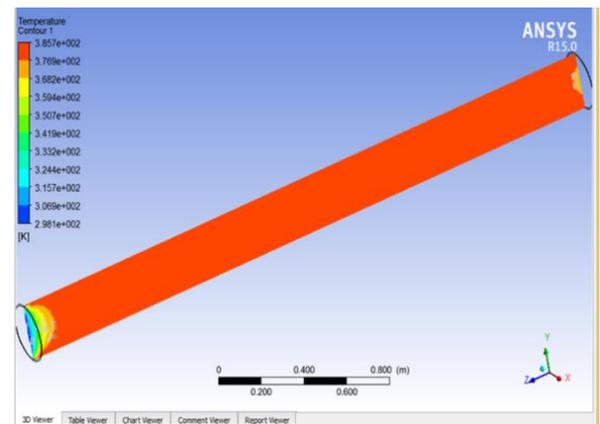
Gambar 8 Distribusi temperature diseluruh bagian shell



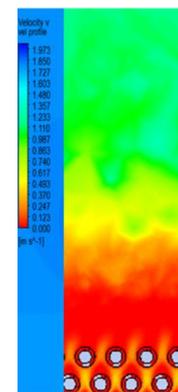
Gambar 9 Distribusi Tekanan Pada bagian shell



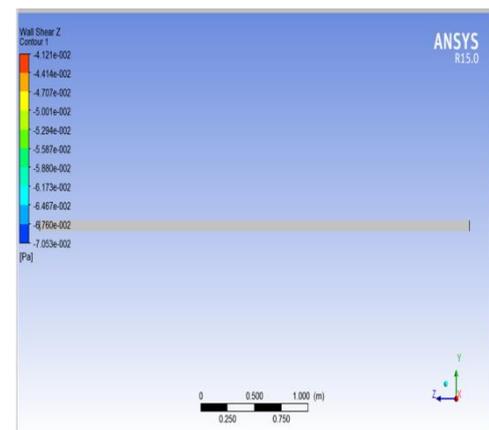
Gambar 10 Distribusi tegangan geser pada bagian shell arah Y dan X



Gambar 11 Distribusi Temperatur pada tube



Gambar 12 Distribusi kecepatan aliran gas pada pipa



Gambar 13 Distribusi tegangan geser pada Tube

PERENCANAAN ALAT PENUKAR KALOR UNTUK PENGERING KAIN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI GAS BUANG MESIN DIESEL

Spesifikasi yang lengkap untuk Heat Exchanger atau Alat Penukar Kalor (APK) yang direncanakan adalah ditabelkan sebagai berikut.

TABEL II
SPESIFIKASI APK/HE DIPA UNSIKA 2017

N o	Nam e	Flui d	Flo w (kg/s)	T _{in} (°C)	T _{ou} (°C)	Materia l	Size	Q't y
1	Shell	Gas	3,03	40	0	Steel- chrome -nickel	Pipa (ANSI) 8" : 4000mm x 405mm x 786mm	1
2	Tube	Air	0,02	28	20	Steel- chrome	Pipa (ANSI) 1" , Panjang : 4000mm x 33,4mm x 33,4mm	6
3	Cup- in	Air	0,02	28	20	Chrom e steel	410mmx405mmx219 mm Nosel : 4"	1
4	Cup- out	Air	0,02	28	20	Chrom e-steel	410mmx405mmx219 mm Nosel : 4"	1
5	Dimensi keseluruhan (overall dimensions) (PxLxT)						4800mm x 219mm x 410mm	
6	Jenis Aliran						Counter flow	
7	Tube-Lay out						In-line	
8	Jarak antar tube						2,5 "	

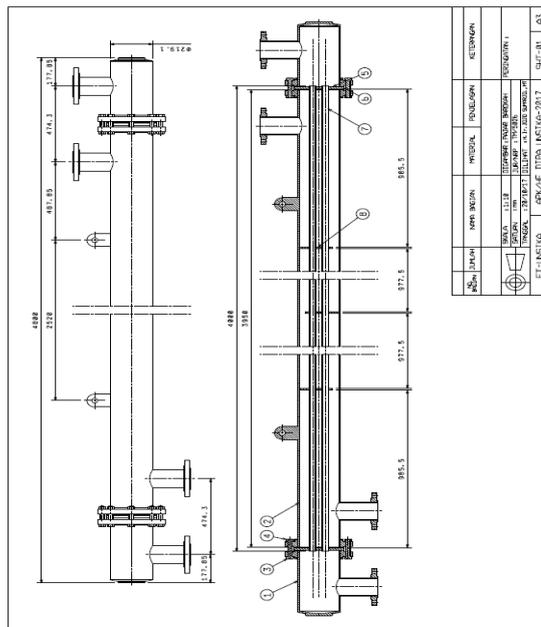
Gambar 13 adalah Drawing yang lengkap untuk APK/HE yang direncanakan :

Selain energi listrik di PT. XXX tersebut, sector utility yang dipakai untuk yang dipakai untuk proses pengeringan kain adalah air dan uap (steam). Uap atau steam adalah paling dominan dipakai, karena uap adalah fluida atau media yang kandungan energi panasnya cukup tinggi , dan energi yang dipakai untuk proses pengeringan adalah energi panas.

Aktualnya, steam generator (boiler) atau pembuat uap yang dipakai di Perusahaan tersebut bisa memproduksi uap sebesar 4,5 ton/hari dengan konsumsi bahan bakar high speed diesel (HSD) sebesar 1500 liter/hari. Kapasitas produksi sebesar itu didistribusikan ke unit-unit yang memerlukan uap atau energi panas , unit-unit itu adalah : unit pengeringan kain dan unit pencelupan. Unit pengeringan kain konsumsi uap/steamnya sebesar 1,5 ton uap/hari, dan unit pencelupan konsumsi uap/steamnya sebesar 2,5 ton/hari.

- Kebutuhan solar setiap hari untuk setiap ton uap/steam pada boiler jika tidak pakai APK/HE- DIPA UNSIKA-2017 adalah : $(1500 \text{ liter solar}) / (4,5 \text{ ton uap}) = 333,333 \text{ liter solar/ton uap. hari}$
- Kebutuhan solar untuk mesin pengering kain adalah : $(1,5 \text{ ton uap/hari}) \times (333,333 \text{ liter solar/ton uap. hari}) = 499,9995 \text{ liter solar/hari}$
- Kebutuhan solar setiap hari untuk setiap ton uap/steam pada boiler jika pakai APK/HE- DIPA UNSIKA-2017 adalah : $(1500 - 499,9995) \text{ liter solar/hari} = 1000 \text{ liter solar/hari}$

Dari pembahasan konsumsi solar diatas dengan adanya HE/APK-DIPA UNSIKA-2017 bisa mengurangi kebutuhan solar dan biaya produksi uap bisa dihemat sebesar 33,33 %.



Gambar 13 rawing yang lengkap untuk APK/HE yang direncanakan

IV. KESIMPULAN

Selain energi listrik, sector utility yang dipakai untuk yang dipakai untuk proses pengeringan kain adalah air dan uap (steam). Uap atau steam adalah paling dominan dipakai, karena uap adalah fluida atau media yang kandungan energi panasnya cukup tinggi , dan energi yang dipakai untuk proses pengeringan adalah energi panas.

Aktualnya, steam generator (boiler) atau pembuat uap yang dipakai di PT. XXX Industri textile Bandung bisa memproduksi uap sebesar 4,5 ton/hari dengan konsumsi bahan bakar high speed diesel (HSD) sebesar 1500 liter/hari. Kapasitas produksi sebesar itu didistribusikan ke unit-unit yang memerlukan uap atau energi panas, unit-unit itu adalah : unit pengeringan kain dan unit pencelupan. Unit pengeringan kain konsumsi uap/steamnya sebesar 1,5 ton uap/hari, dan unit pencelupan konsumsi uap/steamnya sebesar 2,5 ton/hari.

Berdasarkan pembahasan pada laporan ini dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

Berdasarkan konsumsi uap pada unit pengering kain sebesar 1,5 ton uap/hari pada tekanan 1,5 MPa dan temperature 200°C, dan dengan memanfaatkan utilitas (air) lain yang ada di perusahaan tersebut, serta dengan memanfaatkan energi panas dari gas buang mesin diesel, telah direncanakan sebuah Heat Exchanger (HE) atau APK (Alat Penukar Kalor) untuk memproduksi uap yang akan ditransfer ke unit pengering kain, sehingga unit pengering kain tersebut kebutuhan steamnya tidak disupply lagi dari unit boiler. HE/APK yang direncanakan tersebut adalah jenis shell and tube, dengan air pada sisi tube dan gas panas (gas buang dari mesin diesel) pada sisi shell. Pada sisi tube, laju aliran air yang masuk HE/APK adalah 0,02 kg/s pada temperature 28°C dan tekanan 1,5 MPa dengan temperatur keluar direncanakan pada 200°C. Pada sisi shell, laju aliran gas panas (gas buang dari mesin diesel) adalah

