



**JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI, DAN SAINS**

ISSN 2541-4720 (Print)

ISSN 2549-984X (Online)

INFORMASI ARTIKEL

Disubmit: 18 Juli 2024

Diterima: 2 Agustus 2024

Diterbitkan: 5 Agustus 2024

at: <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/teknologi/index>

**Pengendalian mutu batubara dengan teknik distribusi normal**

**Kemas Muhammad Abdul Fatah<sup>1\*</sup>, Wisnaningsih<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Indonesia  
Korespondensi Penulis: Kemas Muhammad Abdul Fatah. \*Email: [kmsmafattah@gmail.com](mailto:kmsmafattah@gmail.com)

**ABSTRAK**

Batubara jenis *thermal coal* paling banyak digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Batubara yang dipasok ke PLTU memiliki spesifikasi tertentu yang sesuai dengan spesifikasi *boiler*, pemilihan batubara yang tidak tepat akan menimbulkan masalah pada *boiler*. Pemasok batubara bagi PLTU harus melakukan pengendalian mutu untuk meminimalkan risiko berupa penyesuaian harga atau penolakan melalui analisis proksimat, analisis ultimat, dan analisis *calorific value*. Penelitian ini ditujukan untuk mengolah data hasil analisis sehingga diketahui kondisi batubara *existing* dan prediksi harga batubara. Dari hasil pengolahan data dengan teknik distribusi normal, mutu batubara *existing* termasuk spesifikasi medium *calorific value* ditinjau dari parameter *Gross Calorific Value (GCV)*, *Total Moisture (TM)*, dan *Volatile Matter (VM)*. Ditinjau dari parameter GCV, batubara *existing* termasuk batubara bituminus yang sesuai dengan kebutuhan PLTU. Dengan asumsi harga dasar \$308/ton, akibat mutu batubara *existing* pada parameter nilai GCV, diprediksi harga batubara *existing* lebih rendah dari harga dasar, 68.92% seharga \$224.106/ton, 30.84% seharga \$263.081/ton, dan 0.01% seharga \$282.569/ton.

**Kata Kunci:** batubara, distribusi normal, pengendalian mutu

**ABSTRACT**

**Coal Quality Control with Normal Distribution.** *The thermal coal type is most widely used in Steam Power Plants (PLTU). The coal supplied to the PLTU has certain specifications that are in accordance with the boiler specifications. Improper coal selection will cause problems in the boiler. Coal suppliers for PLTUs must carry out quality control to minimize the risk, such as: price adjustments or rejection through proximate analysis, ultimate analysis and calorific value analysis. This research is aimed at processing data from the analysis so that the condition of existing coal is known and predictions of coal prices are known. From the results of data processing using normal distribution techniques, the quality of existing coal includes medium calorific value specifications in terms of the parameters Gross Calorific Value (GCV), Total Moisture (TM), and Volatile Matter (VM). Judging from the GCV parameters, the existing coal*

*includes bituminous coal which is in accordance with the needs of the PLTU. Assuming a base price of \$308/ton, due to the quality of existing coal in the GCV value parameters, it is predicted that the existing coal price will be lower than the base price, 68.92% at \$224,106/ton, 30.84% at \$263,081/ton, and 0.01% at \$282,569/ton.*

**Keywords:** *coal, normal distribution, quality control*

## 1. LATAR BELAKANG

Batubara merupakan bahan bakar fosil utama yang paling banyak dimanfaatkan di dunia untuk pembangkit listrik, industri baja, semen dan kimia (G. Guan, 2017). Di dalam pemanfaatannya, batubara dapat dibagi menjadi *thermal coal* dan *coking coal*. Tercatat pada tahun 2017, secara global, produksi *thermal coal* mencapai 5677.9 juta dan *coking coal* mencapai 1039,9 juta ton, dan 40% dari produksi *thermal coal* dikonsumsi oleh *power plant* (Di Gianfrancesco, 2017) seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Batubara tetap masih menjadi sumber energi utama bagi pembangkit listrik karena lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar minyak atau gas (Salmi & Nuraini, 2020), meskipun pemanfaatan batubara dapat menjadi sumber dari polusi udara (G. Guan, 2017).

Batubara yang digunakan pada PLTU memiliki spesifikasi tertentu yang sesuai dengan spesifikasi *boiler*. Pada *boiler*, batubara dibakar untuk memanaskan air hingga menjadi uap, pemilihan batubara yang tidak tepat akan menimbulkan masalah pada *boiler*, seperti: *slagging*, *fouling*, korosi, tabung bocor (Salmi & Nuraini, 2020). Pemakaian batubara jenis lignit dengan kandungan *ash* yang tinggi, menimbulkan korosi pada *steam tube* (B. Dai et al., 2020) dan menurunkan efisiensi *boiler* (Bureska-Joleska, 2017). Pemakaian batubara dengan kadar air relatif tinggi menyebabkan penurunan efisiensi panas (Salmi & Nuraini, 2020).

PLTU mendapatkan batubara dari pemasok dengan kondisi dan *term* yang dituangkan dalam kontrak. Kondisi dan *term* dari kontrak batubara sangat berbeda-beda, tetapi pada umumnya kontrak antara lain menspesifikasikan tonase batubara yang akan dijual, periode kontrak, kecepatan pengiriman, cara pengangkutan, harga batubara, dan mutu batubara yang dikirimkan.

Salah satu hal penting yang harus dicermati pemasok adalah terkait dengan mutu batubara. Pengiriman batubara dengan mutu yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang tertulis dalam

kontrak, dapat terkena penalti atau bahkan penolakan. Penalti dapat berupa penyesuaian harga.

Untuk meyakinkan bahwa mutu batubara memenuhi persyaratan yang tertuang dalam kontrak, pemasok harus melakukan kegiatan pengendalian mutu dengan mengoperasikan laboratorium untuk menganalisis beberapa parameter yang terkait dengan mutu batubara, diantaranya adalah analisis proksimat untuk mendapatkan data *Moisture*, *Ash*, *Volatile Matter*, *Fix Carbon* dan analisis ultimat untuk mendapatkan data *sulphur*, serta analisis untuk mendapatkan data *calorific value* (Zhu, 2010).

Pemasok batubara umumnya mendapatkan batubara dari beberapa lokasi penambangan, sehingga memungkinkan batubara yang didapat tidak homogen. Batubara yang diperoleh dari satu lokasi yang sama, dapat saja tidak homogen, apalagi didapat dari lokasi penambangan yang berbeda. Penting bagi pemasok untuk mengetahui kondisi batubara yang didapat (*existing*) dengan mengolah data hasil analisis proksimat, analisis ultimat dan analisis *calorific value*. Dengan mengetahui kondisi batubara *existing*, perbaikan mutu dapat dilakukan, misalnya dengan cara *blending* (Xi-jin et al., 2009).

Di dalam menghadapi risiko penurunan harga penjualan batubara, penelitian ini ditujukan untuk mengolah data hasil analisis sehingga diketahui kondisi batubara *existing* yang dikaitkan dengan spesifikasi dan tipe batubara menurut standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Selain itu, penelitian ini ditujukan untuk memprediksi harga penjualan batubara, khususnya terkait dengan parameter *Gross Calorific Value* (GCV), karena parameter GCV adalah parameter utama untuk jenis *thermal coal*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada perusahaan pemasok batubara yang berlokasi di Lampung, menggunakan rancangan non-eksperimen, karena data tidak diperoleh dari eksperimen, melainkan dilakukan dengan cara pengambilan

data yang sudah tersedia. Data diperoleh dari hasil analisis proksimat, analisis ultimat, dan hasil analisis *calorific value* terhadap 80 sampel batubara yang berasal dari beberapa lokasi tambang, terdiri dari data parameter *Gross Calorific Value* (GCV), *Total Moisture* (TM), dan *Volatile Matter* (VM).

Tahap pertama dari penelitian ini adalah pengumpulan data, mengolahnya dan menyajikannya dalam bentuk Histogram dengan menggunakan program Minitab. Tahap kedua adalah uji normalitas data dengan metode *kolmogorov smirnov* (KS) (Godina et al., 2018). Tahap ketiga adalah memprediksi nilai hasil penjualan dengan menggunakan teknik distribusi normal. Distribusi normal digambarkan sebagai kurva yang berbentuk lonceng yang simetris, dengan batas kiri  $-3\sigma$  atau  $-6\sigma$  dan batas kanan  $+3\sigma$  atau  $+6\sigma$  (W. Dai et al., 2018), seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Banyak penelitian menggunakan teknik distribusi normal di dalam memprediksi. Teknik distribusi normal digunakan untuk memprediksi probabilitas nilai kekuatan dan ketangguhan keramik (Zhang & Yang, 2019), untuk memprediksi keretakan keramik yang dikaitkan dengan ukuran butir (Zhang et al., 2018). Teknik distribusi normal digunakan untuk memprediksi keretakan beton yang dikaitkan dengan ukuran maksimal agregat (J. Guan et al., 2019). Teknik distribusi normal digunakan untuk menganalisa untuk memprediksi kehandalan beton terhadap beban puncak (Gui et al., 2020).

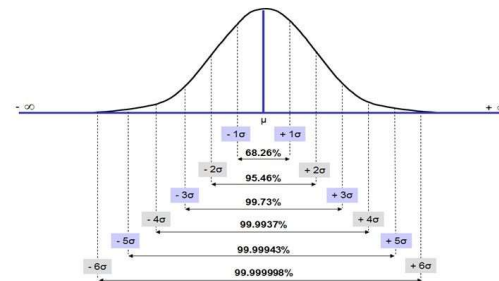
Pada tahap ketiga ini, pertama-tama mutu batubara diklasifikasikan berdasarkan spesifikasi dari standar ASTM, seperti yang terlihat pada Tabel 2. Data parameter mutu batubara yang telah disajikan dalam bentuk histogram dideskripsikan, di mana parameter *existing* dibandingkan dengan standar ASTM. Selanjutnya, ditentukan nilai probabilitas masing-masing parameter menurut spesifikasi standar ASTM dengan menggunakan teknik distribusi normal. Khusus untuk parameter *Gross Calorific Value* (GCV), hasil pengolahan data akan dibandingkan dengan tipe batubara menurut standar ASTM, seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Spesifikasi Batubara Menurut ASTM**

Type	Calorific value (MJ/kg)
Lignite	5.5 – 14.3
Subbituminous	8.3 - 25
Subbituminous	18.8 – 29.3
Anthracite	30

**Tabel 2. Nilai Uji Batubara Menurut ASTM**

Parameter	Low Calorific value	Medium Calorific value	High Calorific value
Gross Calorific Value (ar)	4.200 cal/g	5.000 cal/g	5.800 cal/g
Total moisture (ar)	36%	26%	14%
Volatile Matter (adb)	Approx. 40%	40%	41%
Total Sulfur (adb)	0.8%	0.9%	0.6%



**Gambar 1. Kurva Distribusi Normal dan Luas Area (W. Dai et al., 2018)**

Penyesuaian harga dihitung berdasarkan mutu batubara yang diterima PLTU. Berdasarkan contoh kontrak antara PT. PLN Batubara dan pemasok, perhitungan penyesuaian harga terkait dengan nilai kalori adalah sebagai berikut:

$$PK = HA \left[ 1 + \frac{(K - GCV)}{GCV} \right] \quad (1)$$

Keterangan:

PK = Harga batubara hasil penyesuaian nilai kalori (Rp/ton)

HA = Harga dasar batubara

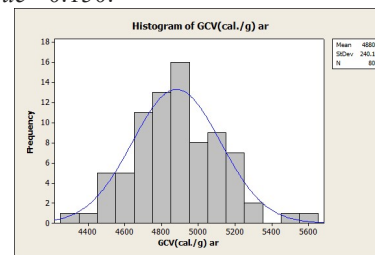
K = Nilai kalor hasil pemeriksaan

GCV = Nilai spesifikasi kalor batubara

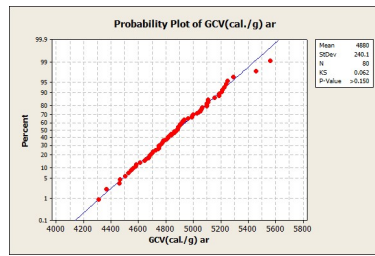
### 3. HASIL dan PEMBAHASAN

#### 3.1 *Gross calorific value* (GCV)

Seperti yang terlihat pada Gambar 2, sebaran data parameter GCV terdistribusi normal dengan *p-Value* > 0.150.



(a)



(b)

Gambar 2. Parameter GCV (a) sebaran data (b) uji KS

Dengan teknik distribusi normal, di mana akan ditentukan porsi parameter GCV batubara *existing* menurut standar ASTM, hasilnya seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Porsi Nilai GCV Batubara *Existing*

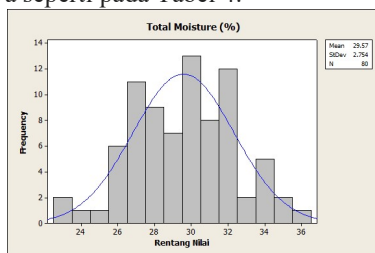
Klasifikasi	Low Calorific value (4.200 cal/g)	Medium Calorific value (5.000 cal/g)	High Calorific value (5.800 cal/g)
Porsi	68.92%	30.84%	0.01%

Sumber: Data Primer, 2023

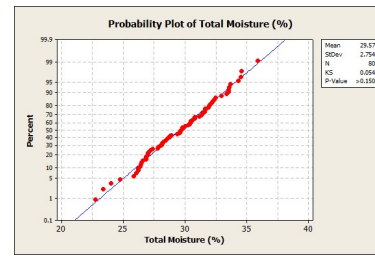
Dari Tabel 3 terlihat bahwa parameter GCV batubara *existing*, 68,92% termasuk spesifikasi *Low Calorific value*, 30,84% termasuk spesifikasi *Medium Calorific value*, dan 0,01% termasuk spesifikasi *High Calorific value*. Dari nilai porsi ini menunjukkan bahwa tipe batubara dominan tipe bituminus dimana nilai kalorinya antara 4490 cal/g – 6998 cal/g, dan batubara *existing* memang sesuai untuk pembangkit listrik (PLTU) (Fernandez-Anez et al., 2020).

3.2 Total Moisture (TM)

Seperti yang terlihat pada Gambar 3, parameter *Total Moisture* terdistribusi normal dengan p-Value >0.150. Dengan teknik distribusi normal, di mana akan ditentukan porsi parameter TM batubara *existing* menurut standar ASTM, hasilnya seperti pada Tabel 4.



(a)



(b)

Gambar 3. Parameter *Total Moisture* (a) Sebaran Data (b) uji KS

Dari Tabel 4 terlihat bahwa parameter TM batubara *existing*, 10,7% termasuk spesifikasi *Low Calorific value*, 89,3% termasuk spesifikasi *Medium Calorific value*, dan 1% termasuk spesifikasi *High Calorific value*.

Tabel 4. Porsi Nilai Total Moisture Batubara *Existing*

Klasifikasi	Low Calorific value (36%)	Medium Calorific value (26%)	High Calorific value (14%)
Porsi	10.7%	89.3%	1%

Sumber: Data Primer, 2023

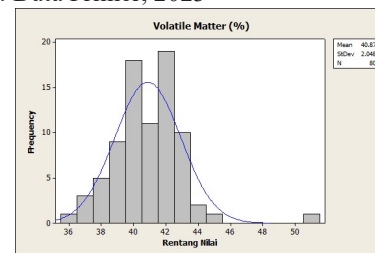
3.3 Volatile Matter (VM)

Seperti yang terlihat pada Gambar 4, parameter *Volatile Matter* terdistribusi normal dengan p-Value = 0.06. Dengan teknik distribusi normal, di mana akan ditentukan porsi parameter VM batubara *existing* menurut standar ASTM, hasilnya seperti pada Tabel 5.

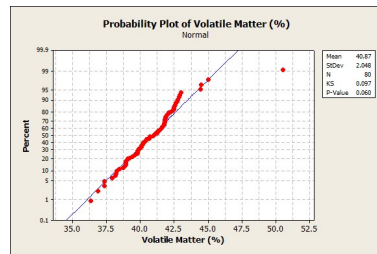
Tabel 5. Porsi Nilai Volatile Matter Batubara *Existing*

Klasifikasi	Low Calorific value (approx 40%)	Medium Calorific value (40%)	High Calorific value (41%)
Porsi	3.36%	49.03%	47.61%

Sumber: Data Primer, 2023



(a)



(b)

**Gambar 4. Parameter *Volatile Matter* (A) Sebaran Data (B) Uji KS**

Untuk memprediksi harga jual dari kondisi batubara existing dengan asumsi harga dasar batubara \$308/ton dan spesifikasi nilai kalori dalam kontrak adalah 6.322 cal/g, hasilnya terlihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Prediksi Harga Jual**

Klasifikasi	Porsi (%)	Penyesuaian Harga (\$/ton)
<i>Low Calorific value</i>	68.92%	224.106
<i>Medium Calorific value</i>	30.84%	263.081
<i>High Calorific value</i>	0.01%	282.569

Sumber: Data Primer, 2023

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dengan teknik distribusi normal, mutu batubara existing termasuk spesifikasi *medium calorific value* ditinjau dari parameter *Gross Calorific Value* (GCV), *Total Moisture* (TM), dan *Volatile Matter* (VM). Ditinjau dari parameter GCV, batubara existing termasuk batubara bituminus yang sesuai dengan kebutuhan PLTU. Dengan asumsi harga dasar \$308/ton, akibat mutu batubara existing pada parameter nilai GCV, diprediksi harga batubara existing lebih rendah dari harga dasar, 68.92% seharga \$224.106/ton, 30.84% seharga \$263.081/ton, dan 0.01% seharga \$282.569/ton.

#### DAFTAR PUSTAKA

Bureska-Joleska, L. (2017). Influence of coal quality to the boiler efficiency and opportunity for its improvement. *Termotekhnika*, 43(1-4), 59-65. <https://doi.org/10.5937/termoteh1704059b>

Dai, B., Wu, X., Zhang, J., Ninomiya, Y., Yu, D., & Zhang, L. (2020). Characteristics of iron and sulphur in high-ash lignite (Pakistani lignite)

and their influence on long-term T23 tube corrosion under super-critical coal-fired boiler conditions. *Fuel*, 264(October 2019), 116855. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116855>

Dai, W., Yoshigoe, K., & Parsley, W. (2018). *Improving Data Quality Through Deep Learning and Statistical Models*.

Di Gianfrancesco, A. (2017). Worldwide overview and trend for clean and efficient use of coal. In *Materials for Ultra-Supercritical and Advanced Ultra-Supercritical Power Plants*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100552-1.00019-1>

Fernandez-Anez, N., Castells Somoza, B., Amez Arenillas, I., & Garcia-Torrent, J. (2020). *Explosion Risk of Solid Biofuels*. Springer.

Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). Improvement of the Statistical Process Control Certainty in an Automotive Manufacturing Unit. *Procedia Manufacturing*, 17, 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.123>

Guan, G. (2017). Clean coal technologies in Japan: A review. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 25(6), 689-697. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2016.12.008>

Guan, J., Yuan, P., Hu, X., Qing, L., & Yao, X. (2019). Statistical analysis of concrete fracture using normal distribution pertinent to maximum aggregate size. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 101(March), 236-253. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.03.004>

Gui, W., Hu, X., & Liang, L. (2020). Normal distribution analysis of fracture parameters of alkali-activated slag seawater column coral aggregate concrete. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 110(February), 102794. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2020.102794>

Salmi, S., & Nuraini, A. A. (2020). *Effect of Coal with High Moisture Content on Boiler Operation Parameters at Thermal Coal Fired Power Plant*. 17(6), 6236-6247.

Xi-jin, G., Ming, C., & Jia-wei, W. (2009). Coal blending optimization of coal preparation production process based on improved GA. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 654-660. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2009.09.103>

Zhang, C., Hu, X., Sercombe, T., Li, Q., Wu, Z., & Lu, P. (2018). Prediction of ceramic fracture with normal distribution pertinent to grain size. *Acta Materialia*, 145, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.11.041>

Zhang, C., & Yang, S. (2019). Probabilistic prediction of strength and fracture toughness scatters for ceramics using normal

distribution. *Materials*, 12(5).  
<https://doi.org/10.3390/ma12050727>  
Zhu, Q. (2010). Coal sampling and analysis standards. In *IEA Clean Coal Centre* (Issue 2014). IEA Clean Coal Centre.