

## Re-desain sistem perpipaan *bypass* pada jalur HPH (*High Pressure Heater*) di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban

Nelvidya Zein Khana<sup>1\*</sup>, Muhammad Shah<sup>2</sup>, dan Ekky Nur Budiyo<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Email: [nelvidya@gmail.com](mailto:nelvidya@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [muh.shah59@yahoo.co.id](mailto:muh.shah59@yahoo.co.id)<sup>2\*</sup>; [ekkybudiyo@yahoo.co.id](mailto:ekkybudiyo@yahoo.co.id)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - High-pressure heaters will generally produce systems and fuel requirements in boilers which produce the same amount of fuel from heaters of 8801.9 kg / hour. A new alternative is needed for each HP Heater from HP Heater 3 to HP Heater 2 HP Heater 2 to the HP Heater 1 even though one HP Heater cannot make the other HP Heater stop operating and the HP Heater must be closed down. Analysis of this bypass design uses Codes & Standards with CAESAR II to keep the system safe and accurate. From the results of the study it was found that the efficiency experienced an increase of 0.32% with estimated fabrication costs and installation of HPH bypass systems, it has been calculated as Rp. 7,100,000,000

**Keyword:** *bypass, High Pressure Heater, design.*

### Nomenclature

$\dot{Q}_{in}$	kalor masuk superheater
$\dot{Q}_{out}$	kalor keluar superheater
$H_1$	enthalpy inlet superheater
$H_2$	enthalpy outlet superheater
$\dot{m}_3$	flow inlet reheater
$H_3$	enthalpy inlet reheater
$H_4$	enthalpy outlet reheater
$W_p$	kerja pompa
$p$	tekanan aliran
$v$	kecepatan aliran

### 1. PENDAHULUAN

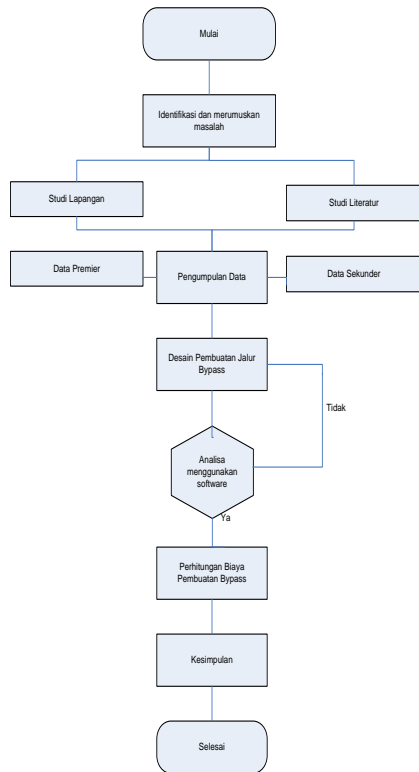
Pada sistem perpipaan *plant process* yang berada di unit 1 & 2 terdapat tiga buah *High Pressure Heater*. *High Pressure Heater* tersebut berjenis *shell and tube heat exchanger*. *High Pressure Heater* digunakan untuk menaikkan efisiensi dari sebuah pembangkit listrik. Pada kondisi nyata *High Pressure Heater* sering mengalami kerusakan karena menerima *steam* yang bertekanan tinggi hasil dari ekstraksi *High Pressure Turbine*. Fluida *steam* tersebut dialirkan melalui pipa dengan NPS 16" yang beroperasi pada temperatur 283,7°C dan tekanan 18,34 Mpa, material pipa yang digunakan adalah A 106 Gr B dengan *schedule* 160. Kasus yang terjadi saat ini adalah adanya kerusakan pada salah satu *HP Heater* yang menyebabkan seluruh *HP Heater* lainnya berhenti beroperasi dan proses pemanasan lanjut pada *HP Heater* akan *Shut down*. Hal ini diakibatkan karena sistem perpipaan pada proses *HP Heater* 3 menuju *HP Heater* 1 hanya satu jalur atau seri. Hasil dari

berhenti beroperasinya *HP Heater*. Kerusakan pada *High Pressure Heater* umumnya akan berdampak pada efisiensi sistem dan kebutuhan bahan bakar dalam boiler yang menyebabkan kenaikan jumlah pemakaian batu bara sebagai bahan bakar dari pemanas sebesar 8801,9 kg/h. Diperlukan alternatif jalur baru di tiap-tiap *HP Heater* dari *HP Heater* 3 menuju *HP Heater* 2 lalu *HP Heater* 2 menuju *HP Heater* 1 meskipun salah satu *HP Heater* mengalami kerusakan tanpa harus membuat *HP Heater* lainnya berhenti beroperasi dan aliran yang melewati *HP Heater* harus ter *shut down*. Analisa desain *bypass* ini disesuaikan berdasarkan *Code & Standard* untuk menjaga agar sistem perpipaan dapat beroperasi dengan aman dan juga metode perhitungan selanjutnya menggunakan *software*.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melaksanakan beberapa perhitungan Gambar 2.1 merupakan diagram alir penelitian:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

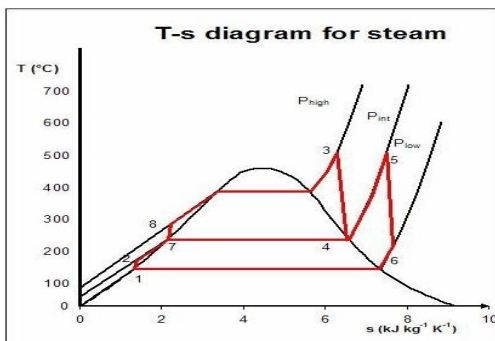
## 2.2 METODE Prosedur Penelitian

Tahap pengolahan data merupakan tindak lanjut dari pengumpulan data yang selanjutnya dilakukan pengerjaan. Pada tahap ini, data-data yang telah dikelompokkan kemudian diolah dan dibandingkan dengan *code* ASME B31.3 2016. Hal ini dilakukan untuk mengetahui letak *Allowable Stress* yang diizinkan. Yang diperlukan dalam pengerjaan ini adalah komputer yang terinstal software CAESAR II

## 2.3 Tinjauan Pustaka

### a) Heat rate Boiler

Persamaan (1) menunjukkan perhitungan variasi *heat rate transfer* boiler yang bisa digunakan sebagai acuan pemakaian batu bara adalah rumus hangel, Y. A.[1]. *Control Volume System*, pada siklus rankine sebagai berikut :



Gambar 2 T-s diagram untuk uap

$$Q_{in} = \dot{m}_1(H_2 - H_1) + \dot{m}_3(H_4 - H_3) \quad (1)$$

Pentuan *Allowable Stress* yang diizinkan mengacu pada ASME B31.3

### b) Kondisi Steady flow

Persamaan (2) Pada siklus Rankine ideal. Ke 4 alat dianggap bekerja pada kondisi *Steady flow* sehingga persamaan energi untuk kondisi *steady flow* dapat ditulis [2]

$$(Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) = (h_e - h_i)$$

$$(Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) = 0$$

$$(Q_{in} - Q_{out}) = (W_{in} - W_{out}) \quad (2)$$

### c) Kerja pompa yang digunakan

Persamaan (3) menunjukkan perhitungan kerja pompa yang digunakan dalam proses [2]

Kerja pompa :

$$W_p = v(P_1 - P_4) = h_1 - h_4 \quad (3)$$

### d) Kalor masuk ke boiler

Persamaan (4) menunjukkan perhitungan Kalor masuk ke boiler [2]

$$Q_{in} = h_2 - h_1 \quad (4)$$

Tabel 1 Parameter Desain

No.	Parameter	Symbol	Value	Unit
1.	Internal Design Pressure	P	4.336	Psi
2.	Stress Value of Material*	S	20000	Psi
3.	Quality Factor*	E	1	-
4.	Weld Joint Strength*	W	1	-
5.	Coefficient*	Y	0,4	
6.	Mechanical Allowance*	C	0,125	In
7.	Mill Tollerance*	Mt	0,125	-

Tabel 2 Perhitungan tebal pipa lurus

PG-1007-A-3''				
1.	Outside Diameter	D	16	In
2.	Bend Radius of Welding Elbow	R <sub>1</sub>	4.5	In

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Hasil perhitungan dibawah ini didapat dari persamaan 1.

$$Q_{in} = \dot{m}_1(H_2 - H_1) + \dot{m}_3(H_4 - H_3)$$

Perhitungan kapasitas penggunaan batu bara jika HPH 1 off :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 1952920 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \left( 3397,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1081,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) + 1765150 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ &\quad \left( 3535,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3052,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\ &= 4523158012 + 851861390 \\ &= 5375019402 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \\ &= 12838011328,5 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan batu bara} = \frac{Q}{\text{cal}} = \frac{\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 305666,98 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 313.334,07 - 305.666,98 \\ &= 7.667,09 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas penggunaan batu bara jika HPH 2 off :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 2056270 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \left( 3397,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1201,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) + 1753250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ &\quad \left( 3535,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3052,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\ &= 4515980174 + 846644425 \\ &= 5362624599 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \\ &= 1284524160,7 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan batu bara} = \frac{Q}{\text{cal}} = \frac{\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 305.839,09$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ \text{Selisih} &= 313.334,07 - 305.839,09 \\ &= 7.494,98 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas penggunaan batu bara jika HPH 3 off :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 2070540 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \left( 3397,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1201,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) + 1654820 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ &\quad \left( 3536,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3039,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\ &= 4528270980 + 822280058 \\ &= 5350551038 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \\ &= 1.279.035.171,4 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \end{aligned}$$

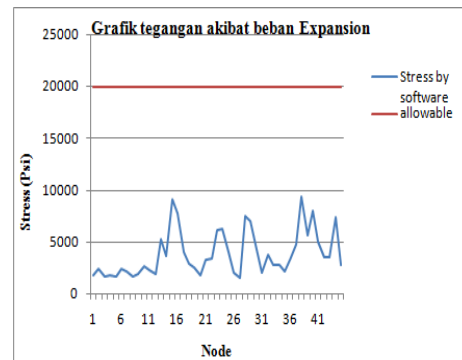
$$\text{Kebutuhan batu bara} = \frac{Q}{\text{cal}} = \frac{\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 304.532,18 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 313.334,07 - 304.532,18 \\ &= 8.801,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### 3.2 Hasil perhitungan efisiensi

Berikut ini adalah perhitungan presentasi biaya keuntungan sebelum dan sesudah mengalami *bypass* :

1. Biaya yang dapat di simpan jika HP Heater 3 mengalami kerusakan :
    - Harga batu bara yang dapat disimpan = 8801.9 kg/h
    - Jumlah batu bara yang seharusnya bisa disimpan selama 1 hari : 8801.9 kg/h x 24 h/hari = 211.245,6 kg/hari
    - Jumlah biaya yang dapat disimpan jika HP Heater 3 di *bypass* selama 3 bulan = 211.245,6 kg/hari x 90 hari x Rp. 700/kg = Rp. 13.400.000.000
    - Biaya pengadaan *bypass* dari HP Heater 1,2 dan 3 Rp. 7.100.000.000
- Presentasi Effisiensi biaya sebesar 0,47%



Gambar 3 Grafik tegangan akibat beban expansion

### 3. KESIMPULAN

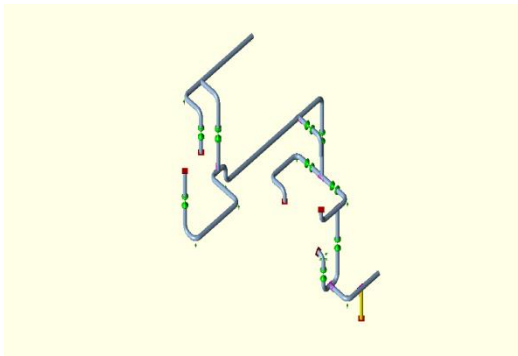
Berdasarkan hasil dari Caesar, diketahui beberapa titik yang memiliki stress tertinggi, seperti pada node 37 dan 38 node 280-290 dan node 450-460 yakni 9453,8 Psi dan node 90-100 6430,3 Psi akan tetapi *stress* yang terdapat pada segmen dan node tersebut tidak melebihi *Allowable Stress* sebesar 20000 Psi dan Analisa desain *bypass* ini disesuaikan berdasarkan *Code & Standard* untuk menjaga agar sistem perpipaan dapat beroperasi dengan aman dan juga metode perhitungan selanjutnya menggunakan *software*. Dari hasil penelitian didapatkan efisiensi mengalami kenaikan 0,32%. dengan estimasi biaya fabrikasi dan pemasangan sistem *bypass* HPH telah dihitung sebesar Rp. 7.100.000.000,-.

### 4. DAFTAR PUSTAKA

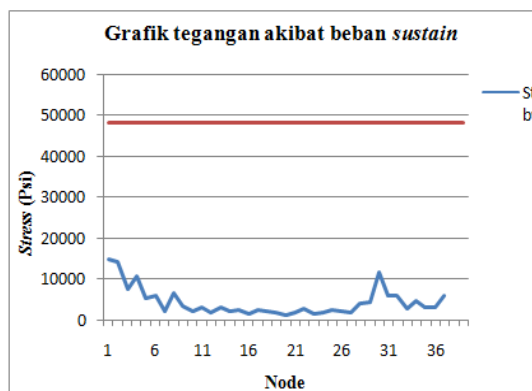
- [1] Changel, Y. A. (1994, 5 2). *Control Volume System*. Dipetik July 13, 2018, dari Yunus A.C *control volume system*.

[2] ASME. (2016). *Process Piping*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.  
 Bednar, H. (1991). *Thermodynamic Fundamentals handbook*, 2013 Florida: Krieger Publishing Company.

**LAMPIRAN**



Gambar 4 Modeling Sistem Perpipaan menggunakan Caesar II



Gambar 5 Grafik Tegangan Akibat beban sustain

Tabel 3 Estimasi Biaya pembuatan Bypass

No	Jenis Biaya	TotalBiaya
		(Rp.)
1	Estimasi biaya fabrikasi dan pemasangan sistem <i>bypass</i>	9,301,536,440
2	Estimasi biaya fabrikasi dan pemasangan <i>bypass</i> sistem <i>Steam drum</i>	2,686,805,150
	<b>Sub Total</b>	<b>11,988,341,590</b>
	<i>Cost of capital 10%</i>	1,198,834,159
	Keuntungan kontraktor 10%	1,198,834,159
	Total sebelum PPN	14,386,009,908
	Pembulatan	14,386,000,000
	PPN 10%	1,438,600,000
	<b>Total setelah PPN</b>	<b>15,824,600,000</b>