



Perancangan Penukar Panas Aliran Silang Untuk Produksi Jamur Merang

Willy Achmad Wildan F¹, Oleh², Iman Dirja³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Universitas Singaperbangsa Karawang

Abstract

Received: 14 Agustus 2022

Revised: 18 Agustus 2022

Accepted: 24 Agustus 2022

Preheater is one form of heat exchanger which serves to heat the working fluid to be fed to the next heating arrangement. Generally the source of thermal energy used is exhaust gas that still has a high temperature obtained from the previous heating system. The amount of heat flow rate given by the hot gas to the water in the pipe is able to provide hot water supply. Construction planning preheater made such use LMTD approach and effectiveness as well as the integrated CFD simulation on Ansys15.4, so it can be seen that the performance of the tool. The final results of modeling provide flow and temperature distribution occurs in the heat exchanger. The capitalization use 3D steady flow by choosing K-ε turbulence modeling standards as well as to enable the energy equation. Data inputs are incorporated into the application is the result of measurements and calculations done before.

Keywords: Finger Painting, Menulis Permulaan, Anak Usia Dini

Corresponding :

willyawf96@gmail.com

How to Cite: Wildan F, W., Oleh, O., & Dirja, I. (2022). Perancangan Penukar Panas Aliran Silang untuk Produksi Jamur Merang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(17), 541-548. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7080961>.

PENDAHULUAN

Jamur merang adalah salah satu tanaman pangan yang dihasilkan dengan penanaman bibit jamur dalam ruang terisolasi. Proses ini ini membutuhkan uap air yang banyak dan teratur dalam setiap waktunya agar memberikan hasil panen yang baik. Umumnya uap air dihasilkan dari generator uap yang ditempatkan pada bagian luar dinding isolasi. Pembangkitan uap dengan generator uap dilakukan secara konvensional yaitu dengan memanaskan air dalam drum air yang disusun di atas pemanggang api. Uap yang dihasilkan selanjutnya akan didistribusikan kedalam ruang isolasi menggunakan pipapipa penyalur.

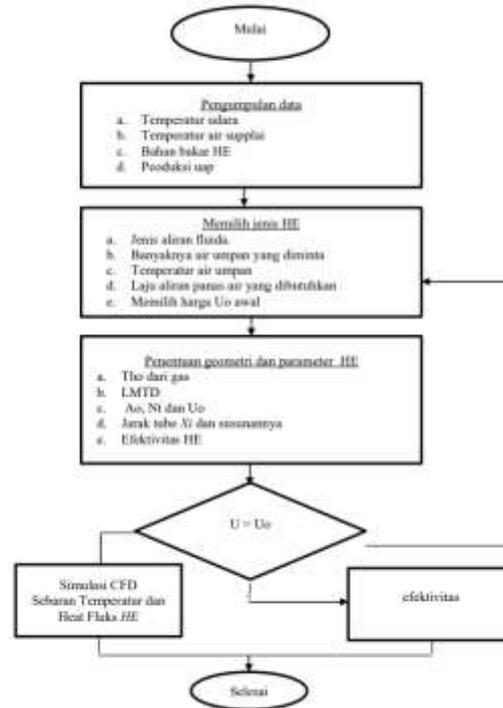
Bahan bakar HE menggunakan pembakaran kayu bekas dengan udara sekeliling di ruang pembakaran generator. Temperatur gas hasil pembakaran yang keluar berdasarkan pengukuran memiliki temperatur adalah 230oC. Gas panas dengan temperatur 230oC tersebut dengan laju aliran gas yang cukup dapat digunakan untuk memanaskan air suplay yang mengalir dalam pipa. Air suplay adalah air cadangan yang dipakai pada saat proses pengabutan ruang isolasi. Volume air dalam drum akan berkurang karena sebageian uap dialirkan kedalam ruang tersebut. Sehingga perlu tambahan air yang akan dipakai sebagai uap air.

Proses pemanasan air dalam pipa-pipa yang dipasang pada HE memberikan proses pembuatan uap yang cukup besar. Uap yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai penyemaian jamur. Pada penelitian ini penulis akan merencanakan HE aliran silang sebagai produksi uap pada jamur merang.



METODE

Dalam perancangan penukar panas pada penelitian kali ini berikut merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Rancangan Konseptual Mesin Pengering

Dalam membuat model untuk simulasi maka diperlukan aplikasi yang mendukung untuk sistem tersebut. Salah satu aplikasi yang memiliki kemampuan hal tersebut adalah CFD yang terintegrasi dari produk Ansys 14.5. Pada aplikasi ini tersedia output yang dibutuhkan untuk berbagai problem, terutama bidang engineering, salah satunya adalah CFD yang mampu mensimulasikan fluida statik maupun dinamik.

Urutan untuk membuat sebuah penyelesaian menggunakan aplikasi ini terdiri atas :

1. Membuat skematik aplikasi yang akan digunakan
2. Membuat atau membangun geometri
3. Membuat diskritisasi elemen-elemen dalam bentuk mesh
4. Membuat batasan dan inisialisasi part.
5. Memilih material dan model matematik yang dipakai
6. Grafik atau animasi hasil perhitungan

Urutan-urutan diatas merupakan aplikasi-aplikasi yang sudah terintegrasi dalam Ansys 14.5. Penggunaan aplikasi dimulai dari no 1 sampai 6 secara

simultan dan komprehensif. Sebelum memulai menjalankan Ansys 14.5, data-data hasil perhitungan excel disiapkan terlebih dahulu mulai dari geometri saluran gas buang, jumlah pipa yang dipakai, susunan pipa dengan Xi dan Xt, temperatur gas buang serta temperatur air masuk, kecepatan dan laju aliran fluida-fluida yang dipakai serta material pipa yang digunakan. seperti dalam lampiran.

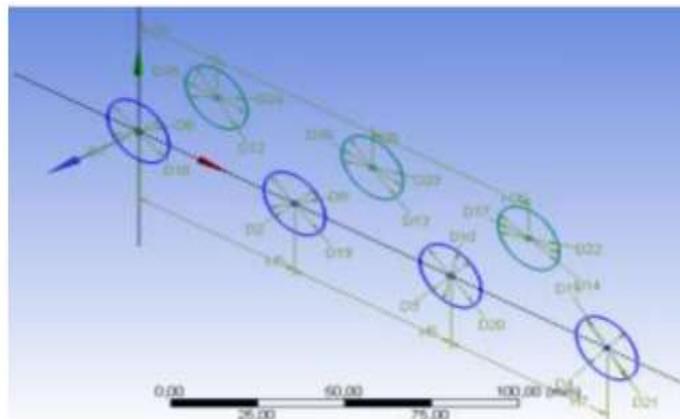
Berikut adalah urutan membuat strategi dan hasil dari pemodelan menggunakan Ansys 14.5.

a. Skematik aplikasi, *Workbench*

Adalah memilih disiplin ilmu yang akan digunakan dalam sistem yang dianalisa. Kombinasi beberapa disiplin ilmu memberikan kompleksitas dari masalah yang dianalisa. Pada penelitian ini penulis menggunakan *Fluid Flow (Fluent)* .

b. Design Modeler

Design Modeler adalah aplikasi yang digunakan untuk membuat model sistem yang dianalisa. Model dapat dibuat sesuai dengan aslinya atau dengan skala yang berbeda. Hasil dari aplikasi ini adalah berupa geometri yang sesuai dengan sistem yang akan dianalisa. Berikut adalah hasil model dengan menggunakan *Design Modeler* untuk HE yang dibuat dengan panjang pipa $L_c = 95$ cm, diameter dalam pipa $D_i = 24,4$ mm dan diameter luar pipa $D_o = 25,4$ mm. Sedangkan jarak antar tube dalam arah mendatar adalah 38,1 mm. Ukuran *Shell* sama dengan aliran lintasan udara hasil perhitungan yaitu 95 cm dan 265,4 mm. Langkah awal adalah membuat gambar skets menggunakan *circle* membuat elemen air dan pipa



Gambar 2. Sket model *HE Cross flow*

Setelah skets untuk air dan sket untuk pipa sebanyak 5 buah selesai dibuat selanjutnya dengan menggunakan perintah *extrude* agar kedua benda tersebut mempunyai volume. Tahap terakhir adalah membuat objek gas yaitu menggunakan perintah *box*.

Pada bagian bawah shell merupakan arah aliran masuk gas (inlet gas) kedalam HE. Sedangkan bagian atas adalah aliran keluar gas dari HE. Jumlah pipa yang terpasang sebanyak $N_t = 14$ buah dengan susunan staggered dengan 1 lintasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Air

Mula-mula kondisi air yang akan dipanaskan berada pada temperatur lingkungan yaitu berkisar antara 28oC. Gas panas yang keluar melalui cerobong asap pembangkit akan memanaskan HE yang sudah berisi air. Air dalam HE akan menyerap energi panas dari gas tersebut melalui susunan pipa yang dipasang pada preheater hingga mencapai temperatur 90oC. Besarnya energi panas yang dibutuhkan untuk memanaskan air dari dua buah drum suplay adalah :

$$\begin{aligned} \dot{Q}_a &= m_a C_{pa} (T_{akhir} - T_{awal}) \\ Q_a &= 0,0118 \frac{kg}{s} \cdot 4202 \frac{kJ}{kgK} (90 - 28)^\circ C \\ &= 3073,49 \frac{J}{s} \end{aligned}$$

Hasil pengukuran kecepatan gas pembakaran yang keluar dari pembakaran menuju inlet antara 0,6 m/s dengan temperatur 220°C. Dari data parameter gas diperoleh rapat massa gas pada temperatur rata-rata tersebut adalah $\rho_g = 0,6428 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan luas penampang cerobong mempunyai ukuran :

$$\begin{aligned} A_c &= W_c L_c \\ A_c &= 0,95 \text{ m} \cdot 0,2654 \text{ m} = 0,25175 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan persamaan kontinuitas dan menganggap fluida inkompresibel maka diperoleh laju aliran massa gas yang keluar sebesar :

$$\begin{aligned} \dot{m}_g &= \rho_g V_\infty A_c \\ \dot{m}_g &= 0,6428 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,56 \frac{m}{s} \cdot 0,25175 \text{ m}^2 = 0,091 \frac{kg}{s} \end{aligned}$$

Faktor Pengotoran

Pipa yang dilewati oleh aliran gas diluar pipa dan dialiri oleh air yang mengalir dalam pipa akan mengalami pengotoran pada bagian luar dan bagian dalamnya. Besarnya resistansi untuk berbagai macam fluida sudah banyak ditabelkan

Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Global

Penentuan koefisien perpindahan panas menyeluruh U_o pada HE ditentukan setelah semua tahanan termal diketahui terlebih dahulu. Dengan menggunakan analogi rangkaian termal, maka harga U_o dapat dihitung. Di awal, penentuan luas total perpindahan panas A_o , harga U_o diasumsikan sebesar 19 W/m²K. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan awal temperatur gas yang keluar dari HE.

Analogi rangkaian termal pada HE ini merupakan rangkaian seri, maka koefisien perpindahan panas globalnya adalah :

$$U_o = \frac{1}{\frac{A_o}{A_i h_a} + \frac{A_i \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi k p L c N t} + \frac{1}{h_g} + \frac{A_o}{A_i} R_{fi} + R_{fo}}$$

$$= \frac{1}{0,003960 \frac{m^2 K}{W} + 0,039488 \frac{m^2 K}{W} + 0,000014 \frac{m^2 K}{W} + 0,000208 \frac{m^2 K}{W}}$$

$$= 22,81 \frac{m^2 K}{W}$$

Selanjutnya harga U_o tersebut di atas dimasukkan kembali untuk menentukan luas perpindahan panas total A_o . Langkah perhitungan dilakukan secara berulang-ulang sampai harga U_o konvergen dari setiap langkah yang dilakukan.

Efektivitas HE

Hasil perhitungan di atas memberikan konstruksi HE yang direncanakan. Namun efektivitas HE harus diuji berdasarkan kemampuan untuk memindahkan panas. Untuk penukar panas aliran silang dengan laju aliran kapasitas panas ditentukan dari masing-masing fluida yang digunakan. Dari hasil perhitungan di atas, laju aliran kapasitas panas untuk gas adalah :

$$C_g = \dot{m}_a C_{pa}$$

$$C_g = 0,091 \frac{kg}{s} 1039 \frac{J}{kgK} = 94,08 \frac{J}{sK}$$

Sedangkan laju aliran kapasitas panas pada air adalah:

$$C_g = 0,0118 \frac{kg}{s} 4202 \frac{J}{kgK} = 49,57 \frac{J}{sK}$$

Dilihat dari hasil perhitungan di atas, maka $C_{mak} = C_g$ dan $C_{min} = C_a$, sehingga perbandingan C adalah :

$$C = \frac{C_{min}}{C_{mak}}$$

$$C = \frac{49,57 \frac{J}{sK}}{94,08 \frac{J}{sK}} = 0,53$$

Sedangkan untuk *Number Transfer Units* NTU adalah:

$$NTU = U_o \frac{A_o}{C_{min}} = 22,81 \frac{W}{m^2 K} \frac{1,2141 m^2}{94,08 \frac{J}{sK}} = 0,559$$

Untuk aliran silang dengan C_{maks} bercampur dan C_{min} tidak bercampur, maka efektivitas HE adalah :

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{C}\right) (1 - \exp(-C))(1 - e^{-NTU}) = 38\%$$

Hasil perhitungan di atas dapat dilihat pada halaman lampiran dalam format excel.

Laju Aliran Massa Hasil Simulasi CFD

Berdasarkan hasil perhitungan awal laju aliran massa untuk gas adalah $m_g = 0,091$ kg/s dan laju aliran massa air adalah $m_a = 0,01180$ kg/s. Hasil dari simulasi CFD memberikan nilai sebagai berikut :

Untuk gas :

Mass Flow Rate (kg/s)

inlet_gas	0.082006931
outlet_gas	-0.082008347
Net	-1.4156103e-06

Perbedaan dengan hasil perhitungan adalah :

$$\Delta m_g = \frac{0,091 - 0,082}{0,082} 100 = 10,9\%$$

Mass Flow Rate(kg/s)

inlet_water	0.012014643
outlet_water	-0.012014645

Net	-1.8626451e-09
-----	----------------

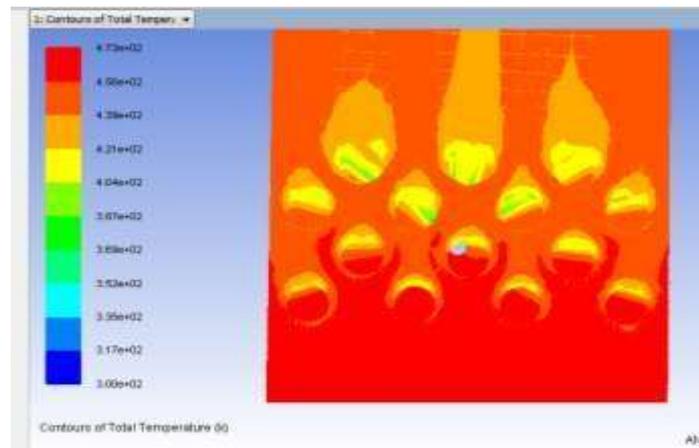
$$\Delta m_a = \frac{0,0118 - 0,012}{0,012} 100 = -1,6\%$$

Distribusi Temperatur Hasil Simulasi CFD

Distribusi pada aliran gas

Distribusi temperatur gas yang mengalir dalam saluran gas buang hasil simulasi

memberikan kontur garfis sebagai berikut :



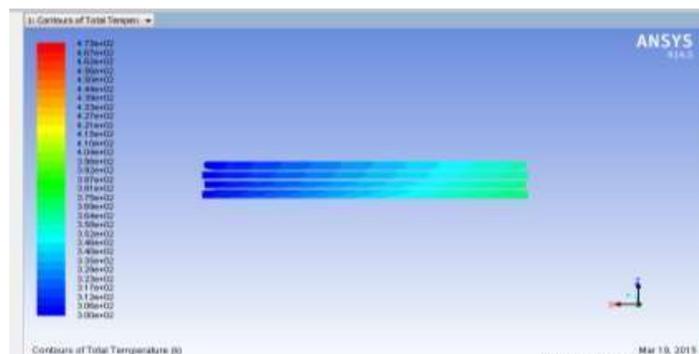
Gambar 3 Distribusi temperatur gas dalam shell

Temperatur pada bagian atas setelah melewati susunan pipa mengalami penurunan sebesar 456 K. Dari target perhitungan bahwa tempertaur gas keluar adalah $Tho = 467,2$ K

$$\Delta Tho = \frac{467,2 - 456}{456} \% = 2,4\%$$

DISTRIBUSI PADA TEMPERATUR AIR DALAM PIPA

Distribusi temperatur pada susunan pipa tidak seragam, pada susunan bagian bawah mengalami temperatur panas yang lebih besar. Kontur grafis hasil simulasi CFD sebagai berikut :



Gambar 4 Distribusi temperaur air dalam pipa

Temperatur air masuk T_{ci} seragam sebesar 28°C sedangkan temperatur air keluar T_{co} sebesar 364 K target sebesar 363 K

$$\Delta T_{co} = \frac{364 - 363}{363} \% = 0,27\%$$

KESIMPULAN

1. HE dirancang mempunyai dimensi panjang = 95 cm dan lebar 265,4 mm dan tinggi 400 mm
2. Temperatur air keluar HE $T_{co} = 91^{\circ}\text{C}$
3. Luas perpindahan panas total $A_o = 1,0057\text{ m}$, jumlah tube = 14, dan susunan pipa straggerred.
4. Diametr pipa $D_o = 0,0254\text{ m}$, dengan panjang $L_c = 0,95\text{ m}$
5. Bentuk shell disesuaikan dengan cerobong gas buang.
6. Efektivitas penukar panas 0,34

SARAN

Efektivitas penukar panas dapat ditingkatkan dengan mengatur arah kecepatan aliran gas keluar cerobong atau dengan menambahkan sirip di pipa

REFERENSI

- Holman, J.P, Jasfi, Perpindahan kalor, Edisi ke Enam, Erlangga, Jakarta, 1986.
Kreit, Frank, Perpindahan Panas, Third Edition, Mc Graw-Hill, New York, 1994
Perkins dan Reynolds, Harahap, Filino , Termodinamika Teknik, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1991
Totten, G.E. and Rudnev, Induction Heating and Heat Treatment, Volume 4C, ASM, Handbook.
White, Frank, M, Fluid Mekanika, Mc Graw Hill, USA, 1994