

# ANALISIS PENGARUH KONDISI SEKITAR PEMANAS UDARA TERHADAP TARA KALOR PLTU MENGGUNAKAN STANDAR ASME

Dr., Ir. Budhi Muliawan Suyitno, IPM<sup>1</sup> dan Sandy Ataroka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**ABSTRAK.** Menurut Keputusan Menteri ESDM RI Nomor 39 K/20/MEM/2019 tentang Pengesahan RUPTL PT. PLN (Persero) 2019-2028, dapat dipastikan bahwa PLTU berbasis batubara dan gas bumi masih akan mendominasi separuh lebih pembangkitan energi listrik di Indonesia. Oleh karenanya, kehandalan dan efisiensi PLTU menjadi hal yang sangat penting. Salah satu mesin PLTU yang mempunyai peran signifikan terhadap efisiensi PLTU adalah pemanas udara *boiler*. Pada penelitian ini akan diketahui pengaruh kondisi sekitar pemanas udara *boiler* terhadap tara kalor PLTU menggunakan perhitungan dan analisis berstandar ASME.

Hasil perhitungan dan analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara menyebabkan penurunan pada *boiler heat input*, efisiensi *gross boiler* dan efisiensi thermal PLTU. Sedangkan kebocoran pemanas udara (*air heater leakage*) dan tara kalor PLTU mengalami peningkatan. Di sisi lain, *boiler heat output* tidak terpengaruh dengan adanya variasi perubahan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara. Variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara juga menyebabkan peningkatan kerugian finansial pada PLTU. Dimana kerugian bisa mencapai 8.40 juta / hari.

**Kata Kunci :** kondisi sekitar, pemanas udara, *performance test*, tara kalor

## PENDAHULUAN

Permintaan global akan energi listrik semakin tinggi, seiring dengan pertumbuhan penduduk dengan standar hidup yang meningkat. Pertumbuhan pendapatan per kapita dan pertumbuhan penduduk dunia (yang diperkirakan mencapai 1,7 Miliar pada 2040) membuat permintaan energi listrik bisa meningkat seperempat kali dari saat ini. Kebanyakan dari penduduk tersebut tumbuh pada ekonomi kelas menengah. Mereka akan membeli lemari es, komputer, dan peralatan lainnya yang mengonsumsi energi listrik. Dan semakin banyak orang yang akan membeli mobil, lebih dari dua kali lipat jumlah yang ada di jalanan saat ini. Oleh karena itu, Peraturan Pemerintah di sektor ketenagalistrikan akan memainkan peranan penting.

Menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 39 K/20/MEM/2019 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) tahun 2019 sampai dengan tahun 2028 yang ditetapkan di Jakarta, 20 Februari 2019 memutuskan bahwa, mulai akhir

tahun 2025 bauran energi pembangkitan adalah sebagai berikut ; batubara sebesar 54,6 %, energi baru dan terbarukan sebesar 23 %, gas bumi sebesar 22 % dan bahan bakar minyak sebesar 0,4 %. Dalam keputusan Menteri ESDM ini dapat dipastikan bahwa PLTU berbasis batubara dan gas bumi masih akan mendominasi separuh lebih pembangkitan energi listrik di Indonesia sampai dengan tahun 2028.

Sebuah PLTU dapat beroperasi 25 hingga 30 tahun. Oleh karena itu, kehandalan dan efisiensi PLTU menjadi hal yang sangat penting. Pola pengoperasian dan pemeliharaan harus sesuai dengan *Standar Operational Procedure*. Setiap elemen mesin pada PLTU juga harus mendapatkan perlakuan tertentu demi menjaga kesinambungan PLTU.

Pada Instalasi PLTU, pemanas udara mempunyai peran signifikan. Pemanas udara berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pada *boiler* dengan cara memanaskan udara *ambient*. Oleh karenanya, udara *ambient* yang masuk melalui pemanas udara menuju *boiler* harus dipanaskan terlebih dahulu. Bila udara *ambient* tersebut tidak dipanaskan, maka efisiensi boiler akan mengalami penurunan. Apabila efisiensi pada *boiler* turun, maka efisiensi pada PLTU tersebut juga dipastikan turun. Hal ini akan mengakibatkan konsumsi batubara berlebih untuk menghasilkan energi panas. Konsumsi batubara berlebih akan mengakibatkan inefisiensi sistem dan biaya pokok produksi energi listrik mengalami kenaikan. Di samping itu, nilai tara kalor akan mengalami kenaikan dan *positioning merit order* yang rendah.

Berdasarkan data dan informasi di atas, akan dapat dilakukan analisis pengaruh kondisi sekitar (*ambient conditions*) terhadap efisiensi dan tara kalor PLTU. Analisis dan perhitungan tersebut mempertimbangkan performa pemanas udara, *ambient temperature*, *flue gas temperature*, *relative humidity* di sekitar pemanas udara dan daya *generator gross* yang dihasilkan PLTU. Semua metode pengambilan data, analisis dan perhitungan didasarkan pada standar *American Society of Mechanical Engineering Performance Test Code (ASME PTC)*.

Adapun tujuan penelitian ini adalah ;

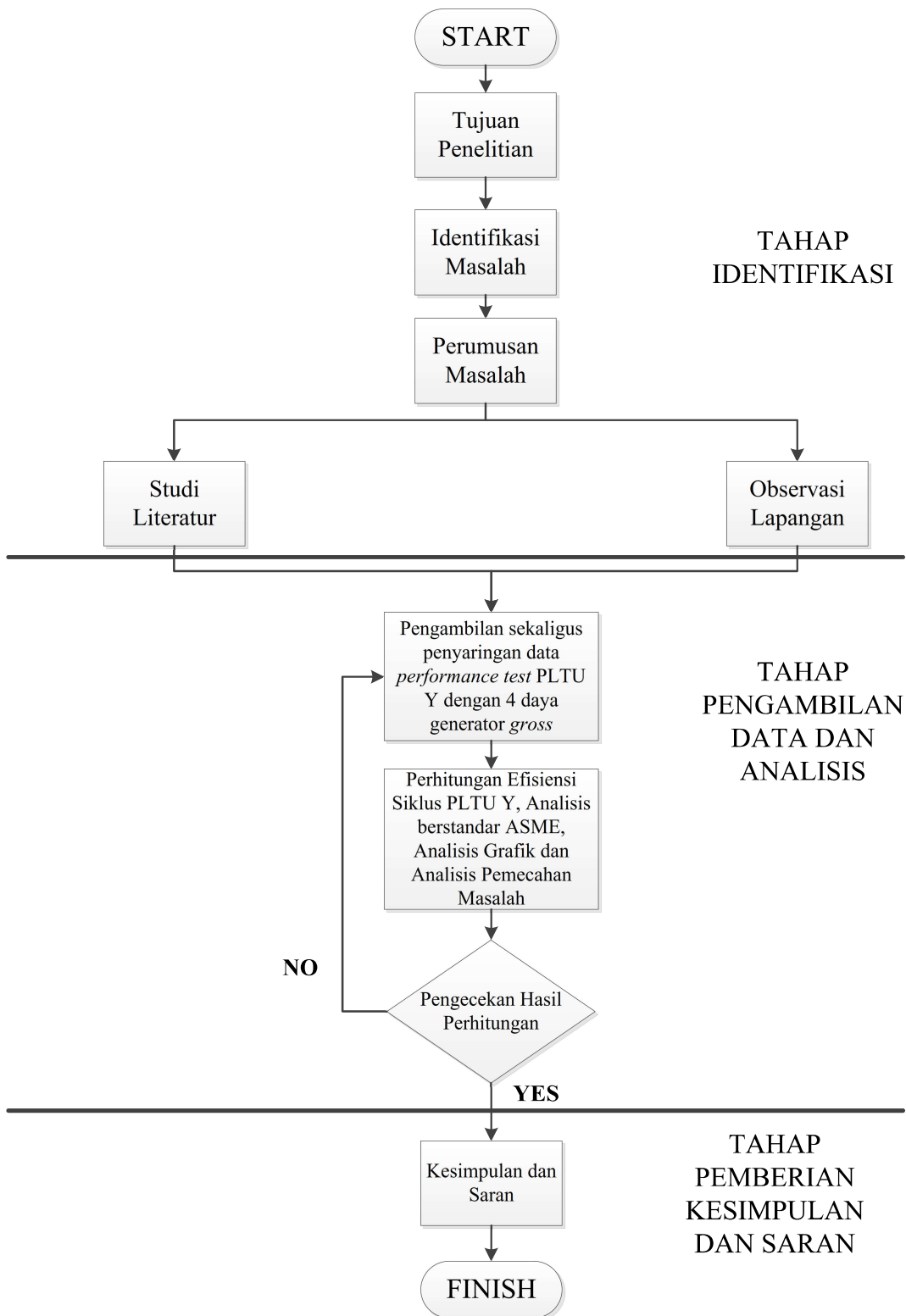
1. Menganalisis pengaruh kondisi sekitar pemanas udara terhadap tara kalor PLTU pada daya generator *gross* 290 MW.
2. Menganalisis kerugian finansial akibat pengaruh kondisi sekitar pemanas udara PLTU
3. Menganalisis kesesuaian perhitungan dan analisis dengan standar ASME

Dengan tujuan penelitian tersebut di atas, diharapkan dapat digunakan sebagai referensi perencanaan pengoperasian maupun pemeliharaan (*overhaul*) PLTU agar mesin-mesin di PLTU, khususnya pemanas udara memiliki performa yang maksimal, handal (*reliability*) dan *life-time* yang lama. Penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan lokasi pembangunan PLTU.

## METODE

Berikut ini adalah metode penelitian yang digunakan dalam melakukan perhitungan dan analisis pengaruh kondisi sekitar pemanas udara terhadap tara kalor PLTU Y menggunakan standar ASME.

1.1. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian



1.2. Penjelasan Diagram Alir Pengerjaan Penelitian

Proses dalam menyelesaikan Penelitian ini melalui beberapa tahap sebagai berikut :

1.2.1. Tahap Identifikasi

Pada tahap identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang kemudian dirumuskan menjadi tujuan penelitian. Studi literatur meliputi mencari, mempelajari dan menganalisis tinjauan pustaka yang

berkaitan dengan PLTU Y, pemanas udara, termodinamika pembangkit listrik, tara kalor beserta literatur-literatur lain yang menunjang. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai macam sumber manapun, baik itu berupa Jurnal Nasional – Internasional, *text book* maupun modul. Studi literatur juga didapat dari penelitian-penelitian terdahulu yang berkenaan dengan pemanas udara dan efisiensi PLTU.

Kemudian dilakukan observasi lapangan secara langsung pada pemanas udara di PLTU Y. Observasi meliputi identifikasi komponen utama dan komponen penunjang pada sistem pemanas udara dan PLTU Y.

#### 1.2.2. Tahap Pengumpulan Data dan Analisis

Setelah dilakukan studi literatur dan observasi mengenai pemanas udara dan PLTU Y, langkah selanjutnya adalah pengambilan data sekaligus menyaring data tersebut sesuai dengan kebutuhan untuk analisis menggunakan standar ASME. Data-data tersebut antara lain :

1. Data *performance test* PLTU Y
2. Data spesifikasi teknik turbin uap, generator, dan *boiler* PLTU Y

#### 1.2.3. Tahap Pemberian Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dari analisis pengaruh kondisi sekitar pemanas udara terhadap tara kalor PLTU Y menggunakan standar ASME. Kemudian, memberikan saran untuk Perusahaan Nasional yang bergerak di sektor ketenagalistrikan.

#### 1.3. Langkah Pengambilan Data

Prosedur pelaksanaan *performance test* untuk mendapatkan data ini menggunakan ASME PTC, dimana waktu pengambilan data per daya generator *gross* untuk PLTU dengan tipe *boiler pulverized coal* adalah 120 menit. Selama 120 menit, data diambil per 15 menit. Sehingga ada 9 data yang terkumpul tiap satu daya generator *gross*. Untuk stabilisasi daya, dilakukan minimal 1 jam setelah pelaksanaan *performance test*.

Prosedur *Performance Test* yang dilakukan sebagai berikut :

1. PLTU Y diuji dengan kesiapan 1 daya generator *gross*, yaitu 290 MW
2. Seorang *leader team* akan memberikan aba – aba melalui *handy talky* agar data dapat diambil secara serempak melalui kamera. Semua anggota tim bersiap di masing – masing tempat pengambilan data.
3. Pengambilan data *flow meter* batubara di *coal feeder (flow rate)* setiap 15 menit sekali..
4. Pengambilan data kWh meter *Netto* dan *Gross* di Gardu Induk PLTU Y setiap 15 menit sekali.
5. Pengambilan data temperatur udara dan kelembaban sekitar pemanas udara dengan menggunakan alat *relative humidity logger* setiap 1 menit sekali.
6. Pengambilan data pemanas udara sisi *inlet* dan *outlet* menggunakan alat *flue gas analyzer* sebanyak 3 kali.
7. Pengambilan sampel batubara pada masing-masing *coal feeder* sebanyak 3 kali.
8. Pengambilan sampel *ash (fly ash dan bottom ash)* sebanyak 1 kali setiap 1 daya generator *gross*. Pengambilan dilakukan di akhir *performance test*. *Fly ash* (abu terbang) adalah abu yang sangat ringan dan halus yang diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Dimana abu tersebut berterbangan di dalam pipa-pipa cerobong (*stack*). *Bottom ash* (abu dasar), adalah abu yang sedikit lebih berat dan kasar

dibandingkan dengan *fly ash*. Karena massanya lebih berat dari *fly ash*, maka *bottom ash* tersebut akan jatuh kembali ke bawah.

#### 1.4. Perhitungan dan Analisis

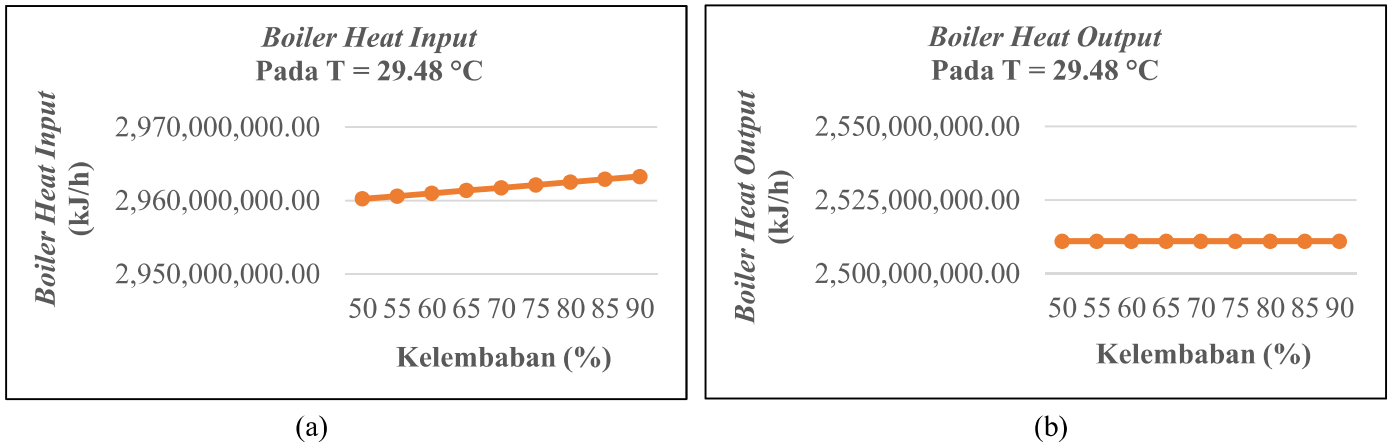
Setelah dilakukan pengambilan data melalui performance test, data kemudian diolah untuk dihitung dan dianalisis. Dalam melakukan perhitungan dan analisis, persamaan-persamaan yang dijelaskan pada Bab II dan referensi-referensi serta data-data yang terdapat pada lampiran-lampiran. Adapun langkah-langkah perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai tara kalor adalah sebagai berikut :

1. Mencari nilai *enthalpy* pada tiap titik pada siklus PLTU Y
2. Pengecekan kembali data *final feedwater flow, superheater spray flow, reheater flow, deaerator tank storage, make up water flow to condenser* dan *condensate water flow to deaerator*.
3. Menghitung laju aliran massa uap masuk turbin uap
4. Menghitung laju aliran massa uap ekstraksi *high pressure turbine* menuju *high pressure heater*
5. Menghitung laju aliran massa uap *cold reheat*
6. Menghitung efisiensi *boiler*
7. Menghitung *heat credit boiler*
8. Menghitung kebutuhan udara teoritis *boiler*
9. Menghitung *wet flue gas*
10. Mengitung jumlah *wet gas* pada sisi masuk pemanas udara
11. Mengitung jumlah *moisture* pada sisi masuk pemanas udara
12. Mengitung jumlah *dry gas* pada sisi masuk pemanas udara
13. Mengitung jumlah *dry air* pada sisi keluar pemanas udara
14. Mengitung kebocoran pemanas udara pada sisi *dry air*
15. Mengitung kebocoran pemanas udara pada sisi *wet air*
16. Menghitung daya keluaran sistem (daya bersih)
17. Mengitung nilai tara kalor turbin uap PLTU Y
18. Menghitung nilai tara kalor PLTU Y

Mengitung kerugian dampak kenaikan tara kalor akibat kebocoran pemanas udara PLTU Y

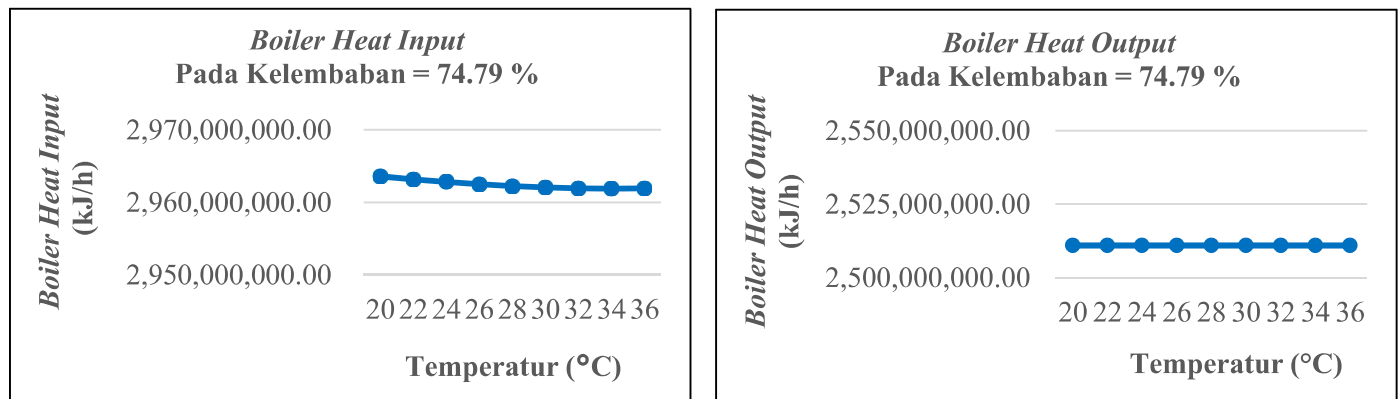
## HASIL

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis, maka didapatkan hasil sebagai berikut ;



Gambar 3.1 Grafik kondisi sekitar terhadap *boiler heat input* dan *boiler heat output* :

(a) Grafik *boiler heat input* pada T = 29.48 °C ; (b) Grafik *boiler heat output* pada T = 29.48 °C



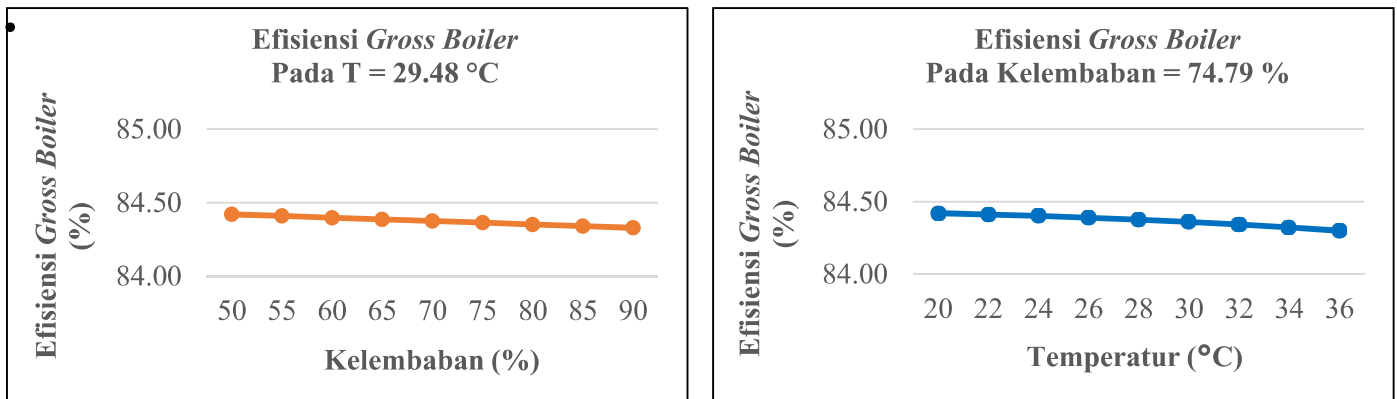
Gambar 3.1 Grafik kondisi sekitar terhadap *boiler heat input* dan *boiler heat output* :

(a) Grafik *boiler heat input* pada kelembaban = 74.79 % ; (b) Grafik *boiler heat output* pada kelembaban = 74.79 %

Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa ;

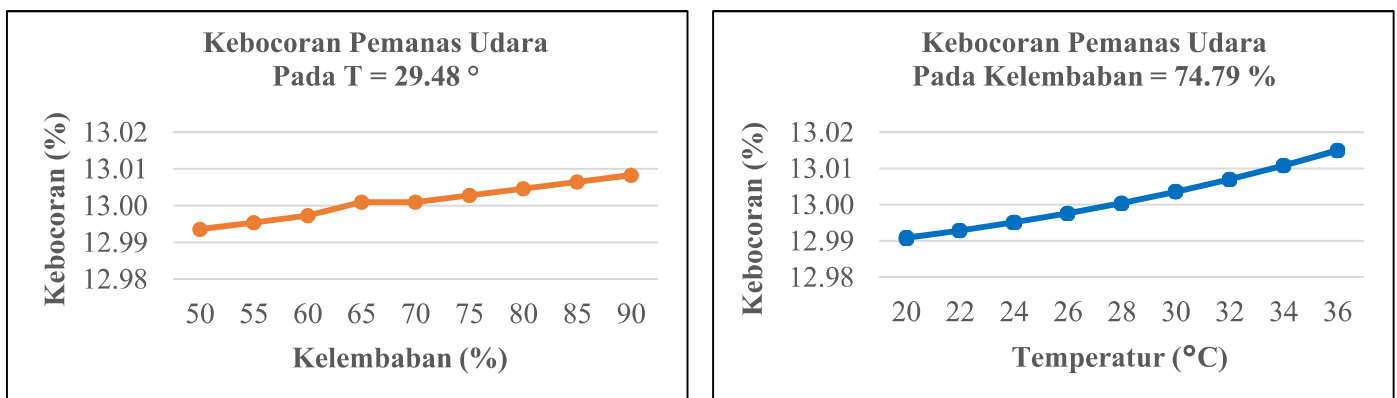
- Kenaikan kelembaban di sekitar pemanas udara mengakibatkan kenaikan *boiler heat input*. Kenaikan *boiler heat input* memberi arti bahwa sistem pada *boiler* memerlukan panas lebih banyak untuk menghasilkan uap. Begitu juga sebaliknya, penurunan kelembaban mengakibatkan konsumsi panas pada *boiler* mengalami penurunan. Ini artinya, *boiler* akan semakin efisien seiring dengan penurunan kelembaban.
- Kenaikan temperatur di sekitar pemanas udara mengakibatkan penurunan *boiler heat input*. Kenaikan temperatur di sekitar pemanas udara memberikan dampak yang positif terhadap *boiler*. Karena semakin tinggi temperatur yang masuk *boiler*, panas yang dibutuhkan untuk *boiler* menghasilkan uap semakin turun.

- Kondisi sekitar pemanas udara tidak memberikan dampak sama sekali untuk *boiler heat output*.



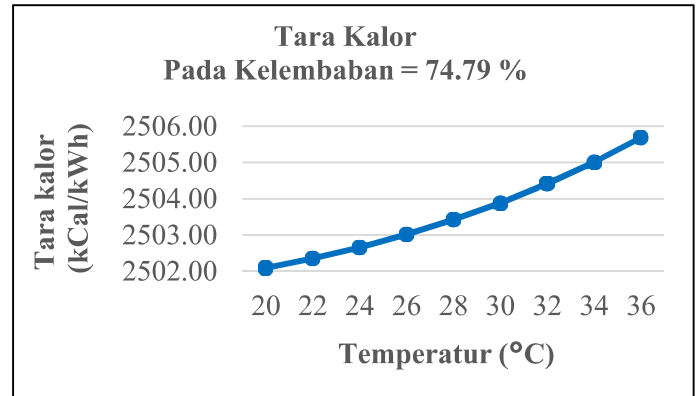
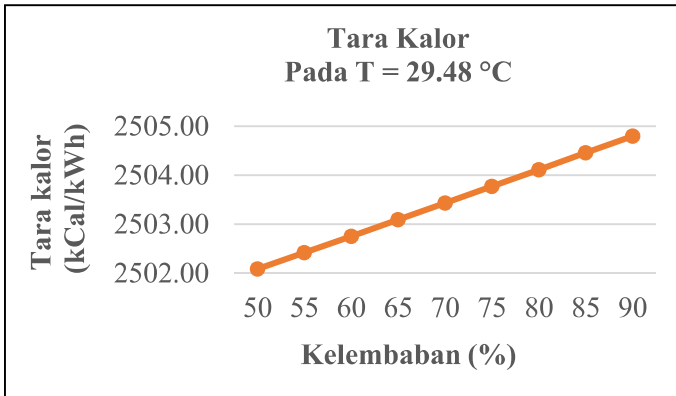
Gambar 3.2 Grafik kondisi sekitar terhadap efisiensi *gross boiler* : (a) Grafik efisiensi *gross boiler* pada T = 29.48 °C ; (b) Grafik efisiensi *gross boiler* pada kelembaban = 74.79 %

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur dan kelembaban mengakibatkan penurunan efisiensi *gross boiler*. Penurunan efisiensi karena kenaikan temperatur lebih signifikan daripada penurunan efisiensi karena kenaikan kelembaban. Hal ini dikarenakan kenaikan *boiler heat input* lebih dominan diakibatkan kenaikan temperatur udara daripada kelembaban di sekitar pemanas. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2



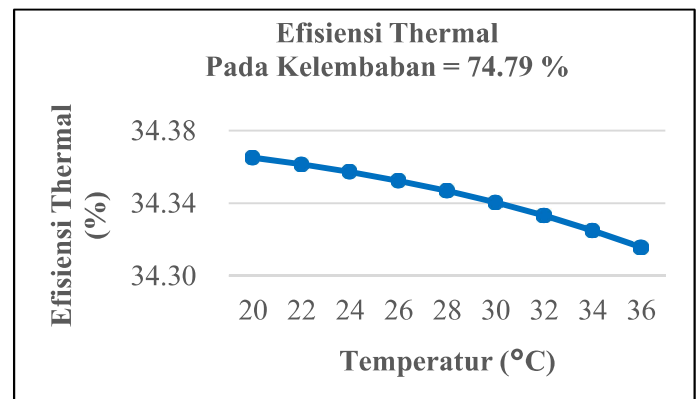
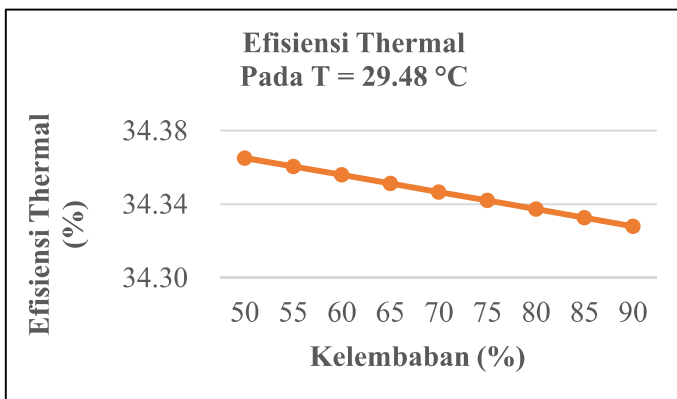
Gambar 3.3 Grafik kondisi sekitar terhadap kebocoran pemanas udara : (a) Grafik kebocoran pemanas udara pada T = 29.48 °C ; (b) Grafik kebocoran pemanas udara pada kelembaban = 74.79 %

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kenaikan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara mengakibatkan kenaikan kebocoran pada pemanas udara. Dampak paling signifikan kenaikan kebocoran pada pemanas udara diakibatkan oleh kenaikan temperatur.



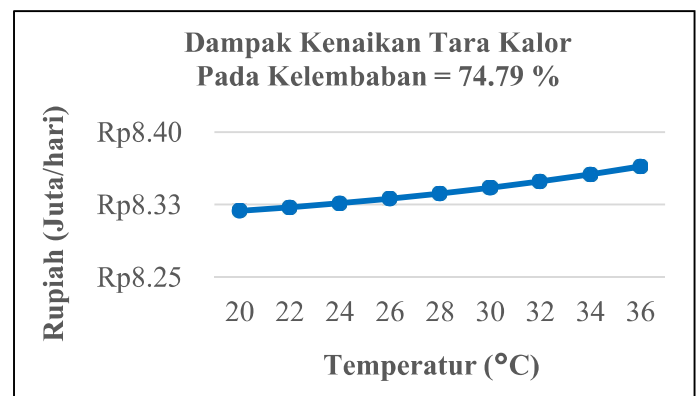
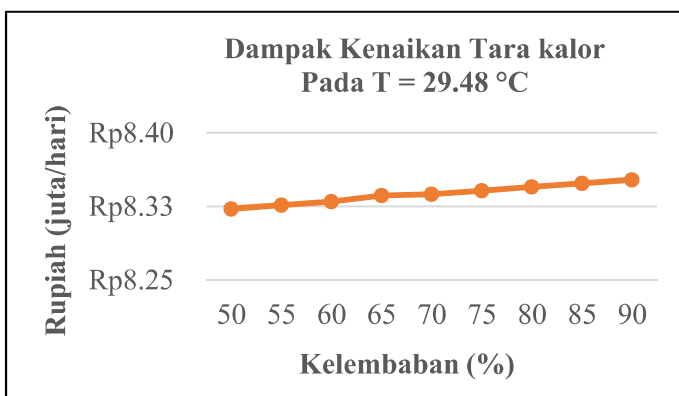
Gambar 3.4 Grafik kondisi sekitar terhadap taras kalor : (a) Grafik taras kalor pada T = 29.48 °C ; (b) Grafik taras kalor pada kelembaban = 74.79 %

Gambar 3.5 menunjukkan bahwa kenaikan temperatur dan kelembaban di sekitar pemanas udara mengakibatkan kenaikan taras kalor PLTU Y. Hal ini sebanding dengan dampak *boiler heat input*. Bila *boiler heat input* mengalami kenaikan, maka nilai taras kalor juga mengalami kenaikan.



Gambar 3.5 Grafik kondisi sekitar terhadap efisiensi thermal : (a) Grafik efisiensi thermal pada T = 29.48 °C ; (b) Grafik efisiensi thermal pada kelembaban = 74.79 %

Seiring dengan peningkatan taras kalor PLTU Y, maka efisiensi thermal PLTU Y mengalami penurunan. Efisiensi thermal mengalami penurunan karena *heat input* pada *boiler* mengalami kenaikan. Ditunjukkan pada Gambar 4.6, penurunan efisiensi thermal akibat kondisi sekitar pemanas udara konstan dan memiliki garis penurunan yang cenderung rapi.





Gambar 3.6 Grafik kondisi sekitar terhadap dampak kenaikan tara kalor : (a) Grafik dampak kenaikan tara kalor pada  $T = 29.48\text{ }^{\circ}\text{C}$  ; (b) Grafik dampak kenaikan tara kalor pada kelembaban = 74.79 %

Salah satu dampak kenaikan tara kalor adalah kerugian finansial yang dialami PLTU. Gambar 4.7 menunjukkan kerugian finansial akibat peningkatan tara kalor. Peningkatan tara kalor dalam hal ini adalah akibat dari kebocoran pada pemanas udara. Kebocoran pemanas udara mengakibatkan kerugian finansial yang cukup tinggi. Dapat dilihat pada Gambar 4.7, kerugian finansial pada kisaran 8.25 – 8.40 juta / hari. Sehingga potensi kerugian maksimal setiap bulan pada PLTU Y bisa mencapai Rp 252,000,000.- ( 1 bulan = 30 hari).

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh kondisi sekitar pemanas udara terhadap nilai tara kalor PLTU Y, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ;

1. Variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara menyebabkan penurunan pada *boiler heat input*, efisiensi *gross boiler* dan efisiensi thermal PLTU Y.
2. Variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara tidak berpengaruh terhadap *boiler heat output*.
3. Variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara menyebabkan peningkatan pada kebocoran pemanas udara (*air heater leakage*) dan tara kalor PLTU Y.
4. Variasi peningkatan kelembaban dan temperatur di sekitar pemanas udara menyebabkan peningkatan kerugian finansial pada PLTU Y. Dimana kerugian bisa mencapai 8.40 juta / hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency, “*World Energy Outlook 2018*,” 2018.
- [2] Kementerian ESDM RI, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2019 - 2028. Jakarta, 2019.
- [3] H. B. Patel and H. H. Patel, “*Effect of Air Preheater Size On Boiler Efficiency In Coal Based Power Plant*,” *International Journal of Scientific Research and Review*, 2018.
- [4] M. Yunus Sheikh and B. Lal Meena, “*Performance Analysis and Optimization Of Air Preheater In Thermal Power Plant*,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, 84–105, 2017.
- [5] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner, and M. B. Bailey, *Fundamentals Of Engineering Thermodynamics*, Eight Edition. *United States of America: Wiley*, 2014.
- [6] N. K. Jaiswal and D. R. K. Tiwari, “*Study The Steps Of Improving The Boiler Efficiency Using Combustion Air And its Requirements*,” *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*. 98–102, 2018.
- [7] B. A. Wilcox, *Steam Generation and Its Use*. McDermott Company, 1992.
- [8] EPRI, *Heat Rate Improvement Reference Manual*. Charlotte, North Carolina, 2006.
- [9] ASME PTC 1, *General Instructions Performance Test Codes*. Three Park Avenue, New York, 2004.
- [10] ASME PTC 2, *Definitions And Values Performance Test Codes*. Three Park Avenue, New York, 2002.
- [11] ASME PTC 6, *Steam Turbines Performance Test Codes*. Three Park Avenue, New York, 2006.
- [12] ASME PTC 4, *Fired Steam Generator*. Three Park Avenue, New York, 2008.
- [13] ASME PTC 4.1, *Air Heaters*. Three Park Avenue, New York, 1968.

- [14] Kementerian ESDM RI, Harga Mineral Logam Acuan Dan Harga Batubara Acuan Untuk Bulan April 2019. Indonesia, 2019.