

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN *IMPINGEMENT PLATE* TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA ZONA *DESUPERHEATING HIGH PRESSURE HEATER*

Ibnu Syaifullah Prasetyo¹⁾, Arrad Ghani Safitra¹⁾, dan Joke Pratilastiarso¹⁾

¹ Sistem Pembangkit Energi, PENS, Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111
E-mail: ibnusp10@gmail.com

Abstract

High Pressure Heater (HPH) are tools that used to improve the efficiency of boiler. HPH utilizes hot steam from turbine extraction as heating medium before entering into the Economizer in boiler. In the industry, High Pressure Heater is one of the tools that includes a Heat exchanger. To prevent from several problems, some of the industries applying a plate that called impingement plate. This plate placed on the shell side Steam inlet of High Pressure Heater with the function to protect the tube facing the directly the shell side input flow. To know the effect of the impingement plate to heat transfer, the problem will be simulated using CFD software in 2D. From the simulation results are known that after the addition of the impingement plate, the heat transfer occurs decrease about 9.024%. Then from the sample of pressure taken from the tube A, tube B, tube C is known that the use of the impingement plate caused the pressure drop on the tube A by 7.27%, tube B by 64.45%, and tube C by 20.7%.

Keywords: *High Pressure Heater, Desuperheating Zone, Impingement Plate, CFD*

Abstrak

High Pressure Heater (HPH) merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi boiler. HPH memanfaatkan uap panas hasil ekstraksi turbin sebagai media pemanas sebelum masuk menuju economizer pada boiler. Di dunia industri, High Pressure Heater (HPH) merupakan salah satu alat yang termasuk alat penukar kalor atau yang diistilahkan dengan Heat Exchanger (HE). Untuk mencegah beberapa kegagalan pada tube beberapa industri mengaplikasikan plat yang disebut Impingement Plate pada sisi inlet steam high pressure heater. Plat tersebut diletakkan pada steam inlet sisi shell dari High Pressure Heater dengan fungsi melindungi tube yang menghadap langsung aliran masukan sisi shell. Untuk mengetahui pengaruh penambahan impingement plate terhadap perpindahan panas yang terjadi pada zona desuperheating, maka dilakukan simulasi menggunakan software CFD. Dari hasil simulasi menggunakan software CFD diketahui bahwa setelah penambahan impingement plate, perpindahan panas yang terjadi turun sekitar 9,024% jika dibandingkan dengan tanpa impingement plate. Kemudian dari sampel tekanan yang diambil dari tube a, tube b, tube c diketahui bahwa penggunaan impingement plate menyebabkan penurunan tekanan pada tube a sebesar 7,27%, tube b sebesar 64,45%, dan tube c sebesar 20,7%.

Kata Kunci: *High Pressure Heater, Desuperheating Zone, Impingement Plate, CFD*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia. Proses pembangkitan energi listrik pada PLTU dipengaruhi oleh beberapa komponen utamanya, diantaranya boiler, kondensor, turbin

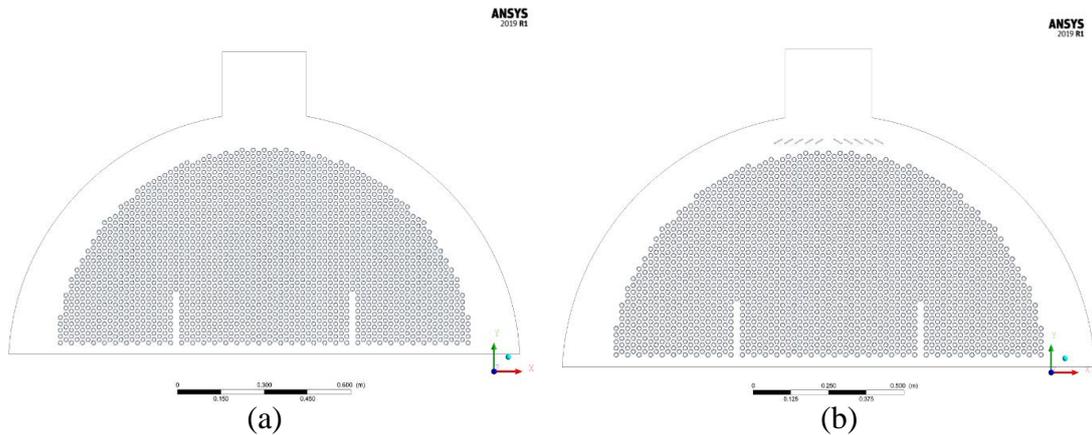
dan generator. Pada prosesnya, air masuk menuju boiler untuk dipanaskan sampai menjadi uap kering. Uap kering tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator sehingga menghasilkan energi listrik.

High Pressure Heater (HPH) merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi boiler. HPH memanfaatkan uap panas hasil ekstraksi turbin sebagai media pemanas sebelum masuk menuju economizer pada boiler. Di dunia industri, *High Pressure Heater (HPH)* merupakan salah satu alat yang termasuk alat penukar kalor atau yang diistilahkan dengan *Heat Exchanger (HE)*. *Heat exchanger* merupakan sebuah alat yang berfungsi sebagai penukar kalor antara dua fluida yang memiliki temperatur berbeda dan dipisahkan oleh dinding solid (Incropera et al., 2007). Beberapa tipe heat exchanger yang sering digunakan diantaranya *Shell and Tube Heat Exchanger* dan *Double Pipe Heat Exchanger*.

Untuk mencegah beberapa permasalahan akibat *inlet steam* yang menabrak *tube*, beberapa industri mengaplikasikan plat yang disebut *Impingement Plate*. Plat tersebut diletakkan pada *steam inlet* sisi *shell* dari *High Pressure Heater* dengan fungsi melindungi tube yang menghadap langsung aliran masukan sisi *shell* (Al-Anizi & Al-Otaibi, 2009). Dengan diaplikasikannya plat tersebut dapat mengurangi dampak dari penipisan dinding tube akibat aliran inlet steam *High Pressure Heater* yang tinggi. Dari simulasi ini digunakan untuk mengamati dampak dari pemasangan *impingement plate* dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Kemudian diharapkan dapat mengamati perpindahan panas yang terjadi pada *High Pressure Heater* dengan penambahan ataupun tanpa *Impingement Plate*.

METODE PENELITIAN

Pada studi numerik dengan metode CFD, tahap pertama yaitu preprocessing terdiri dari pembuatan geometri. Kemudian geometri diimport ke dalam *ANSYS Workbench 19 R1*. Pada penelitian ini digunakan geometri *High Pressure Heater* pada bagian zona *desuperheating* secara 2D. Perancangan awal pemodelan zona *desuperheating* dilakukan tanpa adanya *impingement plate*. Sedangkan untuk geometri *impingement plate* mengacu pada jurnal Maurya & Singh, 2017. Berikut merupakan geometri zona *desuperheating* yang telah digambarkan.



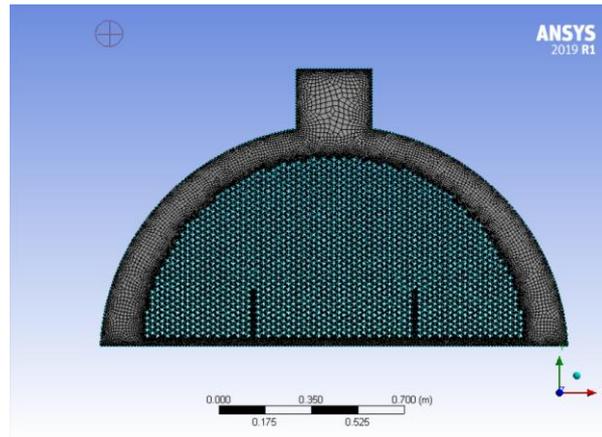
Gambar 1. Geometri zona *desuperheating High pressure Heater* (a) tanpa *impingement plate* (b) dengan *impingement plate*

Kemudian setelah melakukan dilakukan *meshing*. Meshing dilakukan untuk membuat domain menjadi beberapa sel yang lebih kecil untuk mempermudah proses komputasi. Untuk mengetahui bahwa hasil komputasi yang telah dilakukan sudah baik, maka perlu dilakukan *grid independence*. Tabel 1 merupakan hasil proses dari *grid independence* yang telah dilakukan. Dari tabel 1, dipihlah element 157.836 dikarenakan eror temperatur *output* yang dihasilkan kecil. Kemudian dari *element* tersebut memiliki kualitas yang bagus, dimana *skewness* bernilai 0.203 dan *orthogonal* bernilai 0,947.

Tabel 1
Grid Independence

Element	Temperatur (K)
157836	553.4
327959	553.9209
582679	550.2253
697992	550.696

Kemudian masuk ketahap processing digunakan model *viscous steady state* dengan persamaan *standard k-ε* dan mengatur kondisi inlet sebagai *mass flow inlet* (31,905 kg/s) sedangkan untuk *outflow* diatur sebagai *outflow*.



Gambar 1. Meshing pada zona desuperheating

Pada proses postprocessing, dilakukan pengambilan data yang diambil berupa kontur tekanan, kontur kecepatan, vektor kecepatan, selisih kecepatan masuk dan keluar turbin, selisih tekanan masuk dan keluar turbin, serta torsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui performa dari *heat exchanger*, diperlukan juga untuk menghubungkan laju perpindahan panas dengan data seperti temperatur fluida pada *inlet* maupun *outlet*. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan buku *Fundamental of Heat and Mass Transfer* (Incropera et al., 2007). Dengan mengabaikan energi potensial dan energi kinetik, maka persamaan laju perpindahan panas dinyatakan seperti berikut.

$$q = \dot{m}_n(i_{h,i} - i_{h,o})$$

Dengan i merupakan entalpi fluida. Kemudian karena pada simulasi tidak terjadi perubahan fasa dan nilai C_p adalah konstan, maka persamaan laju perpindahan panas dinyatakan sebagai berikut.

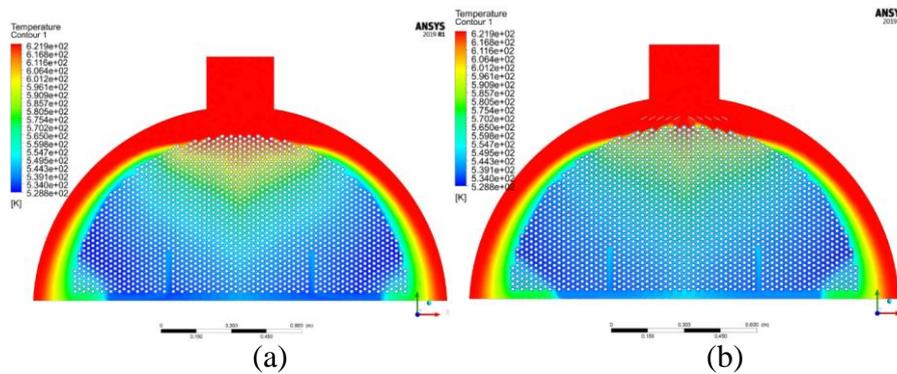
$$q = \dot{m}_n \cdot C_p (T_{h,i} - T_{h,o})$$

Tabel 2
 Data hasil perhitungan

	\dot{m} (kg/s)	C_p (J/kg K)	T_i (K)
Tanpa <i>Impingement Plate</i>	31,905	4.737,816	622,82
Dengan <i>Impingement Plate</i>	31,905	4.737,816	622,82

	T_o (K)	ΔT (K)	q (W)	ΔP (Pa)
Tanpa <i>Impingement Plate</i>	553,4	69,42	10.493.528,6	28.211,28
Dengan <i>Impingement Plate</i>	559,665	63,155	9.546.511,03	30.040,16

Pada tabel 2 data hasil perhitungan, terlihat bahwa dengan penambahan *impingement plate* menyebabkan penurunan nilai laju perpindahan panas, dimana dengan penambahan *impingement plate* nilai q sebesar 9.546.511,03 W, sedangkan tanpa *impingement plate* nilai q sebesar 10.493.528,6 W. Hal tersebut dikarenakan pada penggunaan *impingement plate* aliran uap ekstraksi akan diarahkan sehingga tidak langsung menabrak susunan *tube* dan mengurangi kontak uap ekstraksi dengan *tube*. Dengan berkurangnya kontak antara uap ekstraksi dengan *tube* maka nilai ΔT akan berkurang. Hal ini sesuai dengan teori, dimana nilai laju alir dan juga nilai C_p yang konstan, maka nilai q bergantung pada beda nilai temperatur (ΔT). Maka semakin besar nilai ΔT menyebabkan nilai q yang dihasilkan semakin meningkat, dan juga sebaliknya ketika semakin kecil nilai ΔT menyebabkan nilai q yang dihasilkan semakin kecil.

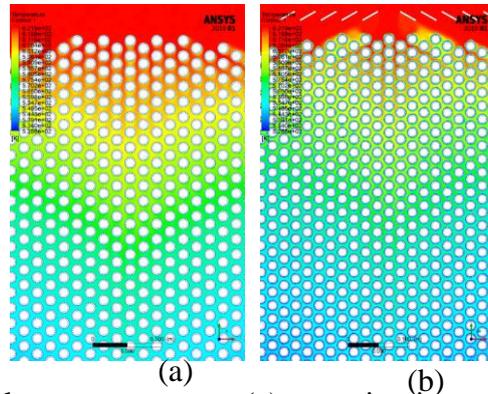


Gambar 3. (a) Kontur temperatur tanpa *impingement plate* (b) Kontur temperatur dengan *impingement plate*

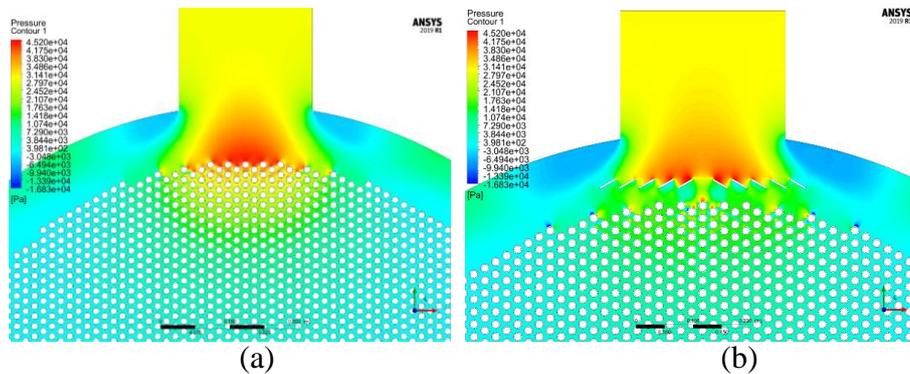
Pada gambar 3 menunjukkan kontur temperatur pada zona *desuperheating* sebelum dan sesudah ditambahkan *impingement plate*, dimana uap ekstraksi turbin yang ditandai dengan kontur berwarna merah masuk dan terdistribusi melewati celah antara sisi *shell* dan *tube bundle*. Kemudian terdapat gradasi warna kuning dengan hijau pada *tube* yang terletak paling dekat dengan *shell* yang menunjukkan adanya perpindahan panas antara uap ekstraksi dengan *tube*.

Pada gambar 4 terlihat bahwa kontur temperatur yang dihasilkan antara tanpa penambahan *impingement plate* dan dengan *impingement plate* terdapat perbedaan dimana pada kontur dengan *impingement plate* gradasi warna hijau, kuning, dan merah kurang terlihat dan cenderung berwarna kebiruan. Hal ini menandakan kontak antara uap ekstraksi dengan *tube* tidak mencapai bagian bawah sehingga perpindahan panas yang dihasilkan berkurang. Hal ini dibuktikan dengan temperature outlet dimana pada

temperature outlet pada penambahan *impingement plate* sebesar 559,663 K, sedangkan pada tanpa *impingement plate* temperatur outlet sebesar 553,4 K.



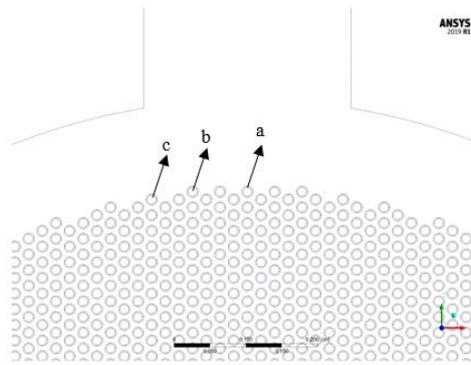
Gambar 4. *Zoom in* kontur temperatur (a) tanpa *impingement plate* (b) dengan *impingement plate*



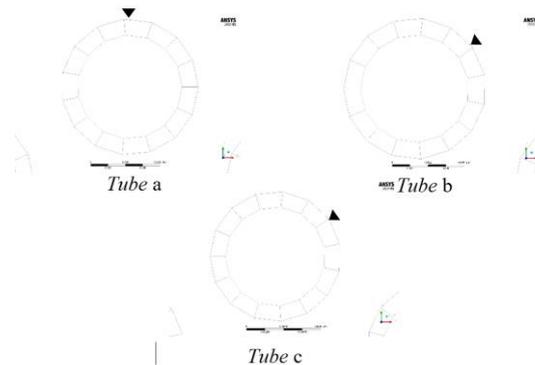
Gambar 2. (a) Kontur tekanan tanpa *impingement plate* (b) Kontur tekanan dengan *impingement plate*

Gambar 5 menunjukkan kontur tekanan yang terjadi sebelum dan sesudah ditambahkan *impingement plate*. Pada gambar (a) terlihat bahwa tekanan terbesar terjadi pada *tube* baris pertama yang ditunjukkan oleh warna orange-merah. Hal ini dikarenakan *tube* pada baris pertama terletak tepat di bawah inlet, sehingga bagian yang langsung mengenai uap ekstraksi adalah *tube* pada baris pertama.

Untuk mengetahui tekanan yang mengenai *tube* sebelum dan sesudah ditambahkan *impingement plate*, maka diambil beberapa sampel seperti yang terlihat pada gambar 6. Titik yang diambil pada gambar 7 merupakan titik yang memiliki tekanan tinggi, dimana ditandai oleh kontur berwarna merah-oranye pada gambar 5.



Gambar 3. Pengambilan sampel tekanan pada *tube*



Gambar 4. Titik pengambilan sampel tekanan

Kemudian dibandingkan nilai tekanan antara sebelum dan setelah ditambahkan *impingement plate*. Hal ini dijabarkan pada tabel 3.

Tabel 3
 Hasil pengukuran tekanan

	Tekanan <i>tube a</i> (Pa)	Tekanan <i>tube b</i> (Pa)	Tekanan <i>tube c</i> (Pa)
Tanpa <i>Impingement Plate</i>	45.576,8	44.613,3	43.686,8
Dengan <i>Impingement Plate</i>	42.263,5	15.859,8	34.644,7

Dari tabel 3, dapat diketahui bahwa setelah ditambahkan *impingement plate*, terdapat penurunan tekanan disekitar *tube*. Pada *tube a* terdapat penurunan tekanan sebesar 7,27%. Kemudian pada *tube b* terdapat penurunan sekitar 64,45%. sedangkan pada *tube c* terdapat penurunan sebesar 20,7%. Pada *tube a* dan *c* penurunan tekanan cenderung sedikit dikarenakan pada *tube* tersebut terlihat pada gambar 5 kontur tekanan masih terdapat titik *orange*. Hal ini disebabkan geometri dari *impingement plate* sehingga masih terdapat titik tekanan berwarna orange yang mengenai *tube*. Kemudian

dari tabel 2 diketahui bahwa *pressure drop* turun sekitar 6,088% setelah ditambahkan *impingement plate*.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa berdasarkan laju perpindahan panas, penambahan *impingement plate* menyebabkan menurunnya nilai q jika dibandingkan dengan tanpa *impingement plate*. Kemudian berdasarkan kontur tekanan, penggunaan *impingement plate* dapat mengurangi tekanan yang disebabkan oleh uap ekstraksi. Hal ini dibuktikan dengan pengambilan sampel tekanan, dimana pada *tube a* terjadi penurunan tekanan sebesar 7,27%, pada *tube b* penurunan tekanan sebesar 64,45 %, dan pada *tube c* penurunan tekanan sebesar 20,7%. Namun dikarenakan bentuk geometri, penurunan tekanan pada *tube a* dan *tube c* masih kecil jika dibandingkan dengan *tube b*. Kemudian *pressure drop* turun sekitar 6,088% setelah ditambahkan *impingement plate*. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan digunakan bentuk *impingement plate* yang lebih bervariasi untuk mengetahui efeknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Anizi, S. S., & Al-Otaibi, A. M. (2009). Double perforated impingement plate in shell-and-tube heat exchanger. *Heat Transfer Engineering*, 30(10–11), 885–894. <https://doi.org/10.1080/01457630902753805>
- Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine. (2007). *Fundamental of Heat and Mass Transfer Sixth Edition*. In *John Wiley & Sons, Inc.* <https://doi.org/10.1109/TKDE.2004.30>
- Maurya, R. S., & Singh, S. (2017). Numerical investigation of isothermal flow around impingement plates in a shell and tube exchanger. *Journal of Thermal Engineering*, 3(5), 1442–1452. <https://doi.org/10.18186/journal-of-thermal-engineering.338901>
- Wibowo, Agus Ari. (2011). *Studi Numerik 2D Pengaruh Sudut Impingement Terhadap Karakteristik Aliran dan Perpindahan Panas Pada Zona Desuperheating High Pressure Heater*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tidak Dipublikasikan.