



## Analisa Pengaruh Bentuk *Impingement Plate* Terhadap Perpindahan Panas Pada Zona *Desuperheating High Pressure Heater*

Arrad Ghani Safitra<sup>1</sup>, Joke Pratilastiarso<sup>2</sup>, Ibnu Syaifullah Prasetyo<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
<sup>1</sup>arradgs@pens.ac.id, <sup>2</sup>joke@pens.ac.id, <sup>3</sup>ibnusp10@google.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 determine the effect of adding impingement plates on heat transfer that occurs in the desuperheating zone, a simulation was performed using CFD software with variations of conventional flat plates, 4 plates, and inclined plates. From the simulation results using CFD software it is known that after the addition of the impingement plate, the largest heat transfer value in the desuperheating zone is found in the inclined plate geometry followed by the 4 plate geometry and conventional flat plate, with a  $q$  value of 9.54 MW; 7.93 MW; and 4.16 MW, respectively. Then for the inclined plate geometry pressure drop value has a small pressure drop plain value, which is equal to 30.04 kPa.

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* dengan variasi plat datar konvensional, 4 plat, dan plat *inclined*. Dari hasil simulasi menggunakan *software CFD* diketahui bahwa setelah penambahan *impingement plate*, nilai perpindahan panas terbesar pada zona *desuperheating* terdapat pada geometri plat *inclined* lalu diikuti geometri 4 plat dan plat datar konvensional, dengan nilai  $q$  sebesar 9,54 MW; 7,93 MW; dan 4,16 MW secara berurutan. Kemudian untuk nilai *pressure drop* geometri plat *inclined* memiliki nilai *pressure drop* plain kecil, yaitu sebesar 30,04 kPa.

Kata kunci: *high pressure heater, desuperheating zone, impingement plate, CFD*

### 1. 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 [1]. 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* [2]. Dengan diaplikasikannya plat tersebut dapat mengurangi dampak dari penipisan dinding *tube* akibat aliran inlet steam *High Pressure Heater* yang tinggi.

Agus Ari Wibowo, 2011 melakukan penelitian terhadap variasi bentuk *impingement plate*. Pada penelitian tersebut digunakan *software Fluent 6.3.26* secara dua dimensi. Simulasi dilakukan dengan mengasumsikan bahwa aliran fluida setelah melalui *nozzle* akan mengalir melalui *impingement plate* yang dikondisikan sebagai *inlet* untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut *inlet* dari *impingement plate* sehingga didapatkan laju perpindahan panas yang optimal. Sudut *impingement plate* divariasikan menjadi 3 yaitu bentuk 26, 70 dan 120. Susunan *tube* yang disimulasikan adalah *tube bank staggered* dengan jumlah *tube* 1670 buah dan *pitch arrangement* 60-22 mm dengan diameter *tube* luar 15875 mm dan diameter *tube* dalam 11659 mm. Kondisi masukkan pada *inlet* berupa *mass flow* sebesar 8.696 kg/s. Distribusi temperatur dihasilkan dengan mengkondisikan dinding *tube* bagian dalam sebagai *konjugate* dengan nilai koefisien konveksi 19,06232 W/m<sup>2</sup>.K pada temperatur *free stream* sebesar 43.958 K. Pada penelitian kali tersebut diperoleh bahwa perpindahan panas terbaik terjadi pada *inlet* 70. Variasi *inlet* 26, 70 dan 120 apabila dibandingkan menghasilkan penurunan laju perpindahan panas sebesar 4.885.739,654 W untuk *inlet* 26, 5.101.617,796 W untuk *inlet* 70 dan 5.060.968,212 W untuk *inlet* 120. Sedangkan dari ketiga variasi inlet didapatkan *pressure drop* terkecil terjadi pada *inlet* 120 (68,995 Pa) diikuti *inlet* 26 (109,484 Pa) dan *inlet* 70 (110,006 Pa). Apabila ditinjau dari laju perpindahan panas dan *pressure drop* yang dihasilkan maka dapat disimpulkan dari ketiga variasi *inlet* maka *inlet* 120 menghasilkan performa yang paling baik.

S.S. Al-Anizi dan A.M. Al-Otaibi, 2007 melakukan penelitian dengan memodifikasi bentuk *impingement plate*. Hal ini dilakukan akibat terbentuknya proses *fouling* dibawah *impingement*

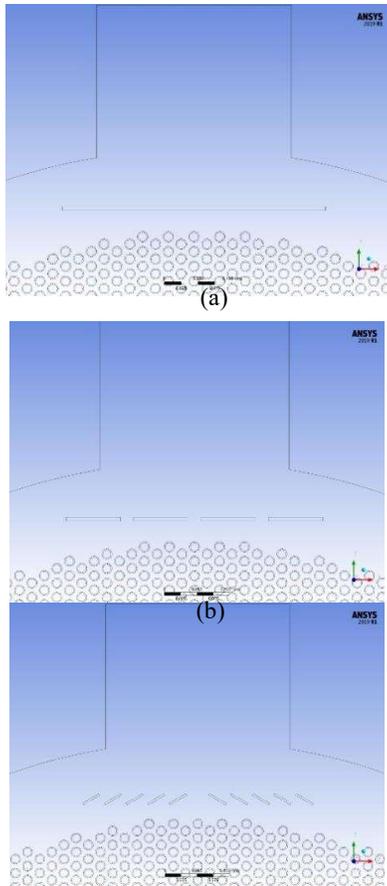
*plate*. Penumpukan *fouling* tersebut dapat menyebabkan korosi dan peningkatan temperatur permukaan sehingga menyebabkan kegagalan. Pada penelitian tersebut plat dimodifikasi menjadi plat ganda dengan *offset holes*, yang disebut *Double Perforated Impingement Plate* (DPIP). Plat DPIP tersebut menghancurkan vortisitas yang terbentuk dibelakang plat konvensional dan menghentikan proses pembentukan *fouling*. Setelah melakukan analisis dengan *software CFD* dari penelitian tersebut disimpulkan dengan plat DPIP memiliki *Fluid Dynamic* yang lebih baik dibandingkan dengan plat konvensional. Hal ini disebabkan adanya celah pada DPIP sehingga terdapat aliran kecil yang menyebabkan penumpukan *fouling* berkurang.

R.S. Maurya dan S. Singh, 2017 melakukan penelitian mengenai *impingement plate* untuk mengetahui struktur aliran yang terbentuk pada berbagai desain *impingement plate* yang berbeda menggunakan *software CFD* secara 2D. Parameter pada penelitian tersebut diantaranya tempat, ukuran dan susunan dari *impingement plate* yang memberikan beberapa informasi untuk mengetahui lokasi dan ukuran ideal yang dibutuhkan. Kemudian dilakukan penelitian efek dari geometri pada *impingement plate*. Pada penelitian tersebut digunakan 9 variasi geometri plat. Dari hasil simulasi menggunakan CFD terlihat pada Grafik 2 *pressure head loss* dan *kinetic energy loss* terkecil terdapat pada variasi plat *inclined*.

Pada penelitian ini simulasi digunakan untuk mengamati dampak dari bentuk *impingement plate* yang berbeda dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, dimana bentuk *impingement plate* yang diambil berbentuk plat datar, empat plat, dan plat *inclined*. Plat tersebut dipilih dikarenakan memiliki celah yang bisa meminimalisir area stagnan [3]. Kemudian diharapkan dari simulasi ini dapat mengamati perpindahan panas yang terjadi pada *High Pressure Heater* dengan bentuk *impingement plate* yang berbeda.

## 2. Metode Penelitian

Pada studi numerik dengan metode CFD, tahap pertama yaitu *pre-processing* terdiri dari pembuatan geometri. Pada penelitian ini digunakan geometri *High Pressure Heater* pada bagian zona *desuperheating* secara 2D dengan data operasi dari PLTU. Perancangan awal pemodelan zona *desuperheating* dilakukan tanpa adanya *impingement plate*. Kemudian variasi geometri *impingement plate* digunakan tiga jenis bentuk plat, yaitu plat datar konvensional, plat dengan 4 bagian, dan plat dengan bentuk *inclined*. Berikut gambar 1 merupakan geometri zona *desuperheating* yang telah digambarkan.



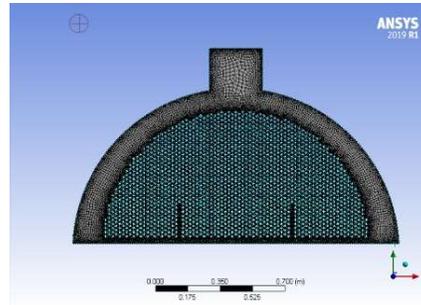
Gambar 1. Geometri Impingement Plate a) Plat Datar, Konvensional b) 4 Plat, c) Plat Inclined

Kemudian setelah itu 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, dipilihlah element 157.836 dikarenakan error temperatur *output* dan *element* 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)
157.836	553,4
327.959	553,9209
582.679	550,2253
697.992	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 2. Meshing pada Zona Desuperheating Tanpa Penambahan Plat

Pada proses *postprocessing*, dilakukan pengambilan data dan juga kontur.

### 3. 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* [1]. Dengan mengabaikan energi potensial dan energi kinetik, maka persamaan laju perpindahan panas dinyatakan seperti berikut.

$$q = \dot{m}_h (i_{h,i} - i_{h,o}) \quad (1)$$

Dengan  $\dot{m}$  merupakan laju alir masa dan  $i$  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.

$$q = \dot{m}_h \cdot C_p (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (2)$$

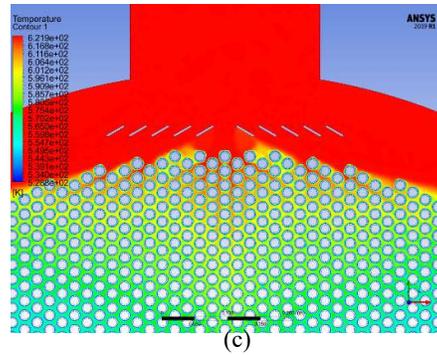
Tabel 2. Hasil Simulasi

Jenis Impingement Plate	$\dot{m}$ (kg/s)	$C_p$ (J/kg K)	$T_i$ (K)	$T_o$ (K)	$\Delta T$ (K)
Plat Datar	31,905	4.737,816	622,82	595,264	27,556
4 Plat	31,905	4.737,816	622,82	570,388	52,432
Plat Inclined	31,905	4.737,816	622,82	559,665	63,155

Tabel 3. Hasil Perhitungan

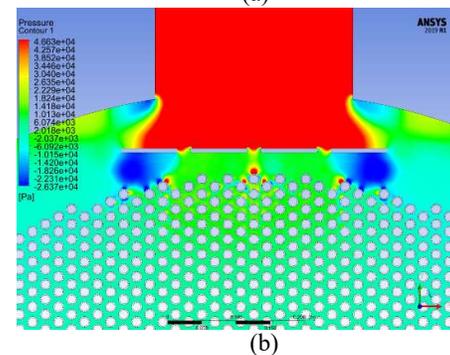
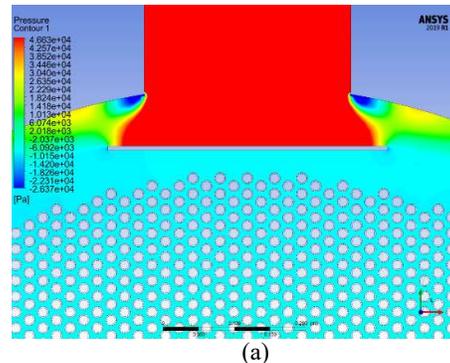
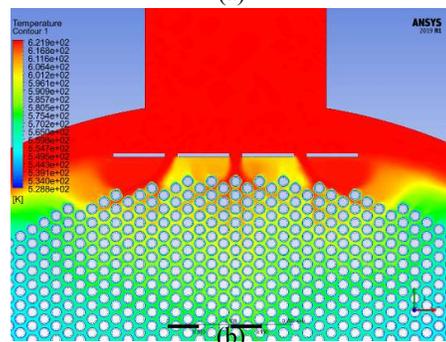
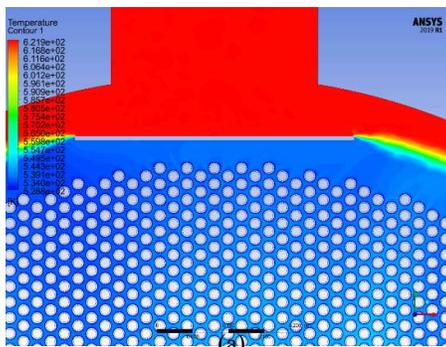
Jenis Plat	$\Delta P$ (Pa)	$q$ (W)
Plat Datar	134.476,8	4.165.365,5
4 Plat	78.966,36	7.925.622,1
Plat Inclined	30.040,16	9.546.511

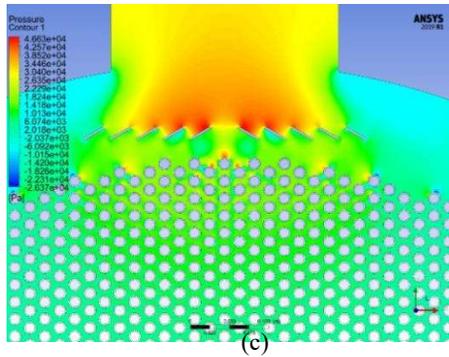
Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil simulasi dan di Tabel 3 disajikan data hasil perhitungan, terlihat bahwa dengan bentuk *impingement plate* yang berbeda menyebabkan nilai laju perpindahan panas yang berbeda pula, dimana dengan penambahan *impingement plate* berbentuk plat *inclined* memiliki nilai  $q$  terbesar diikuti dengan bentuk 4 plat, sedangkan plat datar konvensional menghasilkan nilai  $q$  terkecil. Hal tersebut dikarenakan pada penggunaan *impingement plate* dengan plat datar konvensional aliran uap ekstraksi akan terhalang sehingga tidak langsung menabrak susunan *tube* baris pertama dan mengurangi kontak uap ekstraksi dengan *tube*. Dengan berkurangnya kontak antara uap ekstraksi dengan *tube* maka nilai  $\Delta T$  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 ( $\Delta T$ ). Maka semakin besar nilai  $\Delta T$  menyebabkan nilai  $q$  yang dihasilkan semakin meningkat, dan juga sebaliknya ketika semakin kecil nilai  $\Delta T$  menyebabkan nilai  $q$  yang dihasilkan semakin kecil.



Gambar 3. Kontur Temperatur a) Plat Datar b) 4 Plat c) Plat *Inclined*

Pada Gambar 3 menunjukkan kontur temperatur pada geometri zona *desuperheating* dengan plat datar, 4 plat, dan plat *inclined*. Pada gambar terlihat bahwa kontur temperatur yang dihasilkan dengan *impingement plate* berbentuk plat datar terdapat perbedaan dimana pada kontur dengan *impingement plate* berbentuk plat datar gradasi di bawah plat cenderung berwarna kebiruan. Hal ini menandakan kontak antara uap ekstraksi dengan *tube* tidak mencapai tube bagian bawah plat sehingga perpindahan panas yang dihasilkan berkurang. Hal ini dibuktikan dengan temperatur outlet dimana pada temperatur outlet pada penambahan *impingement plate* berbentuk plat datar sebesar 595,264 K, sedangkan pada tanpa bentuk 4 plat dan plat *inclined* temperatur outlet sebesar 570,388 K dan 559,665 K.





Gambar 4. Kontur Tekanan a) Plat Datar b) 4 Plat c) Plat inclined

- Pressure Heater. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Tidak Dipublikasikan.
- [5] Wijnarko, Nadia P, 2017. Re-design High Pressure Heater (HPH) 5 Unit 1 di PT. PJB UP. Gresik Menggunakan Analisis Termodinamika dan Perpindahan Panas. Surabaya: Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Gambar 4 menunjukkan kontur tekanan yang terjadi saat ditambahkan *impingement plate*. Pada Gambar 4 terlihat bahwa tekanan terbesar terjadi pada *impingement plate* yang ditunjukkan oleh warna orange-merah. Hal ini dikarenakan *impingement plate* terletak tepat di bawah inlet, sehingga bagian yang langsung mengenai uap ekstraksi adalah *impingement plate*. Namun pada geometri plat datar, pada bagian bawah *impingement plate* terdapat tekanan yang rendah yang ditunjukkan oleh warna kebiruan jika dibandingkan dengan geometri 4 plat dan plat *inclined*. Hal ini disebabkan aliran uap ekstraksi turbin yang mengalir ke bagian sisi antara dinding *high pressure heater* dan *tube*. Kemudian dari tabel 3 diketahui bahwa *pressure drop* terendah terdapat pada bentuk geometri plat *inclined*, diikuti dengan geometri 4 plat dan *pressure drop* terbesar terdapat pada geometri plat datar.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan

1. Secara laju perpindahan panas penggunaan *impingement plate* dengan geometri plat *inclined* memiliki performa yang paling baik dengan nilai  $q$  paling besar, yaitu 4,16 MW.
2. Kemudian berdasarkan *pressure drop* penggunaan *impingement plate* dengan geometri plat *inclined* memiliki nilai yang paling kecil, yaitu sebesar 30,04 kPa.

#### Daftar Rujukan

- [1] Incropera, DeWitt, Bergman, and Lavine, 2007. Fundamental of Heat and Mass Transfer. 6th Edition. USA: John Wiley & Sons Inc.
- [2] S. S. Al-Anizi and A. M. Al-Otaibi, 2009. *Heat Transf. Eng. Double perforated impingement plate in shell-and-tube heat exchanger*, vol. 30, no. 10–11, 885–894.
- [3] R. S. Maurya and S. Singh, 2017. *J. Therm. Eng. Numerical investigation of isothermal flow around impingement plates in a shell and tube exchanger*, vol. 3, no. 5, 1442–1452.
- [4] Wibowo, Agus Ari, 2011. Studi Numerik 2D Pengaruh Sudut Impingement Terhadap Karakteristik Aliran dan Perpindahan Panas Pada Zona Desuperheating High