



Analisis Penyebab Fenomena *Rumbling* Pada *Pulverizer* MPS-280BH Saat Menggiling Batu Bara Jembayan di PLTU Tanjung Jati B Unit 5&6

Apriyanto Teguh Pribadi^{1*}, Syafrudin^{1,2}, Silviana^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

²Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

³Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: apriyanto656@gmail.com

(Received: November 15, 2025; Accepted: December 21, 2025)

Abstract

Analysis of the Causes of the Rumbling Phenomenon in the MPS-280BH Pulverizer When Grinding Jembayan Coal at Tanjung Jati B PLTU Units 5&6. TJB 5&6 PLTU uses MPS-280BH type pulverizer with 5 coal variations (KPC-X, KPC-Y, Kideco, Jembayan and PMM) as fuel in the boiler. The pulverizer experiences a rumbling phenomenon when using Jembayan coal which is indicated by vibrations rising more than 0.8 mm/second and the pulverizer vibrating strongly. This phenomenon can cause damage to the internal parts of the pulverizer and instrumentation components, in the long term will disrupt electricity production. Research was conducted to determine the causes of the rumbling phenomenon, operating patterns that trigger the rumbling phenomenon and safe operating patterns for this phenomenon. Based on observations and data analysis, it shows that rumbling occurs due to a combination of factors (1) the characteristics of Jembayan coal which has the lowest HGI value and water content compared to other coals, (2) the presence of foreign materials in the pulverizer, and (3) uneven wear on the internal components of the pulverizer. Operational trials showed that rumbling occurred at low coal flows (<80 tonnes/hour) with a normal classifier aperture (25.8%). However, rumbling can be prevented by increasing the classifier aperture by 40% and maintaining coal flows above 80 tonnes/hour without compromising coal fineness. These results have been confirmed by the original equipment manufacturer, with additional recommendations to set the pulverizer outlet temperature at 57°C and use a water injection system if rumbling occurs.

Keywords: *pulverizer, rumbling, Jembayan coal, coal properties, coal flow, classifier opening*

Abstrak

PLTU TJB 5&6 menggunakan *pulverizer* tipe MPS-280BH dengan 5 variasi batu bara (KPC-X, KPC-Y, Kideco, Jembayan dan PMM) sebagai bahan bakar di *boiler*. *Pulverizer* mengalami fenomena *rumbling* ketika menggunakan batu bara Jembayan yang diindikasikan dengan vibrasi naik lebih dari 0,8 mm/detik dan *pulverizer* bergetar dengan kuat. Fenomena ini dapat mengakibatkan kerusakan bagian dalam *pulverizer* dan komponen instrumentasi, dalam waktu yang lama akan membuat produksi listrik terganggu. Penelitian dilakukan untuk mengetahui penyebab fenomena *rumbling*, pola pengoperasian yang memicu fenomena *rumbling* dan pola pengoperasian yang aman untuk fenomena ini. Berdasarkan observasi dan analisis data menunjukkan *rumbling* terjadi akibat kombinasi faktor (1) karakteristik batu bara Jembayan yang memiliki nilai HGI dan kadar air terendah dibandingkan batu bara lainnya, (2) adanya material asing dalam *pulverizer*, serta (3) keausan tidak merata pada komponen internal *pulverizer*. Percobaan operasional menunjukkan bahwa *rumbling* muncul pada aliran batu bara rendah (<80 ton/jam) dengan bukaan *classifier* normal

(25,8%). Namun, *rumbling* dapat dicegah dengan meningkatkan bukaan *classifier* hingga 40% dan menjaga aliran batu bara di atas 80 ton/jam tanpa mengurangi kualitas kehalusan batu bara. Hasil ini telah dikonfirmasi oleh produsen asli alat, dengan rekomendasi tambahan berupa pengaturan suhu *outlet pulverizer* pada 57°C serta penggunaan sistem injeksi air jika *rumbling* terjadi.

Kata kunci: *pulverizer, rumbling, batu bara Jembayan, properties batu bara, flow batu bara, bukaan classifier*

How to Cite This Article: Pribadi, A. T., Syafrudin, S., & Silviana, S. (2025). Analisis Penyebab Fenomena *Rumbling* Pada *Pulverizer* MPS-280BH Saat Menggiling Batu Bara Jembayan di PLTU Tanjung Jati B Unit 5&6. *JPII*, 3(6), 398-403. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.26863>

PENDAHULUAN

Batu bara merupakan sumber energi utama bagi Revolusi Industri, termasuk listrik, material baru (baja, plastik, semen dan pupuk), transportasi cepat dan komunikasi canggih. (Speight, 2013). Pada pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan batu bara, sebelum dibakar di dalam furnace batu bara harus dihaluskan. Proses penghalusan batu bara ini menggunakan *pulverizer*. Secara umum, *pulverizer* dibagi ke dalam 3 tipe utama yakni *low*, *medium* dan *high speed*. Setiap tipe tersebut mempunyai keunggulan dan kelemahannya masing-masing. (Sherry et al., 2014)

Batu bara akan dimasukkan ke dalam *pulverizer* untuk melalui proses penggilingan hingga memenuhi kriteria 200 mesh lebih dari 75%. Keandalan performa dari *pulverizer* batu bara sangat penting untuk pengoperasian *full-load* pembangkit listrik tenaga batu bara yang berkelanjutan. *Pulverizer* yang efektif harus mampu menangani variasi batu bara dan mengakomodasi perubahan *load* (Kitto & Stultz, 2005)

Secara prinsip pengoperasian, ketika batu bara di dalam *pulverizer*, *the roller* melewati lapisan material granular, memampatkannya terhadap meja yang bergerak. Pergerakan *roller* menyebabkan gerakan antarpartikel, sementara tekanan rol menciptakan beban kompresif antarpartikel. Gerakan di bawah tekanan yang diberikan di dalam lapisan partikel menyebabkan *attrition* (pecahnya partikel karena gesekan) yang merupakan mekanisme pengurangan ukuran untuk memenuhi kebutuhan 75% dari 200 *Mesh*. (Kitto & Stultz, 2005)

Salah satu masalah yang terjadi di PLTU Tanjung Jati B 5&6 adalah *pulverizer rumbling*. *Rumbling* merupakan fenomena munculnya suara gemuruh dan getaran yang terkait dengan pengoperasian alat penghancur atau peralatan penggilingan lainnya (Higashitani et al., 2020). Fenomena *rumbling* merupakan kondisi yang tidak normal yang diindikasikan dengan kenaikan vibrasi *gearbox* menjadi lebih besar dari 0,7 mm/detik. kondisi ini dapat mengakibatkan kerusakan dari *pulverizer* dan peralatan-peralatan pendukungnya. Lebih jauh lagi apabila dibiarkan maka akan mengganggu pengoperasian pembangkit listrik.

PLTU TJB 5&6 menggunakan *pulverizer* tipe MPS-280BH dengan variasi 5 variasi batu bara dari beberapa tambang yakni KPC-X, KPC-Y, Kideco, Jembayan dan PMM dengan pola penggunaan campuran dan tidak dicampur untuk memenuhi kriteria kalori yang dipersyaratkan desain dari *boiler* (PT. Bhumi Jepara Services, 2023). Secara spesifik, fenomena *rumbling* ini hanya terjadi ketika *pulverizer* menggiling batu bara tipe Jembayan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya fenomena *rumbling* pada penggunaan batu bara Jembayan 100%, mengidentifikasi kondisi atau pola pengoperasian tertentu yang berpotensi memicu munculnya fenomena tersebut, serta memperoleh pola pengoperasian yang aman dan efektif untuk diterapkan ketika fenomena *rumbling* terjadi.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang di atas dan setelah rumusan masalah ditentukan, proses observasi, pengumpulan data dan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Studi permasalahan

Pada bagian ini dilakukan analisis terkait *rumbling* dan kemungkinan-kemungkinan yang menjadi faktor penyebab terjadinya *rumbling*. Didapatkan hipotesis kemungkinan penyebab *rumbling* antara lain:

- a) Kemungkinan pengaruh karakteristik batu bara Jembayan yang berbeda dengan batu bara lainnya.
- b) Kemungkinan ada pola pengoperasian tertentu pada *pulverizer* yang memicu terjadinya *rumbling*.
- c) Kemungkinan adanya material asing di dalam *pulverizer*.
- d) Kemungkinan adanya keausan yang tidak rata komponen bagian dalam *pulverizer*.

2. Pengumpulan data

Pengambilan data dilakukan merujuk pada hipotesis yang ada. Berikut adalah data/informasi yang diambil merujuk pada hipotesis.

- a) Data *coal properties* dari semua batu bara yang digunakan di pembangkit listrik TJB

5&6 berdasarkan *certificate of analysis* batu bara (COA).

- b) Parameter pengoperasian yang ada di *pulverizer* ketika proses *rumbling* terjadi. Pada bagian ini dilakukan percobaan secara langsung untuk mengamati fenomena *rumbling* menggunakan JMB 100%.
- c) Mengumpulkan data/informasi terkait adanya material asing di dalam *pulverizer*.
- d) Mengumpulkan data keausan komponen *pulverizer* bagian dalam.

3. Analisis Data

Pada proses ini dilakukan analisis data yang sudah ada.

a) *Coal properties*

Data semua batu bara yang digunakan di TJB 5&6 dibandingkan satu dengan lainnya dengan referensi kriteria ketentuan desain. Berikut adalah perbandingan analisis batu bara.

Tabel 1. Perbandingan batu bara

DESCRIPTION	UNIT	DESIGN CRITERIA	COAL TYPE				
			JEMBAYAN	KPC-X	KPC-Y	KIDECO	PMM-ABB
Higher Heating Value (HHV)	Kcal/kg	4200 - 4800	5250	5000	4400	4200	4800
Total moisture	%	27 - 35	21,02	23	34	35	26
Inherent Moisture (air dried basis)	%	18 - 20	15,37	16	21.5	18.5	9
Ash content (air dried basis)	%	2,0 - 6	5,32	6	6	4.4	7
Volatile Matter (air dried)	%	37,7 - 42	37,43	38	37.7	40.4	43
Fixed carbon (air dried basis)	%	37,8 - 39	41,88	39.5	34.8	By Diff	40.7
Grindability (Hardgrove)	Index	38 - 55	45	45	52	55	54
ULTIMATE ANALYSIS (Dry Ash-free basis)							
Carbon (C)	%wt	71 - 76,1	73.38	76	72	74	75.48
Hydrogen (H)	%wt	4,01 - 6,01	5,02	5.2	5.2	5.5	5.38
Nitrogen (N)	%wt	0,75 - 1,54	1.30	1.4	0.91	1	1.1
Sulphur (S)	%wt	0,11 - 0,5	0.30	0.5	0.5	0.17	0.36
Oxygen (O)	%wt	16,7 - 23,93	20.00	16.7	22.4	19.3	18.08
Chlorine (Cl)	%wt	N/A	0.01	N/A	N/A	N/A	0.011
ASH ANALYSIS							
A. Chemical Composition (Dry Basis)							
SiO ₂	%wt	20 - 43	47,87	40	32.2	29.4	61.5
Al ₂ O ₃	%wt	10,1 - 32	23,24	13.9	12.7	11.5	18.8
Fe ₂ O ₃	%wt	13 - 24,8	6,4	14.8	18.1	30.4	5.5
CaO	%wt	12 - 22,7	11,4	10.5	14	16.1	6.7
MgO	%wt	4,5 - 8,9	3,14	7.5	10.4	6.7	1.56
Na ₂ O	%wt	0,15 - 0,61	2,5	0.7	0.51	0.2	0.6
K ₂ O	%wt	0,35 - 1,4	0,85	1.7	1.06	0.5	0.09
Undet (Mn ₂ O ₄)	%wt		0,06	0.4	0.4	0.3	0.26
TiO ₂	%wt	0,28 - 0,9	1,1	0.8	0.9	0.8	0.29
P ₂ O ₃	%wt	0,1 - 0,34	0,37	0.2	0.26	0.3	0.088
SO ₃	%wt	3,8 - 9,93	4,89	9.5	9.47	5.9	4.45
B. ASH FUSION TEMPERATURE (in reducing)							
Initial deformation temperature	°C	1130 - 1170	1140	1130	1130	1150	1250
Softening temperature	°C	1150 - 1200	1160	N/A	N/A	1160	1290
Hemisphere temperature	°C	1175 - 1250	1160	1180	1160	1180	1330
Flow temperature	°C	1200 - 1310	1190	1250	1210	1190	1390

Data di atas dapat dilihat bahwa semua batu bara yang digunakan tidak ada yang 100% memenuhi kriteria desain, dan batu bara Jembayan memiliki paling banyak kriteria yang di luar desain dibandingkan dengan batu bara lainnya. Fenomena *rumbling* berhubungan erat

dengan proses penggilingan batu bara dan karakteristik batu bara yang paling berpengaruh adalah HGI & kadar air.

The grindability of coal adalah fisik komposit properti yang mencakup sifat spesifik lainnya seperti kekerasan, kekuatan, keuletan dan patah. Semakin tinggi nilai HGI maka semakin mudah batu bara dihancurkan. (Speight, 2013). Batu bara terus-menerus dimasukkan ke dalam *pulverizer* dari *bunker boiler*, dan udara panas dimasukkan ke dalam penggiling untuk mengeringkan dan mengangkut *pulverizer fuel* (PF) ke pembakar. Sifat batu bara yang paling berpengaruh pada kinerja penggiling adalah kandungan kelembapan, terutama permukaan yang memengaruhi karakteristik aliran. Secara umum, kandungan kelembapan batu bara yang tinggi akan membutuhkan suhu masuk penggiling yang lebih tinggi untuk mempertahankan suhu keluar penggiling yang diinginkan sekitar 70°C (158°F) (Speight, 2013)

Dari data di atas menunjukkan bahwa batu bara Jembayan memiliki kadar air yang paling rendah dan nilai HGI yang paling rendah sehingga akan lebih sulit dihaluskan dibandingkan dengan batu bara lainnya.

b) Parameter pengoperasian

Pengamatan fenomena *rumbling* dilakukan dengan mencoba mengoperasikan *pulverizer* menggunakan batu bara Jembayan dengan beberapa manuver/variasi *flow rate* batu bara dan bukaan *classifier pulverizer*.

Tabel 2. Ringkasan percobaan

No	Coal Flow (Ton/Hour)	Classifier Opening	Rumbling/ Not
1	82.6	25.8%	Rumbling
2	82.6	40%	Not Rumbling
3	70	25.8%	Rumbling
4	70	35%	Rumbling
5	70	40%	Not Rumbling
6	70	60%	Not Rumbling
7	70	26%	Rumbling
8	70	26%	Rumbling
9	70	35%	Rumbling
10	70	40%	occasionally
11	80	40%	Not Rumbling

Pengoperasian normal untuk *pulverizer* adalah bukaan *classifier* 25,8% dan *coal flow* 80-110 ton/jam tergantung batu bara yang digunakan. Ketika menggunakan batu bara Jembayan yang memiliki nilai kalori lebih besar dibandingkan batu bara lainnya membuat *coal flow* berada di level rendah sekitar 82,6 ton/jam.

Berdasarkan data di atas, mengoperasikan batu bara Jembayan dengan *flow* kurang atau sama dengan 80 ton/jam dengan bukaan *classifier* normal akan memicu fenomena *rumbling*. Hal ini berbeda dengan batu bara lainnya yang memiliki kalori lebih rendah, dengan kondisi *coal flow* yang lebih banyak dengan bukaan *classifier* normal tidak akan memicu fenomena *rumbling*.

- c) Material asing di dalam *pulverizer*.

Kemungkinan hipotesis lain yang menyebabkan fenomena *rumbling* adalah adanya material asing yang masuk ke dalam *pulverizer*, ketika ada material asing (besi, logam dan sebagainya) yang tidak dapat digiling maka material asing itu akan ada di dalam proses penggilingan batu bara dan memicu fenomena *rumbling* karena kontak langsung dengan penggiling.

Berdasarkan riwayat perawatan pencegahan yang dilakukan setiap 4 bulan menunjukkan bahwa selalu ada material asing seperti baut, plat besi, *round bar*, kayu dan sebagainya yang kemungkinan turut berkontribusi terhadap munculnya fenomena *rumbling* ini.



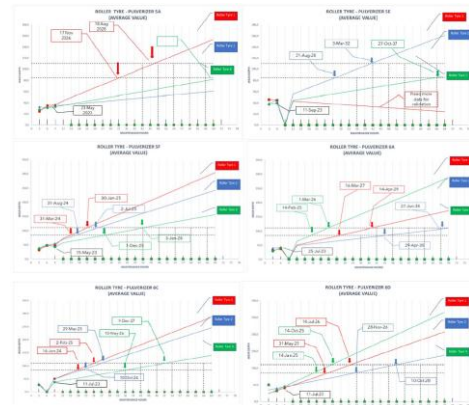
Gambar 1. Material asing temuan ketika PM-3000 hours

- d) Data keausan bagian dalam *pulverizer*

Keausan yang tidak rata di bagian dalam *pulverizer* merupakan salah satu hipotesis terhadap terjadinya fenomena *rumbling*, hal ini dikarenakan *internal part pulverizer* tidak akan pas dengan jalurnya ketika proses menggiling batu bara dan menyebabkan fenomena *rumbling*.

Pada saat PM 3000H, dilakukan pengukuran keausan *internal part* antara lain *roller tyre* dan *grinding segment*.

Berdasarkan data keausan, *pulverizer* yang mengalami tingkat keausan yang tidak rata adalah *pulverizer* 5A, 5E, 5F, 5B, 6A, 6C dan 6D.



Gambar 2. Grinding segment & roller tyre weariness condition

- 4. Konfirmasi hasil analisis ke original manufaktur

Ringkasan analisis data dibagikan kepada OEM untuk dilakukan proses peninjauan sebelum dilakukan proses mengubah prosedur pengoperasian. Berikut klarifikasi dari OEM setelah melakukan peninjauan terhadap data yang sudah diberikan:

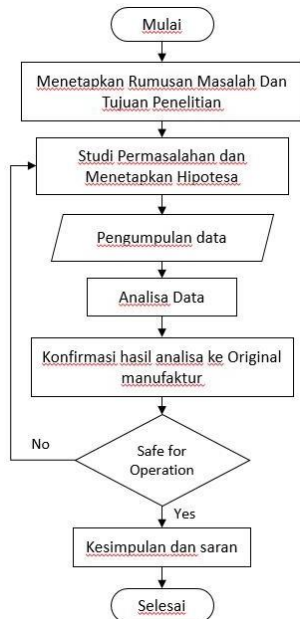
- a) Kriteria penerimaan getaran adalah 4,3 mm/s Dalam pengalaman MPW, terdapat batu bara khusus (*slippy coal*) yang jarang ditemukan dan mudah menghasilkan getaran besar meskipun sifat umum (HGI & kelembapan) normal. Hal ini bergantung pada gesekan internal batu bara, yang biasanya tidak diukur sebagai analisis batu bara. Ada kemungkinan bahwa batu bara JMB juga merupakan "batu bara khusus".
- b) Saat menggunakan JMB-100% secara terus menerus, MPW menyarankan pengaturan operasi sebagai berikut:

- Bukaan *classifier* 40% (*continuously*).
- Tekanan penggilingan hidrolis dibatasi hingga 96,9 hingga 115 bar untuk pemotongan masuk-keluar (*continuously*).
- Suhu keluaran penggiling diatur pada 57°C (mode otomatis).

Jika masih terjadi gemuruh, tindakan yang harus diambil hanyalah menyuntikkan air sementara (tanpa manuver apa pun pada klasifikasi, aliran batu bara dan lain-lain). Tidak diperlukan perawatan tambahan, tetapi tekanan dan suhu masuk penggiling yang berbeda harus

dipantau dengan cermat (Mitsubishi Power Ltd., 2023)

Penjelasan dan runtutan metode penelitian tersebut terangkum dalam diagram alir sebagai berikut



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN Penyebab Fenomena *Rumbling*

Berdasarkan hipotesis awal yang dilanjutkan dengan pengambilan data dan analisis didapat beberapa poin yang memicu fenomena *rumbling*, sebagai berikut:

- Faktor batu bara

Berdasarkan data yang ada menunjukkan secara umum batu bara Jembayan mempunyai karakteristik paling banyak tidak memenuhi kriteria desain dibandingkan batu bara lainnya.

Secara lebih spesifik, COA *properties* yang paling berpengaruh terhadap terjadinya fenomena *rumbling* adalah kadar air dan HGI. Berdasarkan data analisis batu bara, nilai kadar air dan HGI di batu bara Jembayan adalah yang paling rendah dibandingkan batu bara lainnya. Hal ini menunjukkan batu bara Jembayan lebih susah dihaluskan dan berkontribusi terhadap munculnya fenomena *rumbling*.

Selain itu, nilai kalori batu bara Jembayan adalah yang paling tinggi dibandingkan batu bara lainnya. Hal ini akan membuat *coal flow* batu bara lebih rendah dan membuat lapisan batu bara pada saat proses penggilingan lebih tipis dan menyebabkan fenomena *rumbling*.

- Material asing

Setiap pelaksanaan rutin inspeksi *pulverizer*, selalu ditemukan adanya material

asing yang tidak dapat dihaluskan seperti baut, plat besi, *round bar*, kayu dan sebagainya. Ketika material asing ini tidak dapat dihaluskan dan tidak dapat terbuang secara otomatis, maka material ini akan tertinggal di dalam meja penggilingan sehingga akan kontak langsung dengan komponen penggiling dan turut berkontribusi munculnya fenomena *rumbling*.

- Keausan internal *part pulverizer* yang tidak rata

Tingkat keausan yang tidak merata dapat memicu terjadinya fenomena *rumbling* dikarenakan *roller tyre* tidak lagi pada posisi yang sama rata sehingga ada kemungkinan *roller tyre* keluar dari jalur *grinding segment* dan menyebabkan fenomena *rumbling*.

Pola Pengoperasian yang Memicu Fenomena *Rumbling*

Berdasarkan percobaan didapatkan hasil bahwa mengoperasikan *pulverizer* dengan *flow* rendah (kurang dari 80 ton/jam) dan bukaan *classifier* normal akan menyebabkan fenomena *rumbling*. *Primary air* yang digunakan untuk menghantarkan batu bara halus hasil proses penggilingan diatur secara otomatis berdasarkan *air/coal ration*. Ketika *flow* batu bara rendah, *primary air* yang masuk ke *pulverizer* akan berkurang sedangkan putaran dan kerja *pulverizer* adalah tetap antara *flow* batu bara besar dan kecil.

Kondisi ini menyebabkan batu bara mengalami proses penggilingan yang lebih lama yang berakibat semakin banyaknya batu bara halus di dalam *pulverizer*. *Primary air* akan menghantarkan batu bara halus ke ruang bakar dan menyisakan lapisan tipis batu bara yang sedang digiling. Tipisnya lapisan batu bara di dalam *pulverizer* akan mengakibatkan *roller tyre* sesekali *slip* dan bersentuhan langsung dengan *grinding segment* sehingga menyebabkan fenomena *rumbling* (Storm & Storm, 2007). Selain itu, dari percobaan juga dapat diketahui bahwa mengoperasikan *pulverizer* dengan *flow* rendah namun dengan bukaan *classifier opening* 40% atau lebih akan membuat fenomena *rumbling* hilang dan aman untuk dioperasikan.

Pengaruh Pengoperasian dengan Bukaan *Classifier* 40% Terhadap Kualitas Kehalusan Batu Bara

Mengoperasikan *pulverizer* dengan bukaan hingga 40% akan memengaruhi hal lain seperti tingkat kehalusan batu bara tidak memenuhi kriteria dan akan berakibat pada nilai CO *emission flue gas* akan meningkat efek dari batu bara tidak terbakar secara sempurna. Selama proses *trial*, pengukuran kehalusan batu bara dilakukan pada bukaan 40% *classifier* dan menunjukkan bahwa tingkat kehalusan batu bara memenuhi kriteria diterima >75% untuk 200 mesh.

	Pulverizer	Coal Flow	Classifier Open	Coal Pipe 1-6		Remarks
				Average	(Requirement >75%)	
1st Trial	Pulverizer 6D	78,7 Ton/Hour	40%	77,6		
	Pulverizer 5B	70 Ton/Hour	40%	66,7		Error Data
2nd Trial	Pulverizer 5B	70 Ton/Hour	60%	73,3		
	Pulverizer 6D	70 Ton/Hour	40%	77,6		
3rd Trial	Pulverizer 6D	80 Ton/Hour	40%	77,8		

Gambar 4. Kehalusan batu bara pada bukaan 40%

Kehalusan batu bara dari proses penggilingan *pulverizer* harus mencapai 75% dari 200 mesh untuk mencapai kinerja pembakaran yang baik dan optimal (Puskar, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pengamatan langsung di lapangan, dapat disimpulkan bahwa fenomena *rumbling* pada *pulverizer* dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor utama berasal dari karakteristik batu bara Jembayan yang memiliki nilai *Hardgrove Grindability Index* (HGI) dan kadar air yang lebih rendah dibandingkan batu bara desain, sehingga proses penghalusan batu bara menjadi lebih sulit dan menyebabkan akumulasi batu bara di dalam *pulverizer*. Selain itu, nilai kalor batu bara Jembayan yang relatif tinggi mengakibatkan kebutuhan *coal flow* menjadi lebih rendah dibandingkan kondisi desain, yang pada akhirnya dapat memicu terjadinya fenomena *rumbling*. Faktor lain yang turut berkontribusi adalah adanya material asing yang masuk ke dalam sistem serta keausan yang tidak merata pada komponen internal *pulverizer*.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pola pengoperasian yang berpotensi memicu terjadinya fenomena *rumbling* adalah ketika *pulverizer* dioperasikan pada kondisi *coal flow* rendah dengan bukaan *classifier* normal sebesar 25,8%. Kondisi ini berkaitan erat dengan tingginya nilai kalor batu bara Jembayan yang menyebabkan kebutuhan aliran batu bara menjadi lebih rendah, sehingga meningkatkan potensi terjadinya *rumbling*.

Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi operasional, batu bara Jembayan dinyatakan aman untuk dioperasikan dengan syarat *coal flow* dijaga di atas 80 ton/jam dan bukaan *classifier* diatur sebesar 40%. Penerapan pola operasi tersebut terbukti mampu mengurangi potensi terjadinya fenomena *rumbling* tanpa mengganggu kualitas kehalusan batu bara. Hal ini dibuktikan melalui hasil pengambilan sampel dan pengujian kehalusan batu bara selama pelaksanaan percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

Higashitani, K., Makino, H., & Matsusaka, S. (Eds.). (2019). *Powder technology handbook*. CRC Press.
 Misubishi Hitachi Power System. (2022). *Maintenance Manual (Vol.4 Of 6) – Pulverizer*: 0–13.

Misubishi Hitachi Power System. (2022). *Operation Manual (Vol 3 of 8) - Main Fuel (Pulverized Coal) System*.

Mitsubishi Power Ltd. (2023). *MP Answer for Rumbling Phenomena (JMB-100%)*.

PT. Bhumi Jepara Services. (2023). *Internal Company Dokumen*. Jepara.

Puskar, J. R. (2013). *Fuel and combustion systems safety: what you don't know can kill you!*. John Wiley & Sons.

Sherry, A., Beck, J. S., & Cruddace, A. E. (Eds.). (2014). *Modern Power Station Practice: Mechanical Boilers, Fuel-, and Ash-Handling Plant*. Elsevier.

Speight, J. G. (2013). *Coal-fired power generation handbook*. John Wiley & Sons.

Storm, R. F., & Storm, S. K. (2007). To optimize performance, begin at the pulverizers. *Power*, 151(2), 37-+.

Stultz, S. C., & Kitto, J. B. (2005). Babcock & Wilcox STEAM its generation and use. *Babcock & Wilcox*.