

Analisa Prestasi PLTU Berbahan Bakar BatuBara Hasil *Upgrading*

Cecep Deni Mulyadi¹, Tarsisius Kristiyadi², Alexin Putra³, Dani Rusirawan⁴

³Program Studi Teknik Mesin S2, Institut Teknologi Nasional Bandung

Jl. Ph.h. Mustofa no.23, Neglasari, kec. Cibeunying kaler, kota bandung, 40124, Indonesia

E-mail: denicecep30@gmail.com¹, kristiyadi@itenas.ac.id², alex.putra@gmail.com³, dani.rusirawan@gmail.com⁴

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 1 Oktober 2020

Direvisi: 17 Maret 2021

Diterima: 22 Maret 2021

Batubara merupakan bahan bakar yang murah, sehingga banyak di gunakan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Dengan banyak PLTU yang menggunakan batu bara tersebut, maka kebutuhan batu bara semakin banyak dan kualitas batu bara tersebut semakin menurun dan harganya pun terus naik. Dengan adanya masalah tersebut maka perlu meningkatkan kualitas batu bara, salah satunya dengan cara *Upgrading* menggunakan gas *exhaust boiler*. Dengan menggunakan pengering rotary, batu bara yang akan di *Upgrading* dari kalori rendah ke kalori tinggi dengan mengurangi kadar air,yang kemudian hasil *Upgrading* tersebut yang mana akan diaplikasikan pada software cycle tempo 5.1. Setelah di aplikasi pada cycle tempo 5.1, maka didapat peningkatan efisiensi terbaik untuk PLTU dapat meningkat efesiensi dan menurunkan laju batu bara,yang mana yang terbaik di dapat pada percobaan ke tiga yang mencapai efesiensi 37.041 % dengan laju batu bara yaitu 17.567 kg/s.

Abstract

Keywords:

coal upgrading;
rotary dryer;
gas exhaust boiler;
cycle tempo 5.1.

Coal is a cheap fuel, so it is widely used by steam power plants (PLTU). With many PLTUs using coal, the demand for coal increases and the quality of the coal is decreasing and the price continues to rise. With this problem, it is necessary to improve coal quality, one of which is by upgrading using a gas exhaust boiler. With using rotary dryer, the coal will be upgraded from low calorie to high calorie by reducing the moisture content, which will then be applied to the tempo cycle software 5.1. After application at cycle tempo 5.1, the best efficiency increase for PLTU can be increased efficiency and decrease coal rate, which is best obtained in the third experiment which achieved 37,041% efficiency with a coal rate of 17,567 kg /s.

*Penulis korespondensi:

Cecep deni mulyadi

E-mail: denicecep30@gmail.com

1. Pendahuluan

Ketersediaan cadangan batubara di Indonesia diprediksi akan habis dalam waktu 150 tahun. Sebagaimana hasil laporan badan kementerian ESDM tahun 2013 ,bahwa Indonesia memiliki cadangan batu bara 31 miliar ton ,dimana 64 % merupakan batu bara dengan kadar kalori sedang (5.100 sampai 6100 kal/gr),dan katagori kalori rendah tersedia 30 % (di bawah 5.100 kal/gr),sisanya berkalori tinggi 6700 sampai 7100 kal/gr dan kalori sangat tinggi di atas 7.100 kal/gr. Batu bara yang banyak di pakai oleh industri dan pembangkit menggunakan batu bara berkalori sedang sehingga batu bara tersebut cepat habis[1]. Maka dari itu perlu dilakukan *upgrading* batu bara untuk memperoleh efisiensi PLTU yang bagus dan lebih efisien antara bahan bakar yang baik. seperti yang telah dilakukan oleh beberapa metode pada coal *Upgrading*, beberapa penelitian lain antara lain diantaranya mengenai *Coal upgrading* dengan *coal drying* dan *coating* dengan *finacoal* dan *enzol*. Penelitian ini dilakukan dengan ukuran batu bara 2,88 mm, 5,66 mm, dan 8 mm di panaskan pada suhu 100°C, 150°C, dan 200°C, kemudian ditambahkan Finacoal dan enzol. Penambahan larutan tersebut sebagai penutup permukaan pori-pori batubara. Hasil dari proses *upgrading* ini kadar *Inherent moisture* turun dari 22,37 % menjadi 8,25 % . [2].

Penelitian lain *Upgrading* batu bara dengan menggunakan batubara peringkat rendah menggunakan minyak residu dan oli bekas. Penelitian ini dengan komposisi batubara, oli bekas, dan bensin pada sampel A adalah 1:0,75 :0,75 dan pada sampel B adalah 1:0,5 :0,5. Dengan Variasi waktu 90 dan 75 menit pada suhu 150°C dan 200°C. Hasil penelitian ini menunjukkan Nilai kalori batu bara sebelum *upgrading* 5223 kal/gr menjadi nilai kalori pada sampel A adalah 6849 kal/gr, dan nilai kalori pada sampel B adalah 6649 kal/gr. [3]. Penelitian berikutnya *upgrading* batu bara dengan desulfurisasi dan deashing (pencampuran dengan kimia) pada batu bara menggunakan NaOH dan HCl sebagai leaching agent. Pada penelitian ini di lakukan untuk mengetahui faktor proses leaching, dengan dilakukan beberapa variabel, yaitu waktu, suhu, ukuran partikel, konsentrasi larutan NaOH, dan konsentrasi HCl. Hasil menunjukkan kadar total sulfur awal dari 3,67% turun 2,93%, sedangkan persentase maksimum penurunan kadar abu sebesar 12,29%, [4]

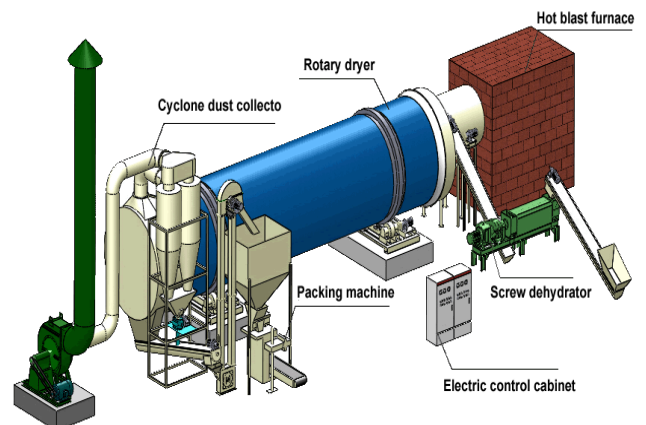
Penelitian lain adalah mengenai Dewatering Batubara Jorong, menggunakan minyak goreng bekas dan minyak tanah. Penelitian yang telah dilakukan oleh danang jaya,dkk dimana penelitian untuk mengurangi kadar air pada batu bara di lakukan slurry dewatering (penembahan zat aditif). Pada proses ini di lakukan perbandingan batu bara ukuran 35 mesh berat 100 gr kedalam minyak goreng dan minyak tanah 1:1 : 1,1 : 1 : 0,5 ,dan 1: 0,5: 0,5, dengan suhu pemanasan 120°C, 130 °C,140 °C,150 °C,dan 160 °C dengan pengadukan 500 rpm selama 1,5 jam. Hasil yang terbaik di dapat pada minyak goreng bekas: minyak tanah sebesar 1:1:1 pada suhu 160°C,ukuran batubara +-35 mesh, kecepatan pengadukan 500 rpm , waktu 1,5 jam. Dimana nilai kalori 7391,09 kal/g dan kadar air 0,61% [5].

Penelitian berikutnya penelitian Batubara jambi untuk meningkatkan kalori melalui radiasi gelombang mikro. Pada tahun 2020, oleh anisa, dkk. Pada penelitian ini menggunakan 720W,810W dan 900W dengan ketebalan batubara 9 cm, 11cm dan 13 cm. Hasil penelitian diperoleh karakteristik awal batubara Jambi dengan *total moisture* 45,04% dan nilai *grosscalorific value* (ar)yaitu 3577 .Setelah dilakukan radiasi gelombang mikro tersebut didapatkan rata-rata penurunan *total moisture* yaitu 31,2%,31,36%,32,65% dan kenaikan kalori sebesar 2011 kal ,2042 kal ,2139 kal [6].

Kelemahan pada metode tersebut diatas memerlukan biaya yang relatif lebih tinggi untuk proses *upgrading*, maka pada penelitian ini metode coal *Upgrading* yang di lakukan adalah dengan proses pengeringan menggunakan gas *exhaust boiler* sebagai pengering batu bara, sehingga tidak menggunakan biaya yang tinggi untuk proses *upgrading*. Ruang lingkup penelitian ini meliputi analisa atau perhitungan sistem *coal dryer* ,analisa sistem PLTU menggunakan *cycle tempo*, analisa kinerja PLTU dengan bahan bakar batu bara hasil *coal dryer* menggunakan *cycle tempo*.

2. Metode

2.1. Energi dan Coal *Upgrading dryer rotary*



Gambar 1. Strukur rotary dryer direct [7]

Rotary dryer adalah alat pengeringan yang yaitu dengan mengurangi kadar air seperti batu bara, padi, kayu, tanah liat dan lain sebagainya [8]. Energi untuk sistem pegeringan Kadar air kadar dapat di hitung melalui beberapa tahap, diantaranya [9]:

C_p batu bara: panas jenis batu bara (kkal/kg °C)

$C_{p\text{air}}$: panas jenis air, kkal/kg C

T_{da}: temperatur rata-rata udara pengering dari *exhaust boiler*

T_a: temperatur awal batu bara

T_b:temperatur batu bara keluar dari pengering

W_f: kadar air kering batu bara

W_i: kadar air basah batu bara

W_{bb}: berat batu bara

h_{fg}: panas laten air (kkal/kg)

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_i \quad (1)$$

Energi pemanas batu bara:

$$Q_t = w_{bb} \times C_p \times bb \times (T_b - T_a) \quad (2)$$

Berat air batu bara yang di keluarkan selama proses penegrimgan:

$$W_r = W_i - W_f$$

Energi pemanas air batu bara:

$$Q_w = W_r \times C_p \text{ air} \times (T_b - T_a) \quad (3)$$

Energi penguapan batu bara:

$$Q_i = W_r \times h_{fg} \text{ air} \quad (4)$$

Maka energi untuk pengeringan batu bara:

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_i \quad (5)$$

Gas panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran ataupun proses kimia dan dapat dimanfaatkan kembali. [10]. Klasifikasi gas *exhaust* yang dapat di gunakan dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Suhu Panas exhaust serta Pemanfaatannya

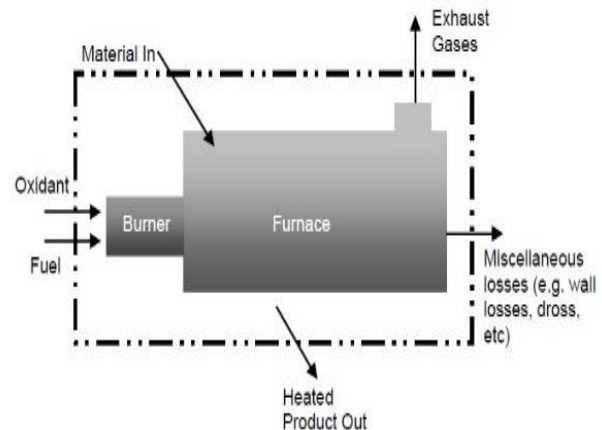
Range Suhu	Sumber Panas Buang	Suhu (oC)	Pemanfaatan
Suhu tinggi (>650oC)	Pemurnian nikel	1370-1650	Preheat
	Pemurnian tembaga	760-820	pembakaran
	Pemanasan baja	930-1040	Preheat pada furnace
	Pelelehan kaca	1300-1540	
	Pemurnian seng	760-1100	
	Keluaran boiler	230-480	Preheat udara
Suhu Sedang (230-650oC)	Keluaran turbin gas	370-540	pembakaran
	Oven pengering	230-600	Siklus Rankine untuk pembangkit energi
	Kiln semen	450-620	
	Kondensat uan Cooling water	50-90	Pemanasan
	kompresor udara Cooling water	30-50	Pemanas air
	mesin las	30-90	Siklus Rankine
Suhu Rendah (<230oC)	Cooling water pompa	30-90	
	Cooling water AC	30-45	
	Cooling water kompresor udara	30-50	

Kalor yang dapat di hitung dari gas buang hasil pembakaran dapat di lakukan dengan menghitung presentasi berapa energi yang hilang terhadap gas panas

buang, menghitung total energi yang dikonsumsi selama proses dilakukan serta menghitung total panas buang yang hilang selama prosesnya.

Asumsi yang dapat di gunakan dalam perhitungan gas buang hasil pembakaran, adalah sebagai berikut:

- Semua laju aliran massa dan perpindahan energi berlangsung pada keadaan *steady*.
- Masukan pada *furnace* pada keadaan suhu dan tekanan yang standar
- Gas keluaran berada pada tekanan atmosfer.
- Gas buang merupakan gas ideal (kecuali H₂O).
- *Furnace* memiliki *excess* air sebesar 10%.
- Pembakaran yang terjadi pada *furnace* merupakan pembakaran sempurna.



Gambar 2. Kesetimbangan Energi pada Furnace Industri.

Persamaan kesetimbangan energi pada gambar 2 sebagai berikut [10]:

$$E_{in} = E_{OUT} \quad (6)$$

$$E_{in} = E_{exh} + E_p + E_{misc} \quad (7)$$

Perhitungan gas panas buang E_{exh} yang merupakan fungsi dari laju aliran massa gas buang dan entalpinya, yang bergantung pada komposisi kimia dan suhu, sebagai berikut:

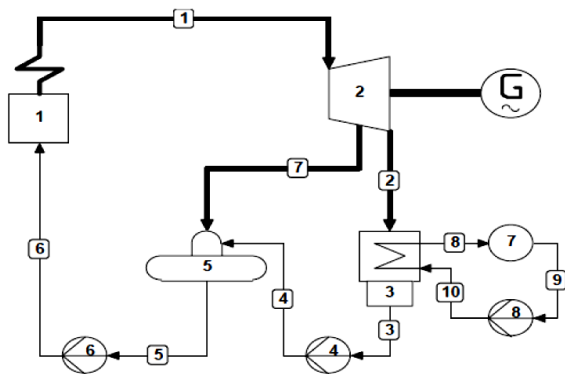
$$E_{exh} = \dot{m}_{exh} \sum_i [x_i h_i(t)] \quad (8)$$

$$E_{exh} = \dot{m}_{exh} [(x_{CO_2} h_{CO_2}) + (x_{H_2O} h_{H_2O}) + (x_{N_2} h_{N_2})] \quad (9)$$

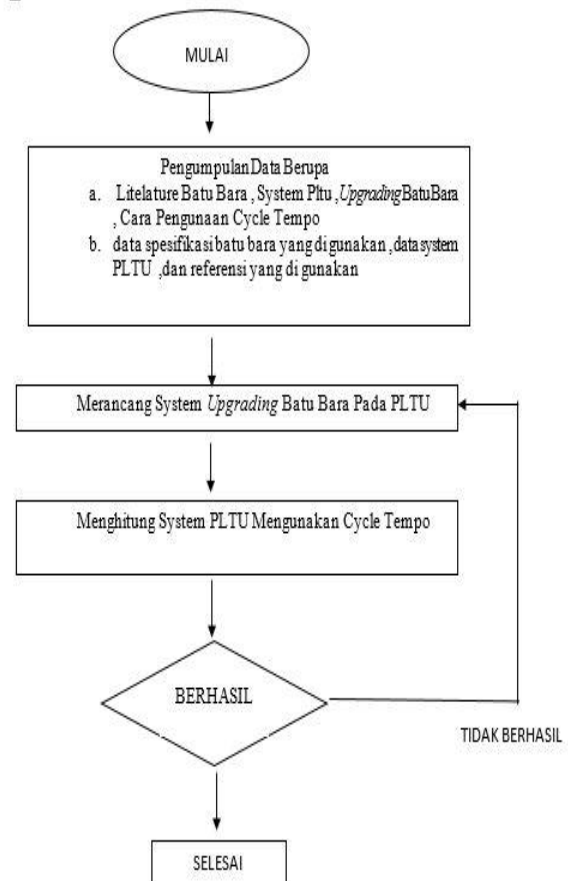
Prinsip Perhitungan *sistem Cycle tempo* menggunakan sistem buka dan tutup dalam kombinasi sistemnya. Penomoran yang urut diperlukan dalam mempersiapkan *input* data untuk semua skema proses dari pipa dan *apparatus* agar mudah untuk diidentifikasi dan urutan siklus tidak terpecah. Dalam langkah pembuatan simulasi yang perlu di perhatikan adalah:

- a) Parameter yang menentukan ukuran dari sistem, seperti banyak *apparatus*, pipa, turbin, dan lainnya.
- b) Data *apparatus* yang lebih spesifik yang berada pada tiap *apparatus*.

- c) *Topology* dari sistem yang menjelaskan program bagaimana pipa dapat terhubung dengan tiap *apparatus*.
- d) Medium data tiap pipa.
- e) Pembacaan data pilihan yang menjelaskan data tambahan lain yang diperlukan dalam perhitungan. Dalam memasukkan *input* data diperlukan pengecekan tiap langkah dikarenakan untuk setiap langkah yang *error* pasti langsung terdapat pesan *error* dari *software* ini. Data-data tersebut harus dimasukkan agar mendapatkan hasil yang mendekati kondisi aktual dari pembangkit [11].



Gambar 3. Contoh skema pembangkit dalam Cycle tempo



Gambar 4. *flowchart* penelitian

2.2 Metode Yang diusulkan

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu diantaranya mengidentifikasi masalah, pengumpulan data, merancang upgrading batu bara pada PLTU, menentukan spesifikasi dari batu bara, dan tahapan terakhir adalah desain sistem pengering.

Identifikasi masalah dilakukan melalui studi literatur untuk mendapatkan informasi penelitian terdahulu. Pengumpulan data didapat dari informasi terkait dengan spesifikasi batu bara yang digunakan, mesin pengering rotary, sistem PLTU dan data spesifikasi PLTU dan penerapan PLTU pada *cycle tempo*.

Perancangan *upgrading* batu bara pada PLTU dilakukan beberapa tahap, yaitu menentukan spesifikasi batu bara yang di gunakan, merancang desain mesin pengering *rotary*, analisa atau perhitungan sistem coal *dryer*, analisa sistem PLTU menggunakan *cycle tempo*, analisa kinerja PLTU dengan bahan bakar batu bara hasil coal *dryer* menggunakan *cycle tempo*. Berdasarkan perancangan penelitian tersebut maka dibuat skema penelitian seperti pada Gambar 4.

Pada tabel 1 telah di pilih batu bara yang akan di *Upgrading* yaitu di lakukan dengan dua variabel dan di lakukan percobaan pangkat sehingga percobaan menjadi empat kali. Melalui proses sistem pengeringan pada batu bara yang mana sistem pengeringan tersebut akan di pasang langsung pada *power plant* sehingga gas *exhaust* yang keluar dari *boiler* dapat di manfaat menjadi sistem pengering dengan *software cycle tempo*.

Tabel 2 variabel penelitian yang di gunakan

No	Batu bara(kkal)	Suhu(°C)
1	4395	200
2	5447	300

Tabel 3. Pengujian Menggunakan Per Pangkat

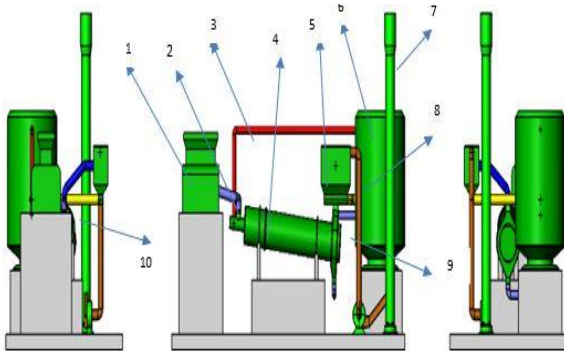
No	batu bara(Kkal)	Suhu(°C)	target (Kkal)
1	4395	200	5628
2	4395	300	5932
3	5447	200	6221
4	5447	300	6268

Tabel 4. Tabel Spesifikasi Batu Bara Yang Di Harapkan

Kalor batu bara	5628 kkal	5932 kkal	6221k kal	6268 kkal
Hidrogen	3,98%	4,54%	4,53%	4,31%
Oksigen	12,22%	10,36%	11,8%	10,16%
Abu	5,18%	5,69%	4,68%	5,61%
Air	19%	16%	13%	13%
Sulfur	1,70%	0,76%	1,59%	0,75%
Carbon	57,62%	62,35%	64,0%	65,87%
Nitrogen	0,30%	0,30%	0,30%	0,30%
Jumlah	1	1	1	1

Pada tabel 4 telah dipilih batu bara yang akan di *Upgrading* diantaranya, j1 dan EMB yang mana mempunyai kadar kalor 4395 kkal dan 5447 kkal di tingkatkan mejadi 5628 kkal, 5932 kkal, 6221 kkal, dan 6268 kkal. Melalui proses sistem pengeringan pada batu bara yang mana sistem pengeringan tersebut akan di pasang langsung pada *power plant* sehingga gas *exhaust* yang keluar dari *boiler* dapat di manfaat menjadi sistem pengering.

Untuk memanfaatkan gas buang yang keluar dari *exhaust boiler*, maka harus membuat desain pengering batu bara salah satunya menggunakan *rotary dryer* yang mana panas yang keluar dari boiler sebesar 300 °C. maka desain dryer rotary batu bara yang akan di lakukan dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 5. Desain Pembangkit Listrik Pra-Pengeringan Batubara

- 1. Tempat batu bara
- 2. Saluran masuk batu bara
- 3. Saluran gas exhaust boiler
- 4. Rotary dryer
- 5. Filter gas exhaust
- 6. Unit boiler
- 7. Cerobong asap
- 8. Saluran ke cerobong
- 9. Saluran batu bara ke boiler
- 10. Serbuk batu bara masuk boiler

Skema pembangkit listrik pra-pengeringan batubara menggunakan gas buang *boiler* diilustrasikan pada Gambar. 5 Cara kerja dari skema pengering diatas adalah sistem pengering menggunakan gas *exhaust boiler* untuk mengeringkan batu bara ,setelah di keringkan batu bara akan di bakar di *boiler*, sebelum keluar dari rotary dryer gas *exhaust boiler* di filter terlebih dahulu baru di buang ke cerobong.[12][13].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan pengeringan batu bara yang telah di tentukan maka di dapat sebagai berikut: 1). Berat air batu bara yang di dikeluarkan selama proses pengeringan $16\% \times 35,34 \text{ kg} = 5,65 \text{ kg}$; 2). Energi pemanas batu bara $(Q_t) = 16460,136 \text{ kkal}$; 3). Energi pemanas air batu bara $Q_w = 169,5 \text{ kkal}$; 4). Energi penguapan batu bara $Q_i = 450,305 \text{ kkal}$. Maka energi untuk pengeringan batu bara $= 17079,94 \text{ kkal/kg} \times 4,2 \text{ kJ/kgC} = 71735,75 \text{ kJ/kg}$ Sedang untuk menghitung kalor gas buang didapat $E_{exh} = 24422990,4$, dan Kalor pengering yang dibutuhkan untuk pengeringan batu bara $76417,74 \text{ kJ/s}$,Maka, $Q_{batubara} = 2442.290,4 \text{ kJ/s} - 76417,74 \text{ kJ/s} = 2434.6486,66 \text{ kJ/s}$ [10].

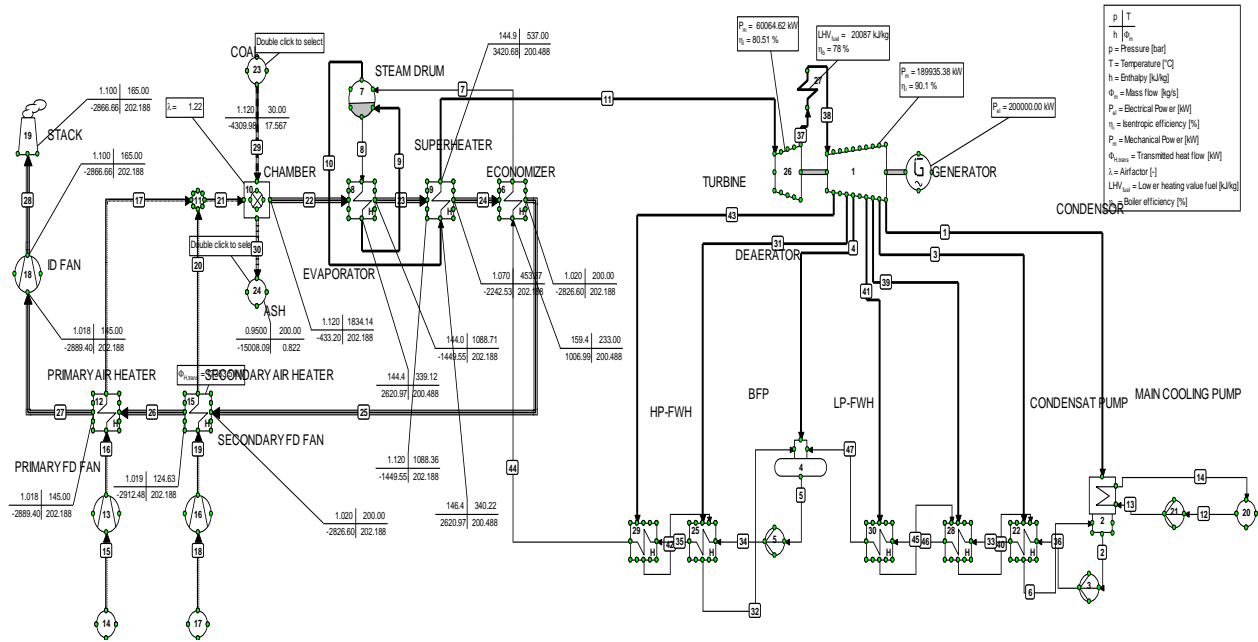
3.2 Analisis Hasil Simulasi

Analisa yang di lakukan yaitu *Upgrading* batu bara yang digunakan pada pembangkit unit 3 gresik, yaitu dengan data hasil *Upgrading* batu bara pada tabel 3.1. yang mana di tabel tersebut telah di lakukan *Upgrading* batu bara dengan mengurangi kadar air , sehingga kalori bahan bakar batu bara pun akan meningkat. setelah *Upgrading* maka di lakukan penghitungan HHV dan LHV pada batu bara yang belum di *Upgrading* dan sesudah *Upgrading* ,sehingga data LHV tersebut bisa di masukan pada data *boiler* untuk mengetahui power yang di dihasilkan [14].

Tabel.5. Perhitungan HHV dan LHV yang di input ke cycle tempo

No	Jenis Bahan Bakar	HHV (kJ/kg)	HHV (kCal/kg)	LHV (kJ/kg)	LHV (kCal/kg)
1	MM.EA ST (5628)	22941	5462	21559	5133
2	LCVHS (5932)	25558	6085	24125	5744
3	IDMHC VHS (6221)	26055	6203	24700	5881
4	HVSHS (6268)	26449	6297	25144	5986

Setelah dilakukan perhitungan pada HHV dan LHV batu bara, maka lakukan input data tersebut pada pipa batu bara dengan cara memasukan komposisi batu bara dan nilai LHV. Setelah itu maka lakukan running sehingga di dapat hasil pembangkit listrik seperti Gambar 6. Dari gambar 6 dapat lihat nilai batu bara yang di gunakan ke sistem PLTU tersebut. Setelah input data dan running maka dapat di lihat efisiensi PLTU tersebut, dengan cara memilih view dan pilih efisiensi. Maka tampil tabel sistem efisiensi PLTU tersebut seperti pada Tabel 6.

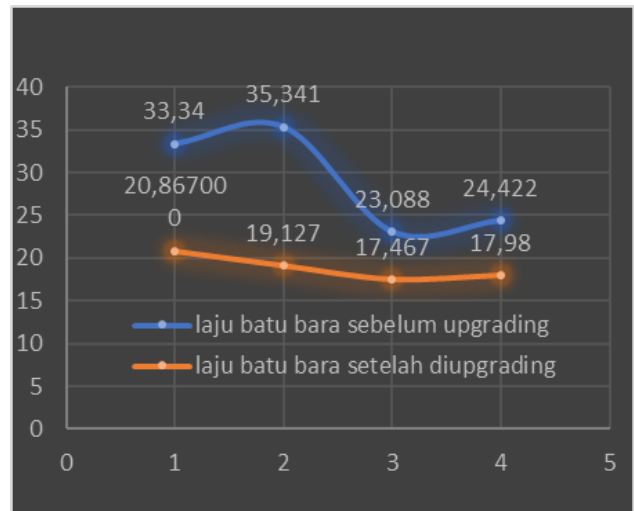


Gambar 6. Hasil *Upgrading Coal* Pada *Cycle Tempo* [15]

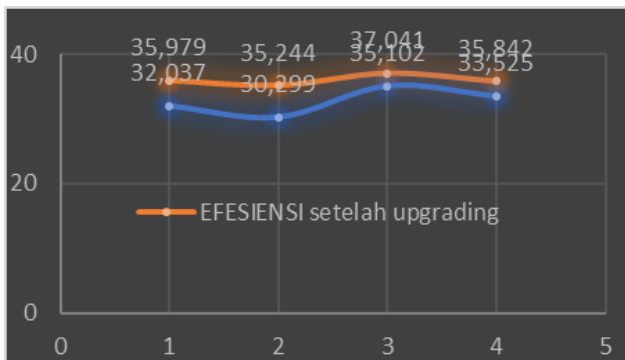
Tabel 6. sistem efisiensi PLTU setelah *Upgrading* batubara

No	efesien boiler blm upgrading (%)	laju batu bara belum upgrading (kg/s)	efisiensi sudah upgrading (%)	laju batu bara sudah upgrading (kg/s)
1	32,037	33,34	35,979	20,867
2	30,299	35,341	35,244	19,127
3	35,102	23,088	37,041	17,467
4	33,525	24,422	35,842	17,98

Pada gambar 6 *cycle tempo* itu merupakan hasil yang terbaik dari empat percobaan, yang mana data hasil percobaan tersebut dapat di lihat pada gambar 7 dan 8. Hasil *upgrading coal*. Berdasarkan perbandingan hasil *upgrading* batubara yang aplikasikan di *cycle tempo*, didapat data efisiensi dari PLTU yang diupgrading lebih baik dari pada efisiensi PLTU yang belum di *upgrading*. Dimana hasil bisa meningkatkan efisiensi dan dapat menurunkan laju batu bara dengan beban yang sama. Dan efisiensi yang terbaik terdapat pada percobaan ke tiga yaitu dapat meningkatkan efisiensi jadi 37.041 % dengan laju batu bara yaitu 17.467 kg/s.



Gambar 8. Grafik hasil *upgrading coal*



Gambar 7. Grafik hasil Efisiensi *upgrading coal*

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan evaluasi penelitian sistem *upgrading* batu bara pada PLTU, menunjukkan bahwa dengan meningkatkannya LHV batu bara setelah di *upgrading* maka akan berpengaruh pada efisiensi PLTU dan laju batu bara menurunkan . yang mana terbaik di dapat pada percobaan ke-3, yang mencapai efisiensi 37.041 % dengan laju batu bara yaitu 17.567 kg/s.

Daftar Pustaka:

- [1] Darmawan, A., Supriadi, Agus, and dkk, *laporan badan kementerian ESDM tahun 2015*, Cetakan pe. Jl. Medan Merdeka Selatan No. 18 Jakarta 10110: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Minera, 2015.
- [2] I. Ramdani, L. Pulungan, and D. F. Umar, "Upgrading Batubara Peringkat Rendah dengan Menggunakan

- Teknologi Coal Drying dan Coating dengan Finacoal dan Enzol di Puslitbang tekMIRA,” *Pros. Tek. Pertambangan; Vol 4, No 2, Pros. Tek. Pertamb. (Agustus, 2018); 398-404*, Aug. 2018, Accessed: Sep. 28, 2020. [Online]. Available: <http://repository.unisba.ac.id:8080/xmlui/handle/123456789/22374>.
- [3] A. A. Arisandy, W. Nugroho, and A. U. Winaswangusti, “Peningkatan Kualitas Batubara Sub Bituminous Menggunakan Minyak Residu Di PT. X Samarinda, Kalimantan Timur (Upgrading The Quality of Sub Bituminous Coal by Using Recycle Oil at PT. X Samarinda, East Kalimantan Province),” *J. Teknol. Miner. FT UNMUL*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [4] S. Widodo, S. Sufriadin, and E. Suhendar, “Desulfurisasi Dan Deashing Pada Batubara Menggunakan Naoh Dan Hcl Sebagai Leaching Agent,” *J. Geomine*, vol. 7, no. 1, p. 67, May 2019, doi: 10.33536/jg.v7i1.342.
- [5] D. B. Jorong *et al.*, “Dewatering of Coal from Jorong Kalimantan Selatan using Residue of Cooking Oil and Kerosene,” *Eksergi*, vol. 14, no. 2, pp. 35–39, Dec. 2017, Accessed: Oct. 01, 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/eksergi/article/view/2140>.
- [6] H. Anisa, M. Yusuf, S. Nasir, J. K. Raya Palembang Prabumulih, and S. Selatan, “Karakterisasi Batubara Jambi Untuk Peningkatan Kualitas Batubara Melalui Radiasi Gelombang Mikro Characterization Of Jambi Coal For Coal Quality Improvement Using Microwave Radiation,” *J. Pertamb.*, vol. xx No.xx, Aug. 2020, Accessed: Oct. 01, 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JP>.
- [7] A. Zikri *et al.*, “Uji Kinerja Rotary Dryer Berdasarkan Efisiensi Termal Pengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopellet,” *J. Tek. Kim.*, vol. 21, no. 2, 2015.
- [8] K. Pelaksana Litbang Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara, D. Yaskuri, M. Huda, and M. Ade Andriansyah, *Optimasi Pilot Plant Pengeringan Batubara*. Puslitbang Teknologi Mineral Dan Batubara -tekMIRA, 2014.
- [9] Saputro Yudi, “Jurnal Analisa Perhitungan Mesin Pengering Limbah Singkong (Onggok) | Saputro | Jurnal Teknik Mesin,” *J. Tek. MESIN Univ. BANDAR LAMPUNG*, pp. 31–40, 2015, Accessed: Sep. 29, 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM/article/view/1175>.
- [10] A. DAVIZA PUTRA, “Perancangan Dryer Bahan Bakar Di Perusahaan Pengolahan Kelapa Sawit Dengan Memanfaatkan Panas Buang Hasil Pembakaran Di Boiler Berbasis Computational Fluid Dynamic,” ITS, Surabaya, 2017.
- [11] *Cycle Tempo Operation | Computer File | Double Click.*
- [12] C. Xu, G. Xu, S. Zhao, W. Dong, L. Zhou, and Y. Yang, “A theoretical investigation of energy efficiency improvement by coal pre-drying in coal fired power plants,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 122, pp. 580–588, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.01.048.
- [13] Y. Sun *et al.*, “A thermodynamic analysis and economic evaluation of an integrated lignite upgrading and power generation system Enviromental Catalysis and Sustainable Energy View project Thermodynamic modeling View project A thermodynamic analysis and economic evaluation of an integrated lignite upgrading and power generation system A R T I C L E I N F O,” *Elsevier*, 2018, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.02.077.
- [14] R. Y. F. Simamora, “Analisa Termodinamika Pengaruh Aliran Massa Ekstraksi Turbin Uap Bagian High Pressure Untuk Feedwater Heater Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap 200 Mw Pt. Pjb Gresik,” 2015.
- [15] D. Pembimbing Eng Ir Prabowo and Me. Jurusan Teknik Mesin, “Analisis Termodinamika Pengaruh Aliran Massa Ekstraksi Turbin Uap Bagian High Pressure Untuk Feedwater Heater Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap 200 MW PT. PJB Gresik Rizky Yusuf Fernando Simamora,” 2015.