

## ANALISIS KADAR GAS EMISI CO-FIRING PADA BOILER PLTU INDRAMAYU MENGGUNAKAN CAMPURAN SAWDUST

Premadi Setyoko<sup>1</sup>, Alief Avicenna Luthfie<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: 41320120069@mercubuana.ac.id

**Abstrak**--Kadar NOx dan CO2 pada PLTU Eksisting di Pulau Jawa tidak sesuai dengan aturan pemerintah tentang baku mutu emisi gas buang industri dan efek gas rumah kaca yang ada di Indonesia dan dunia. Kadar gas emisi buang juga harus ditekan sesuai dengan adanya kesepakatan Paris *agreement* tahun 2021 tentang penurunan nilai ambang batas carbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar batu bara. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengevaluasi komposisi campuran *sawdust* yang optimal agar dapat dilakukan evaluasi hasil emisi gas buang menggunakan alat Ukur CEMS pada laboratorium lingkungan PLTU Indramayu setelah menggunakan campuran *sawdust* yang dibakar untuk mengurangi emisi gas buang sesuai standart baku mutu baik nasional dan internasional. Pengujian dilakukan dengan cara eksperimental di PLTU eksisting tipe *pulverized coal boiler* di PLTU Indramayu. Adapun tipe pembakarannya *direct firing coal pulverizing system* dengan *primary cold air* pada kecepatan medium dan metode yang digunakan dalam uji *co-firing* adalah *direct co-firing* bahan bakar batu bara dan *sawdust* dicampur di *coal yard* kemudian ditransfer ke *bunker* untuk di bakar. Pengujian *co-firing* dengan persentase campuran *sawdust* 5% di PLTU Indramayu 3x330 MW unit 2 mendapatkan hasil evaluasi pengujian teknik mixing bahan bakar batubara dan biomassa bisa tercampur dengan baik, Kandungan volatile matter pada biomassa yang lebih tinggi dari batubara juga terpantau aman pada mill outlet temperature FEGT *co-firing* biomassa rata rata cenderung turun 2,8<sup>o</sup>C dibanding kondisi eksisting 100%. Besarnya emisi gas buang baik SO2 maupun NOx pada pengujian *Co-firing* 5% *sawdust* di PLTU Indramayu Emisi SO2 turun dari 120,84 mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 106,3 mg/Nm<sup>3</sup>, Emisi NOx turun dari 365,41 mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 360,46 mg/Nm<sup>3</sup> memenuhi batas baku mutu emisi KLHK (550 mg/Nm<sup>3</sup>)

**Kata kunci:** *Co-firing, Boiler Pulverizer Coal, Sawdust, Emisi gas buang*

**Abstract**-- The levels of NOx and CO2 in the Existing PLTU on the island of Java are not in accordance with government regulations regarding quality standards for industrial exhaust emissions and the effects of greenhouse gases in Indonesia and the world. The level of exhaust emissions must also be reduced in accordance with the Paris agreement in 2021 regarding the reduction of the carbon threshold value produced by coal-fired power plants. So the purpose of this study is to evaluate the composition of the optimal sawdust mixture in order to evaluate the results of exhaust emissions using the CEMS Measuring tool at the PLTU Indramayu environmental laboratory after using a mixture of sawdust that is burned to reduce exhaust emissions according to both national and international quality standards. The test was carried out experimentally at the existing pulverized coal boiler type PLTU Indramayu. The combustion type is direct firing coal pulverizing system with primary cold air at medium speed and the method used in the co-firing test is direct co-firing of coal fuel and sawdust mixed in the coal yard and then transferred to the bunker to be burned. The co-firing test with a 5% sawdust mixture at PLTU Indramayu 3x330 MW unit 2 got the results of the evaluation of testing techniques for mixing coal fuel and biomass to be well mixed. The volatile matter content in biomass which is higher than coal is also safely monitored at mill outlet temperature FEGT co-firing biomass on average tends to decrease by 2.80C compared to the existing condition of 100%. The amount of exhaust gas emissions both SO2 and NOx in the Co-firing 5% sawdust test at PLTU Indramayu SO2 emissions decreased from 120.84 mg/Nm<sup>3</sup> to 106.3 mg/Nm<sup>3</sup>, NOx emissions decreased from 365.41 mg/Nm<sup>3</sup> to 360, 46 mg/Nm<sup>3</sup> meets the KLHK emission quality standard (550 mg/Nm<sup>3</sup>).

**Keywords:** *Co-firing, Boiler Pulverizer Coal, Sawdust, Exhaust emission*

### 1. PENDAHULUAN

PLTU Indramayu merupakan salah satu proyek asset penambahan daya 10.000 MW

yang pertama yang berada di desa sumur adem, Patrol, Indramayu dibangun pada tahun 2009 dengan kapasitas daya yang terpasang sebesar 3x330MW yang saat ini sudah

diserahkan kepada anak perusahaan PLN yakni PT.PJB untuk di kelola baik secara Operation & Maintenance ( O&M ). Adapun teknologi yang diadopsi yaitu menggunakan Boiler Babcock & Wilcock beijing Company. Ltd. [1]

Emisi gas buang yang dihasilkan dari keluaran gas hasil pembakaran pada PLTU indramayu ini juga mengakibatkan efek Gas rumah kaca (GRK). Gas Rumah Kaca merupakan gas di atmosfer, baik yang terbentuk secara alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan radiasi inframerah menyebabkan efek gas rumah kaca sehingga konsentrasinya meningkat. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah pemanasan global dan perubahan iklim. Berdasarkan hal tersebut, Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro, Brazil tahun 1992 menghasilkan Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-bangsa tentang Perubahan Iklim (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) yang bertujuan untuk menstabilisasi konsentrasi GRK di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem iklim.[2][3]

Pada tahun 2020, penerapan EBT masih jauh dari target yaitu sebesar 9,15%, terdapat deviasi sebesar 13,75% yang harus diimplementasikan dalam 5 tahun kedepan. Dari beberapa program EBT yang digagas dan diusulkan ke PLN, salah satu programnya adalah penerapan *co-firing* pada pembangkit listrik berbahan bakar batubara eksisting.[4]

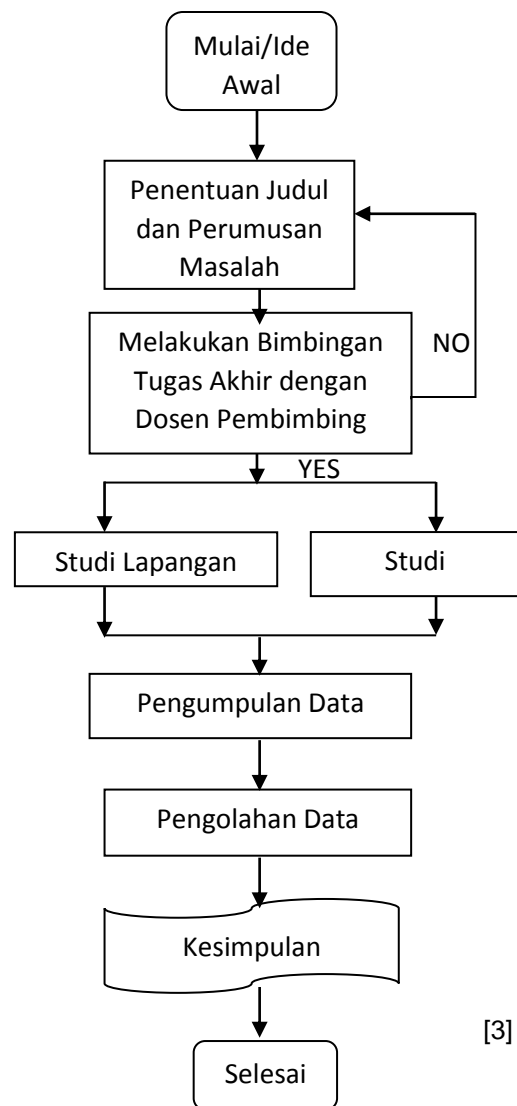
Menurut TIM kantor pusat PJB, (2022), net-zero emissions atau nol-bersih emisi tak mengacu pada pengertian berhentinya umat manusia memproduksi emisi. Secara alamiah manusia dan dunia tidak bisa tak memproduksi emisi. Manusia bernapas saja menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Jika dikalikan jumlah manusia sebanyak 7,8 miliar, emisi karbon dari napas manusia berkontribusi 5,8% terhadap volume emisi karbon tahunan. Pembangkit listrik tenaga termal berpotensi menimbulkan pencemaran udara, perlu dilakukan upaya pengendalian terhadap emisi yang dihasilkannya (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2019).[7]

Penggunaan metode *co-firing* untuk menurunkan kadar emisi gas buang pada Boiler tipe Pulverizer Coal. Hasil pembacaan Continuous Emission Monitoring System (CEMS), kandungan emisi NO<sub>x</sub> dalam gas buang pada saat *co-firing* adalah 200,7 mg/Nm<sup>3</sup>, lebih rendah 3,3% dibandingkan saat pembakaran batubara sebesar 207,6

mg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan kandungan emisi SO<sub>2</sub> dalam gas buang selama *co-firing* adalah 265,9 mg/Nm<sup>3</sup> lebih rendah 2,3% dibandingkan saat pembakaran batu bara 272,5 mg/Nm<sup>3</sup>. Dan metode yang murah yang digunakan dalam uji *co-firing* adalah Direct *co-firing*. Secara umum, tidak ada biaya investasi untuk peralatan khusus dengan metode ini.[8]

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir



[3]

Gambar 1 Diagram Alir

**a. Ide awal**

Pada awal ide pembuatan Tugas akhir ini ada beberapa pilihan untuk di jadikan dasar penelitian antara lain adalah efisiensi Boiler dengan kondisi batubara basah dan rendah kalori, Pengaruh perubahan atau Coal Switching terhadap pembakaran di Boiler dan yang terakhir adalah Pengaruh Emisi gas buang pada Boiler PC ( pulevrizer Coal ) dengan menggunakan campuran Biomasa terhadap efek GRK (Gas Rumah kaca ) dan trading Emisi yang akan diberlakukan pada tahun 2023 oleh pemerintah Negara Republik Indonesia.

**b. Penentuan Judul dan Perumusan Masalah**

Penentuan judul dilakukan untuk menentukan topik dan materi sesuai dengan permasalahan yang ditentukan. Perumusan masalah ditentukan untuk menentukan batasan masalah dan topik yang akan diteliti oleh penulis untuk sidang penelitian tugas akhir.

**c. Melakukan Bimbingan dengan Dosen**

Bimbingan dilakukan guna mendapatkan gambaran topik sesuai judul yang telah ditentukan kesesuaian dengan bidang Teknik Mesin guna mendapatkan disiplin ilmu yang telah didapat saat mendapatkan materi-materi kuliah Teknik Mesin.

**d. Studi Literatur**

Studi literatur untuk mencari teori dan materi yang berhubungan dengan penelitian baik dari Internet, Buku, Jurnal dari dalam dan luar negeri untuk dapat memperlancar penelitian dan penulisan tugas akhir.

**e. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Pengambilan data ini dilakukan secara manual dengan melakukan penelitian Bersama dengan management perusahaan secara langsung dan tidak langsung turun ke lapangan dan juga melalui membaca literatur seperti manual book atau SOP revisi yang terbaru dan IK yang telah disepakati.

**f. Pengolahan Data**

Setelah data yang diperoleh terkumpul selanjutnya dilakukan pengolahan data sesuai hasil atau report perusahaan yang diberikan dengan metode yang telah disesuaikan atau disepakati.

**g. Kesimpulan**

Setelah data berhasil dianalisis maka ditarik kesimpulan bagaimana masalah tersebut dapat dilakukan perbaikan atau continues improvement baik disisi management ataupun pengoperasian.

**2.2 Prosedur Penelitian**

Pada prosedur penelitian ini yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

**a. Ide awal**

Pada awal ide pembuatan Tugas akhir ini ada beberapa pilihan untuk di jadikan dasar penelitian antara lain adalah efisiensi Boiler dengan kondisi batubara basah dan rendah kalori, Pengaruh perubahan atau Coal Switching terhadap pembakaran di Boiler dan yang terakhir adalah Pengaruh Emisi gas buang pada Boiler PC (pulevrizer Coal) dengan menggunakan campuran Biomasa terhadap efek GRK (Gas Rumah kaca ) dan trading Emisi yang akan diberlakukan pada tahun 2023 oleh pemerintah Negara Republik Indonesia.

**b. Penentuan Judul dan Perumusan Masalah**

Penentuan judul dilakukan untuk menentukan topik dan materi sesuai dengan permasalahan yang ditentukan. Perumusan masalah ditentukan untuk menentukan batasan masalah dan topik yang akan diteliti oleh penulis untuk sidang penelitian tugas akhir.

**c. Melakukan Bimbingan dengan Dosen**

Bimbingan dilakukan guna mendapatkan gambaran topik sesuai judul yang telah ditentukan kesesuaian dengan bidang Teknik Mesin guna mendapatkan disiplin ilmu yang telah didapat saat mendapatkan materi-materi kuliah Teknik Mesin.

**d. Studi Literatur**

Studi literatur untuk mencari teori dan materi yang berhubungan dengan penelitian baik dari Internet, Buku, Jurnal dari dalam dan luar negeri untuk dapat memperlancar penelitian dan penulisan tugas akhir.

**e. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Pengambilan data ini dilakukan secara manual dengan melakukan penelitian Bersama dengan management perusahaan secara langsung dan tidak

langsung turun ke lapangan dan juga melalui membaca literatur seperti manual book atau SOP revisi yang terbaru dan IK yang telah disepakati.

**f. Pengolahan Data**

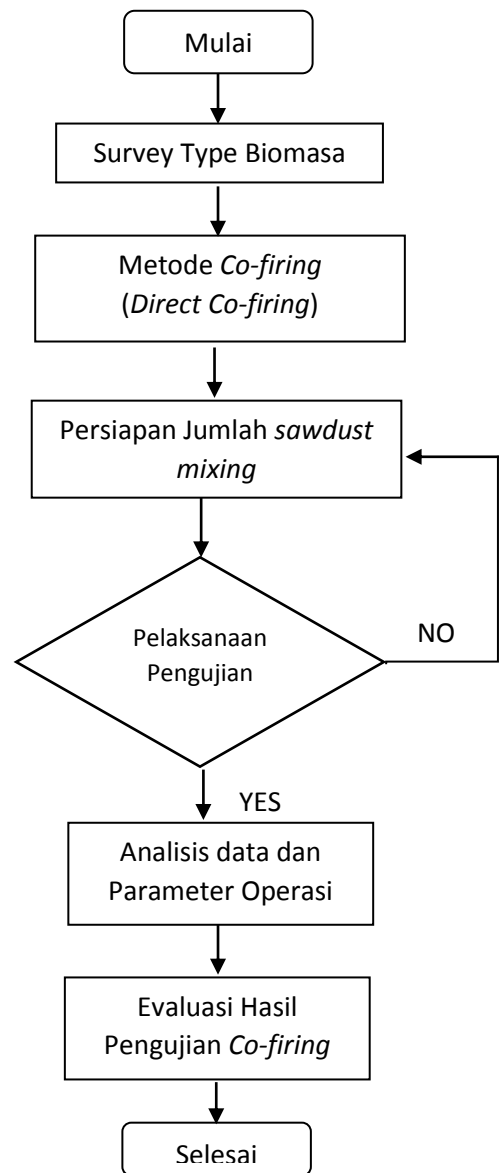
Setelah data yang diperoleh terkumpul selanjutnya dilakukan pengolahan data sesuai hasil atau report perusahaan yang diberikan dengan metode yang telah disesuaikan atau disepakati.

**g. Kesimpulan**

Setelah data berhasil dianalisis maka ditarik kesimpulan bagaimana masalah tersebut dapat dilakukan perbaikan atau continues improvement baik disisi management ataupun pengoperasian.

**2.3 Tahapan dan Metodologi Co-firing**

Pengujian ini dilakukan dengan cara pengujian secara eksperimental di PLTU eksisting tipe pulverized coal boiler. Adapun tipe pembakarannya direct firing coal pulverizing system dengan primary cold air pada kecepatan medium. Boiler yang didukung oleh Pemanas Udara Primer (PAH) dan Pemanas Udara Sekunder (SAH). Bahan bakar biomassa sawdust dan batubara dicampur pada coal yard dan dimasukkan ke dalam bunker batubara oleh stacker reclaimers untuk diteruskan ke tungku melalui 6 feeder batubara namun 1 stand by. Ada beberapa metode *co-firing* yang digunakan untuk membakar campuran biomassa dengan batubara, antara lain *direct co-firing*, *indirect co-firing* dan *parallel Co-firing* menurut Brem & Koppejan., (2005). Namun, metode yang murah yang digunakan dalam uji *co-firing* adalah *Direct co-firing*. Adapun diagram alir proses metodologinya adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.** Diagram alir metodologi Uji Co firing

**2.4 Alat dan Bahan**

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

**A. InSciensPro EV-10**

Alat ini berfungsi untuk mengukur kualitas sanitasi lingkungan udara. Spesifikasi alat ini antara lain :

- Sensor Gas Detector
  - LCD berlayar lebar

- Penyimpanan memori internal untuk pengukuran 100000 data
  - Gas yang dapat diukur yaitu gas beracun, gas yang mudah terbakar, oksigen, VOC
  - Metode deteksi : difusi secara alami
  - Environment Meter
  - Air Inspection Detector
- B. Wohler A-550

Alat ini berfungsi untuk mengukur dan menganalisa gas keluaran dari saluran pembuangan (cerobong). Spesifikasi alat ini antara lain :

- Portable Environment Device System. Portable Environment Device System, merupakan perangkat digital portable yang berfungsi sebagai media portable dan terintegrasi dengan aplikasi pengolahan data dilapangan (online dan offline) pengukuran semua parameter, dari hasil monitoring tenaga sanitarian yang dapat digunakan untuk menyimpan, mengolah, pemetaan, bertukar data, upload data, download data dan menyajikan laporan secara cepat (real time) dalam format standar (pdf/html).
- Environmental and Health Integration System (EHIS).

Bahan yang diperlukan :

- A. Sawdust  
Sawdust dikirim dari supplier dengan metode *trucking* ke PLTU Indramayu yang kemudian di- *unloading* dan disimpan di area coal yard antara biomassa dan batubara dilakukan di coal yard. Coal yard di PLTU Indramayu cukup terlindungi dari hujan dan cuaca dikarenakan terdapat coal shelter / coal dome. Biomass mixing dicampur dengan bantuan alat berat (*excavator*) untuk mendapatkan campuran yang cukup rata dari ujung jalur transport (coal yard).
- B. Mixing Bahan Bakar  
Untuk sawdust dan batubara masing2 diambil sampel 2x5 kg sebelum mixing, dan diambil sampel yg mixed di inlet coal feeder.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik Bahan Bakar

Pentingnya melakukan uji laboratorium terhadap campuran bahan bakar yang digunakan selain mengetahui nilai kalor, dapat diketahui zat yang terkandung dalam bahan bakar dan zat yang terbentuk pada hasil pembakaran sehingga dapat diprediksi potensi terbentuknya slagging, fouling. Karena keterbatasan data, maka perbandingan karakteristik antara batubara dan sawdust dilakukan dengan membandingkan hasil Ultimate analysis dan Proximate analysis yang diperoleh dari supplier antara batubara tipikal medium rank coal (Batubara A), batubara tipikal low rank coal yang digunakan di PLTU Indramayu (Batubara B) dan tipikal sawdust.

Sesuai dengan data hasil uji Laboratorium pada Tabel di bawah, kandungan sulfur pada tipikal sawdust sangat rendah sebesar 0,096% dibandingkan tipikal batubara yang berkisar 0,11% untuk tipe low rank coal dan berkisar 0,63% untuk tipe medium rank coal, sehingga penambahan sawdust pada pengujian *co-firing* sawdust berpotensi menurunkan emisi Sox.

Kandungan volatile matter pada tipikal sawdust juga jauh lebih besar dibandingkan dengan tipikal batubara, hal ini membuat sawdust akan lebih cepat terbakar dibandingkan batubara sehingga membantu mempercepat proses pembakaran di dalam boiler secara keseluruhan. Tipikal sawdust juga mempunyai kandungan ash yang lebih rendah dibandingkan dengan tipikal batubara sehingga dapat mengurangi jumlah ash yang terbentuk/yang dihasilkan dari proses pembakaran di boiler baik pada fly ash maupun bottom ash. Sementara dengan nilai kalor yang dimiliki sawdust untuk uji bakar di Indramayu sebesar 4.294 kCal/kg menunjukkan kandungan energi yang relatif sama dibandingkan dengan tipikal batubara low rank yang mempunyai nilai kalor 4.237 kCal/kg.

Beberapa karakteristik tipikal sawdust tersebut menjadi faktor pendukung dalam melaksanakan uji coba *co-firing* di PLTU Indramayu.

#### 3.2 Pengamatan Parameter Operasi Coal Mill

Hasil monitoring pada coal mill untuk point critical point seperti arus coal mill, coal feeder flow, mill outlet temperature menunjukkan deviasi yang kecil, dan masih dalam batas aman dan dari pengujian 100% batubara, current mill terpantau normal di seluruh mill

yang beroperasi seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut dibawah. Kandungan volatile matter pada biomassa yang lebih tinggi dari batubara juga terpantau aman pada mill outlet temperature, yang tidak menunjukkan kenaikan signifikan, sehingga aman untuk operasi coal mill.

Berdasarkan parameter mill current, mill outlet temperature dan AFR (lihat table diatas) dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Pada pengujian co-firing 5%, mill current rata - rata stabil cenderung naik hingga  $\pm 0,78$  Ampere dibandingkan kondisi operasi menggunakan 100% batubara. Kenaikan arus mill ini dikarenakan HGI sawdust yang jauh lebih rendah ketimbang HGI batubara, menyebabkan mill bekerja ekstra untung menghaluskan sawdust.

2. Pada pengujian co-firing 5%, mill outlet temperature cenderung naik hingga  $\pm 1,72$ oC dibandingkan kondisi operasi menggunakan 100% batubara. Kenaikan mill outlet temperature ini dikarenakan volatile matter sawdust yang jauh lebih tinggi ketimbang volatile matter batubara, menyebabkan penambahan sawdust dapat meningkatkan temperatur. Berdasarkan grafik menunjukkan MOT saat pengujian co-firing cenderung mengalami kenaikan variatif 1-3% kecuali pada Mill C yang mengalami penurunan dibandingkan, temperatur berkisar antara 59 – 62 °C. Nilai MOT (Mill outlet temperature)  $\geq 60$  OC perlu dimonitor dan diturunkan karena berpotensi terjadinya spontaneous combustion atau explosion.

3. Proses drying pada pulverizer dilakukan dengan mengalirkan udara panas dari forced draft melalui air preheater, dapat berpotensi terjadinya ledakan akibat terbakarnya bahan bakar selama proses milling sebelum masuk boiler. Udara panas ini akan mengeringkan batubara dan mengalirkan campuran udara panas dan serbuk batubara ke dalam ruang bakar. Oleh karena itu Mill Outlet Temperature (MOT) harus selalu dimonitor untuk mengetahui earlier combustion atau adanya indikasi pembakaran di mill.

4. Tren kenaikan mill current dan mill outlet temperature saat operasi co-firing masih dalam rentang batasan operasi (Setting MOT pada 63,5 OC) untuk coal mill di PLTU Indramayu.

5. Pada saat Co-firing dan Coal Firing dimasing masing mill terlihat bervariasi. Pada saat co-firing di mill D variasi AFR nya lebih besar dibandingkan pada saat Coal Firing. Nilai AFR yang bervariasi yg cukup besar tersebut akan mengakibatkan pembakaran

menjadi kurang baik, menimbulkan distribusi tekanan, suhu dan partikulat menjadi tidak merata.

6. Penurunan Air Fuel Ratio (AFR) sekitar 0,1-0,2 yang mengindikasikan pengaruh co-firing terhadap pembakaran yang terjadi yang membutuhkan flow bahan bakar yang kemungkinan berlebih demi mempertahankan beban unit.

7. Pada co-firing terjadi penurunan AFR total bila dibandingkan dengan coalfiring. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan pemakaian bahan bakar saat cofiring untuk mencapai beban yang sama dengan saat coal firing, dimana suplai udara pembakaran pada kedua operasi hampir sama.

Pada penelitian ini menggunakan data operasi pada pengujian co-firing PLTU Indramayu menggunakan 5% biomassa Serbuk Kayu pada beban yang ditahan sama (300 MW). Beberapa hasil pengamatan parameter operasi utama pada boiler, seperti load, total coal biomass flow, MST, MSP selama pengujian terpantau normal tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian 100% batubara dan masih memenuhi parameter desain. Gas inlet temperature air heater mengalami penurunan hingga  $\pm 1,7$  °C Spray superheater cenderung terdapat penurunan dari sebelumnya rata rata 108,56 t/h turun menjadi 79,12 t/h atau penurunan hingga 29,5 t/h.

Tipikal sawdust yang digunakan untuk pengujian ini memiliki nilai HGI yang lebih rendah hingga separuh dari HGI batubara, nilai HGI sawdust 45 seperti yang ditunjukkan pada Komparasi Karakteristik Batubara dengan Biomassa Sawdust. Hal ini mengisyaratkan keuletan sawdust yang akan lebih sulit untuk digrinding dan berpotensi meningkatkan arus coal mill maupun reject pyrite. Dari pengambilan sampel material pyrite tidak didapatkan sawdust yang keluar bersama reject pyrite dimana hal ini menunjukkan 5% sawdust bisa tergerinda dengan baik didalam coal mill dan mengalir selanjutnya menuju coal pipe dan coal burner.

Berdasarkan pengamatan parameter operasi load dan total coal flow pada pengujian co-firing sawdust hingga 5% pada beban yang relative sama (300 MW), dapat dianalisis total coal flow ketika operasi co-firing 5% sawdust dengan rata – rata 186,14 Ton/jam, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan ketika beroperasi menggunakan bahan bakar 100% batubara dengan rata-rata 192,26 Ton/jam.

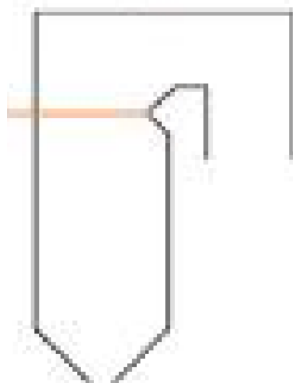
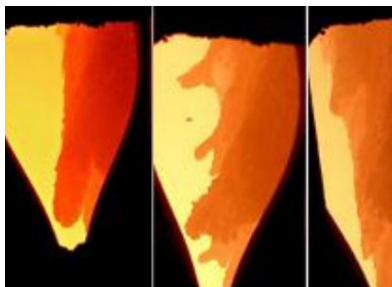
Data total coal flow merupakan penjumlahan dari coal feeder flow rate selama pengujian.

Berdasarkan pengamatan parameter gas outlet temperature air heater dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Pada pengujian co-firing 5%, gas outlet temperature air heater A ketika operasi co-firing 5% sawdust dengan rata – rata 192oC, cenderung sama/sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan ketika beroperasi menggunakan bahan bakar 100% batubara dengan rata-rata 191,4oC. Di samping itu, gas outlet temperature air heater B ketika operasi co-firing 5% sawdust dengan rata – rata 192,4oC, lebih rendah dibandingkan dengan ketika beroperasi menggunakan bahan bakar 100% batubara dengan rata-rata 194,3oC.
2. Tren gas outlet temperature air heater saat operasi co-firing masih dalam rentang batasan untuk kondisi normal operasi sesuai manual book boiler PLTU Indramayu.

### 3.3 Pengamatan FEGT

Pengamatan pada boiler FEGT saat 100% batubara dan 95%batubara – 5% biomassa adalah seperti ditunjukkan dalam gambar dibawah ini :



**Gambar 3** Visualisasi kondisi di FEGT

Mengetahui temperatur pembakaran di dalam boiler merupakan salah satu indikator yang sangat penting untuk mengetahui kinerja pembakaran dan boiler baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi lingkungan. FEGT dapat memiliki dampak besar pada kinerja dan keandalan boiler. Desain boiler melibatkan keseimbangan energi antara sisi api dan sisi uap.

Dalam boiler umumnya terdapat pemantauan sisi uap yang cukup, namun tidak memiliki pemantauan dan kontrol api yang memadai. Diawali pencampuran bahan bakar dan udara, selanjutnya terjadi pembakaran di furnace, dan fokus pemantauan berikutnya di jalur gas buang hingga temperatur keluar furnace boiler. Jadi titik kontrol antara keluar burner hingga keluar furnace boiler, salah satunya adalah FEGT.

Pada Titik kontrol ekstra ini (FEGT) memiliki berdampak besar pada kinerja dan keandalan boiler. Pada dasarnya, titik keluar furnace memisahkan zona radiasi dari zona konveksi. FEGT adalah parameter desain penting untuk boiler. FEGT mendefinisikan rasio penyerapan panas oleh radiant heating dan convective heating. Titik kontrol FEGT juga mengamati potensi fouling dari boiler tube di area konvektif. Jika FEGT berada di atas temperatur deformasi awal abu batubara (IDT), hal itu dapat menyebabkan fouling boiler tube yang parah oleh abu cair (molten ash). Temperatur gas buang saat masuk ke SH / RH juga harus terpantau lebih rendah dari temperatur Ash Fusion (AFT).

Pengujian FEGT dilakukan dengan menggunakan thermogun ke beberapa titik pengambilan di area furnace pada area yang berbeda.

Pengujian unburned carbon dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon yang tidak habis terbakar pada proses pembakaran. Semakin besar nilai UBC maka semakin tidak efisien suatu bahan bakar, karena banyak energi yang belum terkonversi. Nilai UBC yang tinggi tidak bagus untuk efisiensi proses pembakaran. Pengujian unburned carbon selama pengujian *co-firing* dilakukan pada saat uji bahan bakar 100% batubara dan 5% sawdust + 95% batubara. Dari hasil pengujian UBC, didapatkan bahwa baik saat pengujian 100% batubara maupun co-firing 5% sawdust menghasilkan unburned carbon yang rendah dan di bawah batasan nilai 1%. Dengan begitu, co-firing 5% sawdust dapat terbakar dengan baik.

### 3.4 Evaluasi Lingkungan Baku Mutu Emisi Pembangkit PLTU

Baku mutu emisi PLTU mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2019 seperti ditunjukkan pada Tabel 12 di bawah. Pencampuran bahan bakar, batubara dengan sawdust pada *co-firing* akan berpengaruh pada emisi gas buang yang dihasilkan, untuk itu dilakukan pengujian emisi gas buang untuk mengamati perubahan yang terjadi selama pengujian *co-firing*.

PLTU Indramayu dilengkapi dengan fasilitas CEMS. Pengujian emisi gas buang dilakukan dengan membandingkan data emisi gas buang saat dilakukan pengujian 100% batubara dengan pengujian *co-firing* 5% sawdust.

Berdasarkan hasil pengukuran emisi gas buang didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Emisi SO<sub>2</sub> rata-rata menunjukkan kecenderungan turun dari 120,84 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian operasi 100% batubara menjadi 106,3 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian *Co-firing* 5%, sedangkan baku mutu emisi KLHK sebesar 550 mg/Nm<sup>3</sup>.
2. Emisi NO<sub>x</sub> rata-rata menunjukkan kecenderungan turun dari 365,41 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian operasi 100% batubara menjadi 360,46 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian *Co-firing* 5%, sedangkan baku mutu emisi KLHK sebesar 550 mg/Nm<sup>3</sup>.
3. Besarnya emisi gas buang baik SO<sub>2</sub> maupun NO<sub>x</sub> pada pengujian *Co-firing* 5% sawdust di PLTU Indramayu masih memenuhi batasan Baku Mutu Lingkungan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2019.

### 4. KESIMPULAN

1. Secara visual mixing, teknik mixing bahan bakar batubara dan biomassa sebelum masuk silo dengan menggunakan proses manual alat berat di coal yard menunjukkan kedua jenis bahan bakar (batubara dan sawdust) masih baik.
2. Kandungan nilai sulfur biomassa lebih rendah dibandingkan dengan batubara, sehingga akan menghasilkan emisi pembakaran yang lebih rendah (ramah lingkungan). Kandungan sulfur pada Serbuk Kayu sangat rendah sebesar 0,01% dibandingkan batubara uji yang sebesar 0,1% untuk batubara uji (Arutmin LRC) dan berkisar 0,63% untuk typical medium rank coal, sehingga penambahan Serbuk Kayu pada pengujian *co-firing* Serbuk Kayu berpotensi

menurunkan emisi SO<sub>x</sub>. Sedangkan ash serbuk kayu terpantau lebih rendah dari batubara yang digunakan sehingga aman, dan volatile matter lebih tinggi dari sampel tipikal batubara akan meningkatkan reaktifitas pembakaran.

3. Monitoring parameter operasional pada beban 300 MW gross di PLTU Indramayu antara operasi 100% batubara maka operasi *co-firing* 5 % untuk point critical seperti total air flow, total coal flow, main steam temperature, main steam pressure, gas air heater outlet temperature, dan mill outlet temperature menunjukkan masih dalam batas aman pada pengujian hingga 5% biomassa.

4. Pada Mill outlet temperature saat pengujian *co-firing* cenderung mengalami kenaikan variatif 1-3% kecuali pada Mill C yang mengalami penurunan dibandingkan saat coal firing, temperatur berkisar antara 59 – 62 °C. Hal tersebut berpotensi terhadap keterlambatan penyalaan pada bahan bakar yang memiliki temperature yang rendah. Kenaikan mill outlet temperature ini dikarenakan volatile matter sawdust yang lebih tinggi ketimbang volatile matter batubara, menyebabkan penambahan sawdust dapat meningkatkan temperatur.

5. Pada *co-firing* terjadi penurunan AFR total bila dibandingkan dengan *coalfiring*. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan pemakaian bahan bakar saat *co-firing* untuk mencapai beban yang sama dengan saat *coalfiring*, dimana suplai udara pembakaran pada kedua operasi hampir sama.

6. Hasil pengujian unburned carbon menunjukkan bahwa baik pada saat pengujian 100% batubara maupun *co-firing* 5% sawdust dihasilkan unburned carbon yang rendah dan di bawah batasan nilai 1%. Dengan begitu, *co-firing* 5% sawdust dapat terbakar dengan baik.

7. Secara umum hasil kelayakan operasional dari monitoring visual mixing, sample material pyrite, monitoring parameter operasional coal mill, monitoring FEGT boiler masih aman dan dalam batas normal.

8. Bertambahnya prosentase *co-firing* cenderung menurunkan emisi gas buang SO<sub>2</sub>. Emisi SO<sub>2</sub> rata-rata menunjukkan kecenderungan turun dari 120,84 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian operasi 100% batubara menjadi 106,3 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian *Co-firing* 5%, sedangkan baku mutu emisi KLHK sebesar 550 mg/Nm<sup>3</sup>.

9. Emisi NO<sub>x</sub> rata-rata menunjukkan kecenderungan turun dari 365,41 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian operasi 100% batubara



menjadi 360,46 mg/Nm<sup>3</sup> pada pengujian Co-firing 5%, sedangkan baku mutu emisi KLHK sebesar 550 mg/Nm<sup>3</sup>.

10. Besarnya emisi gas buang baik SO<sub>2</sub> maupun NO<sub>x</sub> pada pengujian Co-firing 5% sawdust di PLTU Indramayu masih memenuhi batasan Baku Mutu Lingkungan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2019.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas, M. S. Hossain, and S. Mekhilef, "A review on biomass as a fuel for boilers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 5. pp. 2262–2289, Jun. 2011.
- [2] TIM PT PLN & Indonesia Power, "ANALISA PERFORMANCE TEST CO-FIRING SAW DUST DI PLTU SURALAYAYA 5," 2021. [Online]. Available: [www.indonesiapower.co.id](http://www.indonesiapower.co.id)
- [3] Cahyo N, "ANALISA PERFORMANCE TEST CO-FIRING SAW DUST DI PLTU SURALAYA UNIT 5," 2021.
- [4] Harbin Power Equipment Test Centre, "VOLUME I PERFORMANCE TEST REPORT FOR UNIT 1#," 2011.
- [5] TIM kantor pusat PJB, 131 STEK PT PJB 2022-03H\_220127\_164133. SURABAYA: PT PJB, 2022..
- [6] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, "[Lingkungan] Baku Mutu Emisi 2019," 2019.
- [7] Permana Y, "Laporan Pengujian CoFiring PJB Puslitbang PLTU Rembang\_15-021.KPK.KIT.2021," 2021.
- [8] F. Tanbar et al., "Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Sawdust Pada Pltu Type Pulverized Coal Boiler Sebagai Upaya Bauran Renewable Energy," 2021.
- [9] Agbor, E., Zhang, X., & Kumar, A. (2014). A review of biomass co-firing in North America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 40, pp. 930–943. ElsevierLtd.
- [10] Gil, M. v., & Rubiera, F. (2018). Coal and biomass cofiring. In *New Trends in Coal Conversion: Combustion, Gasification, Emissions, and Coking* (pp. 117–140). Elsevier Ltd