



# Analisis Pengaruh Bypass HPH Terhadap Nilai NPHR Pada PLTU Ombilin

Dimas Patar Prawoto<sup>1\*</sup>, P.Jannus<sup>2</sup>, dan Cecep Slamet Abadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

## Abstrak

*High pressure heater adalah sebuah alat berupa heat exchanger yang berfungsi untuk memanaskan feed water sebelum menuju ke economizer menggunakan panas yang diperoleh dari ekstraksi uap pada turbin uap. Kerusakan yang paling sering terjadi pada high pressure heater adalah kebocoran pipa yang menyebabkan high pressure heater harus di bypass untuk melakukan pemeliharaan. High pressure heater yang di bypass akan mempengaruhi performa unit pembangkit yang di ukur dengan nilai net plant heat rate (NPHR). Perhitungan NPHR dilakukan dengan mencari terlebih dahulu turbine heat rate dan efisiensi boiler. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai turbine heat rate ketika HPH 4 aktif sebesar 9555,75 kj/kwh dan ketika HPH 4 di bypass nilai turbine heat rate sebesar 11481,66 kj/kwh. Efisiensi boiler yang didapat dari hasil perhitungan ketika HPH 4 aktif sebesar 87,73% dan ketika HPH 4 di bypass nilai efisiensi boiler sebesar 88,395%. Berdasarkan perhitungan akhir net plant heat rate (NPHR) didapatkan nilai NPHR ketika HPH 4 aktif sebesar 11712,34 kj/kwh dan ketika HPH 4 di bypass nilai NPHR sebesar 13,976,7 kj/kwh yang menandakan ketika HPH 4 di bypass panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kwh energi listrik lebih banyak dengan selisih 2264,36 kj/kwh.*

*Kata-kata kunci: high pressure heater, bypass, NPHR, turbine heat rate, efisiensi, boiler*

## Abstract

*High Pressure heater is a device in the form of a heat exchanger used to heat up feedwater before entering the economizer using heat from steam extraction in the turbine. The most common problem in high pressure heater is tube leakage that cause the high pressure heater to be bypassed to perform maintenance. The high pressure heater that bypassed will affect the performance of the unit as measured by the Net Plant Heat Rate (NPHR) value. NPHR calculation is carried out by first looking for the turbine heat rate and boiler efficiency. Based on the calculation, the turbine heat rate value when HPH 4 is active is 9555,75 kj/kwh and when HPH 4 is bypassed is 11481,66 kj/kwh. The value of boiler efficiency obtained from the calculation when the HPH 4 is active is 87,73% and when the HPH 4 is bypassed is 88,395%. Based on the last calculation the value of the NPHR when the HPH 4 is active is 11712,34 kj/kwh and when the HPH 4 is bypassed is 13,976,7 kj/kwh which indicates when the HPH 4 is bypassed the heat needed to produce 1 kwh electricity is more with the difference of 2264,36 kj/kwh.*

*Keywords: high pressure heater, bypass, NPHR, turbine heat rate, efficiency, boiler*

\* Corresponding author E-mail address: p.jannus@mesin.pnj.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk membangkitkan energi listrik [1]. PLTU menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam sebagai sumber energi primernya [2].

PLTU Ombilin merupakan salah satu PLTU dengan bahan bakar batubara yang terletak di Sumatera Barat dengan kapasitas 2x100MW yang menyalurkan energi listriknya untuk Sumatera Bagian Selatan [3].

*High pressure heater* berfungsi untuk memanaskan air umpan sebelum dipompakan ke dalam boiler menggunakan uap yang diekstraksi dari turbin [4]. Komponen ini memiliki peran penting pada sistem PLTU karena dapat mengurangi waktu pemanasan pada boiler [5]. Permasalahan yang sering terjadi pada *high pressure heater* adalah kebocoran pada *tube tube heat exchanger* yang menyebabkan aliran uap dari ekstraksi turbin harus ditutup untuk melakukan perbaikan yang kemudian menyebabkan turunnya efisiensi pembangkit.

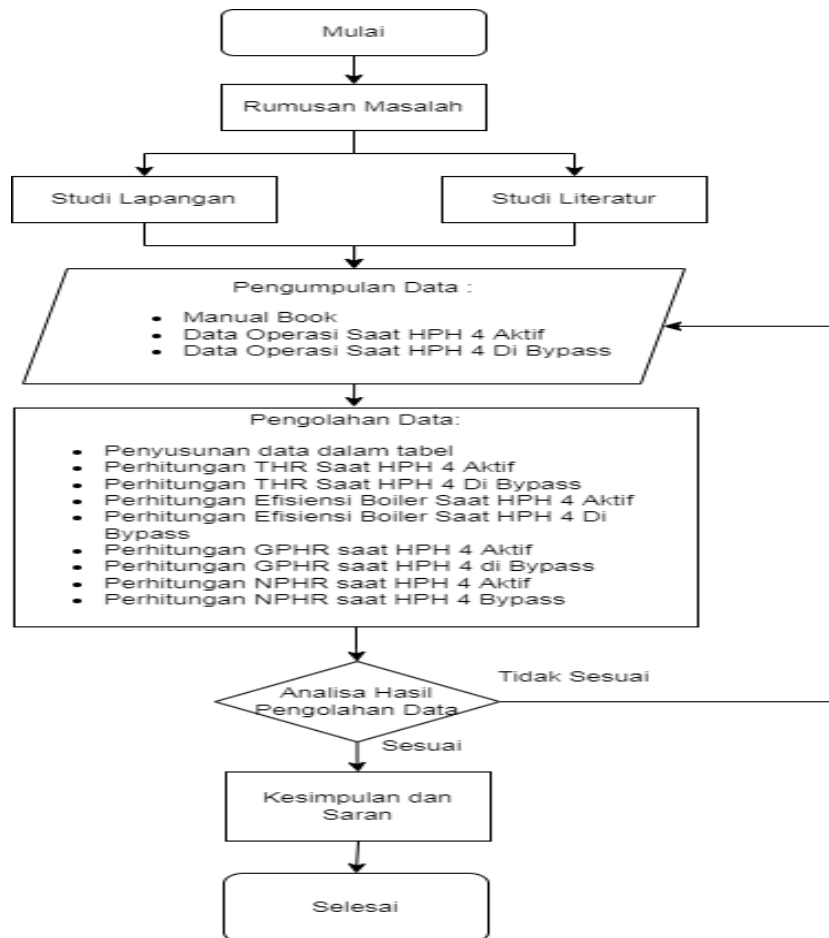
*Net Plant Heat Rate* (NPHR) merupakan nilai yang menunjukkan berapa energi bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan 1 kwh energi listrik sehingga semakin kecil nilai NPHR maka semakin tinggi efisiensi pembangkit. Nilai NPHR akan semakin naik sejalan dengan bertambahnya umur dari pembangkit [6]. Nilai NPHR tidak hanya karena faktor umur pembangkit, banyak faktor yang mempengaruhi nilai NPHR seperti efisiensi boiler dan *turbine heat rate*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari bypass HPH terhadap nilai NPHR pada PLTU Ombilin.

## 2. METODE PENELITIAN

### Diagram Alir

Diagram alir ini menjelaskan proses yang dilakukan secara sistematis. Proses penelitian dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### Pengumpulan Data Variabel Turbin

Data variabel yang terdapat pada tabel 1 merupakan data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan turbine heat rate.

Tabel 1 Data Variabel Turbin

Data Variabel Turbin				
Variabel	Simbol	Satuan	Saat Aktif	Saat Di Bypass
<b>Uap Utama</b>				
Tekanan		bar A	85,89	87,87
Temperatur		°C	514,99	509,42
Entalpi	$h_{ms}$	Kj/kg	3429,7	3413,535
<b>Final Feed Water</b>				
Tekanan		bar A	100,97	97,21
Temperatur		°C	212,96	207,58
Entalpi	$h_{ffw}$	Kj/kg	913,99	889,656
<b>Feedwater masuk HPH 5</b>				
Tekanan		bar A	118,12	113,9
Temperatur		°C	172,52	177,52
Entalpi	$h_{fi5}$	Kj/kg	736,25	757,737
<b>Feedwater masuk HPH 4</b>				
Tekanan		bar A	135,26	130,59
Temperatur		°C	153,99	153,45
Entalpi	$h_{fi4}$	Kj/kg	657,46	654,862
<b>Kondensat keluar Feed Water Tank</b>				
Temperatur		°C	153,99	153,45
Entalpi	$h_{cwo}$	Kj/kg	649,38	647,08
<b>Kondensat masuk feed water tank</b>				
Temperatur		°C	97,66	95,57
Entalpi	$h_{cwi}$	Kj/kg	409,19	400,38
<b>Uap Ekstraksi HPH 5</b>				
Tekanan		bar A	26,27	25,79
Temperatur		°C	370,73	364,84
Entalpi	$h_5$	Kj/kg	3171,69	3159,234
<b>Uap Ekstraksi HPH 4</b>				
Tekanan		bar A	17,33	-
Temperatur		°C	337,65	-
Entalpi	$h_4$	Kj/kg	3115,98	-
<b>Uap Ekstraksi Feed Water Tank</b>				
Tekanan		bar A	5,38	5,46
Temperatur		°C	204	204
Entalpi	$h_{fwt}$	Kj/kg	2862,56	2862,154
<b>Drain HPH 5</b>				
Tekanan		bar A	25,48	25,01
Temperatur		°C	212,96	207,58
Entalpi	$h_{d5}$	Kj/kg	911,43	886,952
<b>Drain HPH 4</b>				
Tekanan		bar A	16,81	16,81
Temperatur		°C	178,23	168,81
Entalpi	$h_{d4}$	Kj/kg	755,74	714,499
<b>Laju Aliran Air Kondensat Masuk Feed Water Tank</b>				
Laju Aliran	$h_{cwi}$	Kg/h	304949	348701
<b>Laju Aliran Massa Superheater spray</b>				
Laju Aliran	$h_s$	Kg/h	13803	25372
<b>Laju Aliran Massa Make Up Water</b>				

Laju Aliran	$m_{uw}$	Kg/h	2658	2861,67
<b>Laju Aliran Massa Uap Bantu</b>				
Laju Aliran	$m_{aux}$	Kg/h	4086	4461
<b>Daya Gross Generator</b>				
Daya Gross Generator	$P_g$	MW	88,84	89,72

### Perhitungan Turbine Heat Rate

Perhitungan *turbine heat rate* di lakukan menggunakan persamaan persamaan yang ada sesuai langkah langkah sebagai berikut [7] :

1. Fraksi massa air dan uap

$$K1 = \frac{h_{ffw} - h_{fi5}}{h_5 - h_{d5}} \quad (1)$$

$$K2 = \frac{h_{fi5} - h_{fi4}}{h_4 - h_{d4}} \quad (2)$$

$$K3 = \frac{h_{d5} - h_{d4}}{h_4 - h_{d4}} \quad (3)$$

$$A = K1 + (K2 - (K1 \times K3)) \quad (4)$$

$$K4 = \frac{h_{cwo} - h_{cwi}}{h_{fwt} - h_{cwo}} \quad (5)$$

$$K5 = \frac{h_{d4} - h_{cwo}}{h_{fwt} - h_{cwo}} \quad (6)$$

2. Laju aliran massa air umpan akhir

$$\dot{m}_{ffw} = \frac{(\dot{m}_{cwi}(1+K4)) - \dot{m}_s}{1-A+(K5 \times A)} \quad (7)$$

3. Laju aliran massa uap utama

$$\dot{m}_{ms} = \dot{m}_{ffw} + \dot{m}_s - \dot{m}_{muw} - \dot{m}_{aux} \quad (8)$$

4. Panas masuk turbin

$$Q_{in} = \dot{m}_{ms} \times h_{ms} \quad (9)$$

5. Panas keluar turbin

$$Q_{out} = \dot{m}_{fw} \times h_{ffw} \quad (10)$$

6. Total konsumsi panas turbin

$$Q_{total} = Q_{in} - Q_{out} \quad (11)$$

7. Turbine heat rate

$$THR = \frac{Q_{total}}{P_g} \quad (12)$$

### Pengumpulan Data Variabel Boiler

Data variabel yang terdapat pada tabel 2 merupakan data yang digunakan untuk menghitung efisiensi boiler.

Tabel 2 Data Variabel Boiler

Data Variabel Boiler				
Variabel	Simbol	Satuan	Saat Aktif	Saat Di Bypass
High Heating Value	HHV	Kj/kg	25030	25493,7
Entalpi Gas Kering Keluar Air Heater	$H_{dgo}$	Kj/kg	141,51	138,91
Massa gas Kering	$M_{dg}$	Kg/kgf	9,02	9,66

Moisture Dalam Bahan Bakar	$M_{fw}$	Kg/kgf	0,10	0,06
Entalpi uap Pada Gas Keluar <i>Air Heater</i>	$H_{sog}$	Kj/kg	2814,3	2789,28
Entalpi Air Pada Temperatur Referensi	$H_w$	Kj/kg	115,97	115,97
Moisture Pembakaran Higen Dalam Bahan Bakar	$M_{chf}$	Kg/kgf	0,34	0,37
Moisture di Udara	$M_{wa}$	Kg/kgf	0,12	0,13
Entalpi Uap Air Dari Gas Keluar <i>Air Heater</i>	$H_{wuo}$	Kj/kg	266,90	241,92
Massa Karbon Tidak terbakar	$M_{ucf}$	Wt%	1,06	0,90
Massa Residu	$M_{or}$	Kg/kf	0,18	0,18
Temperatur Rata Rata <i>Bottom Ash</i>	$T_{ba}$	°C	800	800
Entalpi <i>Bottom Ash</i> Pada Temperatur rata rata	$H_{cba}$	Kj/kg	1,07	1,07
Temperatur Gas Keluaran <i>Air Heater</i>	$T_{og}$	°C	166,13	152,08
Entalpi <i>Fly Ash</i> Pada Temperatur Rata Rata	$H_{cfa}$	Kj/kg	1,17	1,20
Temperatur Referensi	$T_{re}$	°C	27,7	27,7

### Perhitungan Efisiensi Boiler

Perhitungan efisiensi boiler dilakukan dengan menggunakan metode indirect yang lebih akurat dibandingkan metode direct karena memperhitungkan losses yang ada [8].

### Perhitungan Heat Loss

Perhitungan heat loss menggunakan beberapa rugi panas seperti berikut [8] :

1. Persentase *heat loss* akibat gas buang kering (L1)

$$L1 = \frac{H_{dgo} \times M_{dg}}{HHV} \times 100 \quad (13)$$

2. Persentase *heat loss* penguapan kadar air dalam bahan bakar (L2)

$$L2 = \frac{M_{wf} \times (H_{sog} - H_w)}{HHV} \times 100 \quad (14)$$

3. Persentase *heat loss* penguapan air yang terbentuk adanya  $H_2$  dalam bahan bakar (L3)

$$L3 = \frac{M_{chf} \times H_{sog}}{HHV} \times 100 \quad (15)$$

4. Persentase *heat loss* karena kadar air dalam udara (L4)

$$L4 = \frac{M_{wa} \times H_{wuo}}{HHV} \times 100 \quad (16)$$

5. Persentase *heat loss* karena pembakaran tidak sempurna (L5)

$$L5 = \frac{M_{ucf} \times 33700}{HHV} \times 100 \quad (17)$$

6. Persentase *heat loss* karena radiasi dan konveksi dinding (L6)

Dimas Patar Prawoto, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)

$$L6 = ABMA \text{ Chart} \quad (18)$$

7. Persentase *heat loss* karena *heat loss* yang tidak terukur (L7)

$$L7 = \text{Desain dari Manufaktur} \quad (19)$$

8. Persentase *heat loss* karena *fly ash* yang tidak terbakar (L8)

$$L8 = \frac{0,9 \times M_{or} \times HC_{fa} \times (T_{og} - T_{re})}{HHV} \times 100 \quad (20)$$

9. Persentase *heat loss* karena *abu ash* yang tidak terbakar (L9)

$$L9 = \frac{0,1 \times M_{or} \times HC_{ba} \times (T_{ba} - T_{re})}{HHV} \times 100 \quad (21)$$

#### Perhitungan Efisiensi Boiler

$$\text{Efisiensi Boiler} = 100 - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6 + L7 + L8 + L9) \quad (22)$$

#### Perhitungan Gross Plant Heat Rate (GPHR)

$$GPHR = \frac{\text{Turbine Heat Rate}}{\text{Efisiensi Boiler}} \quad (23)$$

#### Perhitungan Net Plant Heat Rate

$$P_n = P_g - (P_{aux} + P_{eks}) \quad (24)$$

$$NPHR = GPHR \times \frac{P_g}{P_n} \quad (25)$$

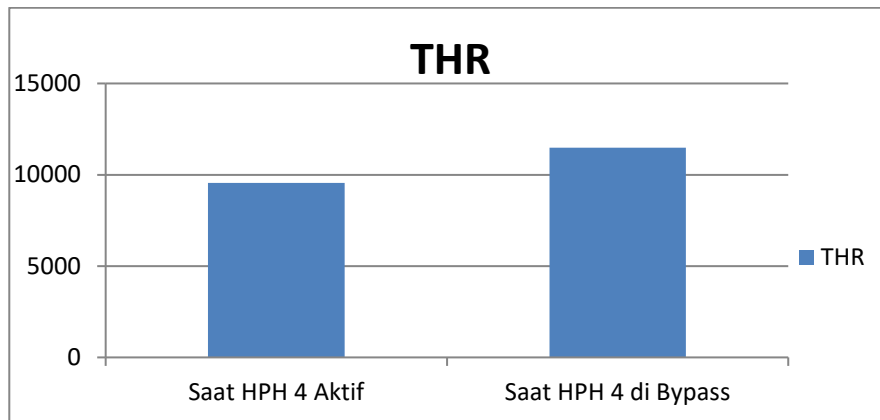
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perhitungan Turbine Heat Rate

Pada perhitungan fraksi massa untuk kondisi saat HPH 4 di bypass nilai K2 dan K3 tidak di hitung sehingga nilai A sama dengan nilai K1

Tabel 3 Hasil Perhitungan Turbine Heat Rate

Variabel	Satuan	Saat HPH 4 Aktif	Saat HPH 4 di Bypass
Laju Aliran Massa Air Umpan	Kg/h	327791,2018	383743,751
Laju Aliran Massa Uap Utama	Kg/h	334850,2018	401793,081
Panas Masuk Turbin	Kj/h	1148435737	1371534745
Panas Keluar Turbin	Kj/h	299597880,5	341399930,5
Total Konsumsi Panas Turbin	Kj/h	848837856,5	1030134815
Turbine Heat Rate	Kj/kwh	9555,75	11481,66



Gambar 2 Perbandingan Nilai THR

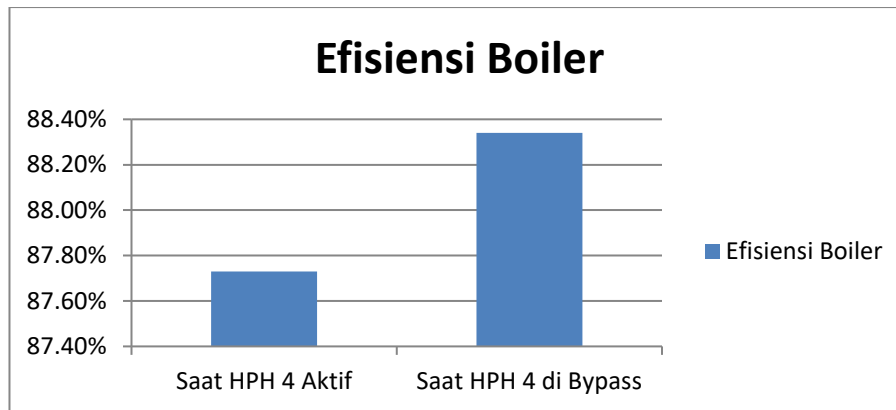
Berdasarkan perhitungan turbin heat rate yang telah dilakukan menggunakan persamaan (1) – (12) dan di bentuk dalam grafik, pada saat HPH 4 aktif didapatkan nilai turbin heat rate sebesar 9555,75 kJ/kwh, sedangkan pada saat HPH 4 di bypass didapatkan nilai turbin heat rate sebesar 11481,66 kJ/kwh oleh karena itu saat HPH 4 aktif nilai *turbine heat rate* lebih kecil dibandingkan dengan nilai *turbine heat rate* saat HPH 4 di *bypass* dengan selisih 12925,91 kJ/kwh.

#### Perhitungan Efisiensi Boiler

Perhitungan efisiensi boiler menggunakan metode indirect atau heat loss yang telah dilakukan di kumpulkan dalam tabel 4

Tabel 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Boiler

Variabel	Satuan	Saat HPH 4 Aktif	Saat HPH 4 di Bypass
L1	%	5,1	5,26
L2	%	1,12	0,68
L3	%	3,66	3,88
L4	%	0,13	0,12
L5	%	1,43	1,19
L6	%	0,32	0,32
L7	%	0,35	0,35
L8	%	0,06	0,06
L9	%	0,1	0,095
Efisiensi Boiler	%	87,73	88,395



Gambar 3 Perbandingan Nilai Efisiensi Boiler

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi boiler dengan metode *indirect* menggunakan persamaan (13) – (22) ditemukan bahwa terdapat perbedaan nilai efisiensi boiler pada kondisi saat HPH 4 di *bypass* dan saat HPH 4 aktif. Efisiensi boiler pada kondisi HPH 4 di *bypass* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi saat HPH 4 aktif. Nilai efisiensi boiler pada kondisi HPH 4 di *bypass* adalah 88,395% dan pada kondisi HPH 4 aktif 87,73. Perbedaan efisiensi antara 2 kondisi tersebut sebesar 0,665%. Selisih nilai efisiensi tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik bahan bakar mulai dari nilai kalori dan kandungan yang ada pada bahan bakar.

Berdasarkan data yang didapat nilai kalori bahan bakar yang digunakan saat HPH 4 di *bypass* lebih tinggi dengan nilai 6069 kcal/kg atau 25493,7 kJ/kg sehingga efisiensi boiler yang didapat lebih tinggi. Selain itu terdapat pengaruh lain yang menyebabkan efisiensi boiler saat HPH 4 di *bypass*. Pada data yang diperoleh terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari kualitas batubara yang digunakan, pada saat HPH 4 di *bypass* kandungan *moisture* dalam bahan bakar lebih kecil dibandingkan dengan kandungan *moisture* bahan bakar saat HPH 4 aktif hal ini juga dapat dilihat pada hasil perhitungan *heat loss* penguapan air dari kandungan *moisture* dalam bahan bakar (L2) saat HPH 4 di *bypass* memiliki persentase *heat loss* yang lebih rendah dibandingkan dengan persentase *heat loss* saat HPH 4 aktif.

### Perhitungan GPHR

Perhitungan GPHR yang telah dilakukan menggunakan persamaan (23) di bentuk dalam tabel yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai NPHR

Tabel 5 Hasil Perhitungan GPHR

Variabel	Satuan	Aktif	Bypass
GPHR	Kj/kwh	10892,23	12989,04

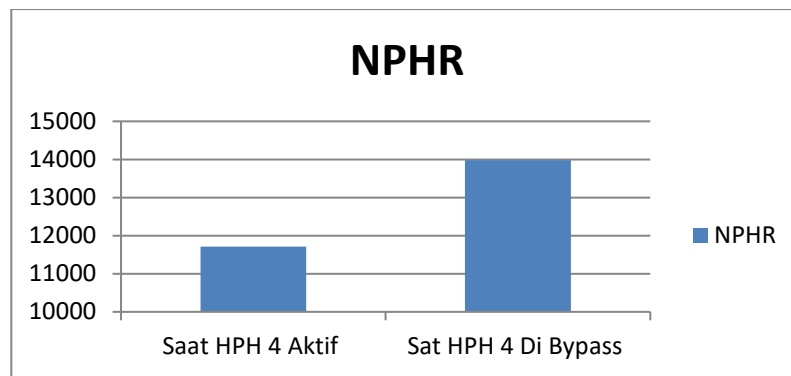
### Perhitungan NPHR

Perhitungan NPHR yang telah dilakukan menggunakan persamaan (25) di bentuk dalam tabel untuk melihat hasil akhir dari penelitian

Tabel 6 Hasil Perhitungan NPHR

Variabel	Satuan	Aktif	Bypass
NPHR	Kj/kwh	11712,34	13976,7





Gambar 4 Perbandingan Nilai NPHR

Grafik diatas menggambarkan nilai NPHR yang berbeda pada kondisi saat HPH 4 aktif dan kondisi HPH 4 di bypass. Nilai NPHR pada kondisi HPH 4 aktif adalah 11172,34 kJ/kwh dan pada kondisi HPH 4 di bypass sebesar 13976,7 kJ/kg. Nilai NPHR menunjukkan kebutuhan panas pada unit pembangkit untuk dapat menghasilkan 1kwh energi listrik sehingga nilai NPHR dijadikan parameter performa pada pembangkit. Pada penelitian ini selisih nilai NPHR saat kondisi HPH 4 aktif dan saat HPH 4 di bypass adalah sebesar 2264,36 kJ/kg dengan nilai NPHR saat HPH 4 aktif lebih tinggi dibandingkan nilai NPHR saat HPH di bypass hal ini menandakan bahwa pada saat kondisi HPH 4 aktif unit pembangkit memiliki performa yang lebih baik dibandingkan saat HPH 4 di bypass.

Berdasarkan persamaan yang ada nilai NPHR dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti nilai turbine heat rate, efisiensi boiler dan juga daya generator. Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa perubahan nilai NPHR paling besar dipengaruhi oleh turbine heat rate saat HPH 4 aktif dan saat HPH 4 di bypass. Sedangkan nilai efisiensi boiler memiliki selisih yang cukup kecil antara saat kondisi HPH 4 aktif dan saat HPH 4 di bypass.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai turbine heat rate ketika HPH 4 di *bypass* lebih tinggi dibandingkan ketika HPH 4 aktif. Efisiensi boiler ketika HPH 4 di *bypass* lebih tinggi dibandingkan ketika HPH 4 aktif. Nilai NPHR ketika HPH 4 di *bypass* lebih tinggi dibandingkan ketika HPH 4 aktif yang menandakan ketika HPH 4 di *bypass* panas yang dibutuhkan untuk membangkitkan 1kwh listrik lebih besar dibandingkan ketika HPH 4 aktif

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN UPK Ombilin, teman teman program studi pembangkit tenaga listrik angkatan 2018, dan seluruh jajaran jurusan teknik mesin yang sudah memberi dukungan

#### REFERENSI

1. H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Arif, and A. Amiruddin, "Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 01, pp. 2024–2028, 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.362.
2. A. S. Fata and Fajriani, "Analisis siklus uap pltu pangkalan susu pt indonesia power," *J. Hadron*, vol. 1, no. 01, pp. 9–11, 2019.
3. T. Taufik and S. Septyani, "Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 238, 2016, doi: 10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015.
4. D. Gahana, C. Alfian, D. Supriyadi, and M. Li, "ANALISIS KINERJA HIGH PRESSURE HEATER ( HPH ) TIPE SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER," vol. II, no. 2, pp. 23–33, 2018.
5. P. Sundari and B. K. Sigiro, "J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin Effect of the Number of Plug in High Pressure Heater ( HPH ) as Preheater in Feed Water Boiler," vol. 6, no. 2, pp. 62–67, 2022, doi: 10.32528/jp.v6i2.6675.

6. H. Satria, M. Haddin, and A. A. Nugroho, “METODE DIRECT UNTUK MENGETAHUI NET PLANT HEAT RATE UNIT # 2 PLTU REMBANG PADA SAAT OVERHAUL UNIT # 1 Abstrak,” pp. 1–9, 2019.
7. M. P. Utomo, “Analisis Penyebab Kenaikan Gross Turbine Heat Rate (Gthr) Dengan Metode Rcf dan Fmea,” pp. 1–64, 2021.
8. A. Salim, B. M. Suyitno, P. Studi, T. Mesin, U. Pancasila, and P. Test, “Analisa Pengaruh Pengoperasian HPH ( High Pressure Heater ) Pada Performa PLTU PC 400 MW,” vol. 11, no. 2, pp. 102–107, 2019.