



Analisis Dampak Pengaruh *False Air* pada Kenaikan Persentase Oksigen (O₂) pada Coal Mill di PT Semen Padang Indarung V

Dwi Annisa Fithry^{1✉}, Durain Parmanaon², Alfein Rahmad³, Panca Ankarani⁴

^(1,4)Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru

⁽²⁾Universitas Negeri Padang

⁽³⁾PT Semen Padang Indarung V, Padang, Sumatera Barat

DOI: 10.31004/jutin.v8i4.42608

✉ Corresponding author:

[dwiannisa@umri.ac.id]

Article Info	Abstrak
Kata kunci: <i>False Air</i>; Oksigen; <i>Coal Mill</i>; Efisiensi penggilingan; Kualitas pembakaran Keywords: <i>False air</i>; Oxygen; <i>Coal Mill</i>; <i>Grinding Efficiency</i>; <i>Combustion Quality</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak <i>False Air</i> terhadap kenaikan persentase oksigen (O₂) pada <i>Coal Mill</i> di PT Semen Padang Indarung V. <i>False air</i> atau kebocoran udara yang tidak diinginkan merupakan salah satu permasalahan serius yang dapat mempengaruhi efisiensi proses penggilingan batubara dan kualitas pembakaran di kiln. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pengumpulan data operasional selama 6 bulan, meliputi pengukuran kadar O₂, <i>Temperature Mill</i>, <i>Differential Pressure</i>, dan efisiensi penggilingan. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi signifikan antara peningkatan <i>False Air</i> dengan kenaikan persentase O₂, dimana setiap kenaikan 1% <i>False Air</i> menyebabkan peningkatan kadar O₂ sebesar 0.5% dan penurunan efisiensi penggilingan sebesar 2%. Dampak lain yang teridentifikasi meliputi penurunan <i>Temperature Mill</i> rata-rata sebesar 5°C, peningkatan konsumsi listrik Id Fan sebesar 15%, dan penurunan kapasitas penggilingan hingga 10%. Implementasi program perbaikan seperti penggantian <i>Seal</i>, perbaikan <i>Housing Mill</i>, dan optimasi sistem ventilasi terbukti dapat menurunkan kadar O₂ hingga mencapai nilai ideal 3-4% dan meningkatkan efisiensi penggilingan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman pengaruh <i>False Air</i> terhadap performa <i>Coal Mill</i> dan dapat menjadi acuan dalam program pemeliharaan preventif untuk mencegah kebocoran udara pada sistem <i>Coal Mill</i>. Abstract <i>This research aims to analyze the impact of False Air on the increase in Oxygen (O₂) percentage in the Coal Mill at PT Semen Padang Indarung V. False air or unwanted air leakage is a serious problem that can affect the efficiency of Coal Grinding processes and combustion quality in the Kiln. The research was conducted using</i>

operational data collection methods over 6 months, including measurements of O₂ levels, Mill Temperature, differential pressure, and Grinding Efficiency. The analysis results show a significant correlation between increased False Air and Increased O₂ percentage, where every 1% increase in False Air causes a 0.5% increase in O₂ levels and a 2% decrease in Grinding Efficiency. Other identified impacts include an Average Mill temperature decrease of 5°C, a 15% increase in ID Fan power consumption, and a reduction in Grinding capacity of up to 10%. The implementation of improvement programs such as seal replacement, Mill housing repair, and ventilation system optimization has been proven to reduce O₂ levels to reach the ideal value of 3-4% and increase grinding efficiency. This research contributes to understanding the influence of False Air on Coal Mill performance and can serve as a reference in preventive maintenance programs to prevent air leakage in Coal Mill systems.

1. PENDAHULUAN

Industri semen adalah salah satu industri yang dalam prosesnya membutuhkan energi. Konsumsi energi cukup besar akan digunakan sebagai bahan bakar pada proses klinkerisasi maupun proses *Suspension Preheater* merupakan proses utama dalam produksi semen. Bahan bakar utama di pabrik semen umumnya menggunakan bahan bakar padat (batubara) dengan nilai kalor (*Caloric Value*, CV) 4.300 kcal/kg sampai 5.500 kcal/kg (Smith et al., 2018). Batubara akan diproses terlebih dahulu sebelum dipakai sebagai bahan bakar di dalam *Coal Mill* unit. Unit *Coal Mill* beroperasi dengan *start* awal *Coal Mill* dan *Feeder Coal*, *Temperature Exit Coal Mill* kurang dari 65°C dan oksigen kurang dari 6%-7% (Husna & Mahachandra, 2023). Tujuan unit *Coal Mill* untuk mereduksi ukuran dan meminimalisir kadar air agar nilai kalor yang terkandung dalam batubara tersebut meningkat.

Peralatan proses produksi semen, seperti *Raw Mill*, *Kiln*, alat pendingin (*Cooler*), bekerja dengan tekanan dibawah atmosfer, berkisar dari 10 mmWG - 100 mmWG. Vacuum Leak akan menyebabkan udara lingkungan merembes ke dalam perlengkapan proses, yang disebut juga *False Air*. *False air* yang besar akan mengurangi jumlah panas yang seharusnya digunakan untuk memanaskan *Raw Mix* pada proses perpindahan panas yang terjadi di *Suspension Preheater* dan kalsiner. Dengan tingkat *False Air* yang dapat diterima pada proses industri semen berkisar antara 8 – 10 % (Wulandari, 2018).

Udara ambien yang masuk secara berlebih kedalam suatu sistem yang mempunyai suhu lebih tinggi akan mengurangi efisiensi termal dari sistem tersebut, karena udara ambien dengan temperatur lebih rendah daripada temperatur sistem yang masuk akan menurunkan panas sistem. Sehingga untuk menjaga suhu tetap pada suhu standar, dibutuhkan lebih banyak konsumsi bahan bakar secara khusus penggunaan batubara yang merupakan bahan bakar yang digunakan dalam produksi semen (Mustika & Solikin, 2024).

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PT Semen Padang, Jalan Raya Indarung, Padang, Sumatera Barat. Penelitian ini dilaksanakan pada 4 September 2024 sampai 4 Februari 2025, Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan laporan magang di PT Semen Padang ini adalah meninjau dan menganalisis kondisi lapangan permasalahan yang ada dengan mengamati proses dan utilitas yang digunakan di lapangan seperti *Production Facilities and Process*, *Central Control Room*, *Maintenance System* dan sebagainya pada Unit Produksi Terak I. Melakukan studi pustaka sebagai sarana penunjang pembelajaran dan hasil tinjauan di lapangan dengan mengunjungi perpustakaan yang ada. Melakukan diskusi dengan pembimbing khusus, pembimbing lapangan, dan dosen pembimbing mengenai hasil tinjauan dan studi pustaka yang telah dilakukan. Melakukan perhitungan dan analisis tugas dari data yang diperoleh pada Unit Produksi Terak I, Indarung V (Wulandari, 2018).

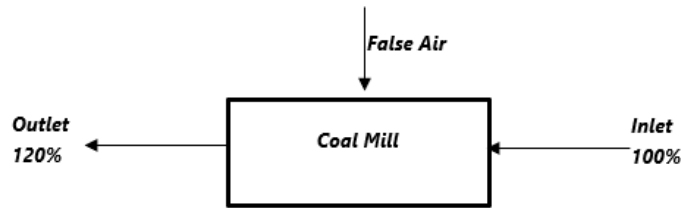
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam studi kasus tugas akhir ini, data-data yang perlu diambil dan diamati untuk didapatkan perhitungan yang diharapkan antara lain:

1. Tekanan pada setiap *stage Suspension Preheater*.
2. Tekanan pada Inlet *Coal Mill*.

3. Tekanan pada Outlet *Coal Mill*.

Dari data yang didapat, dapat digunakan untuk menghitung neraca masa, neraca energi dan efisiensi *Coal Mill* serta mengetahui tingkat kebocoran (*False Air*) pada sistem *Coal Mill* dan mengetahui tingkat kerugian material yang diakibatkan karena adanya kebocoran pada *Coal Mill*.(Holcim, 2004)



Laju *False Air*

$$FA = 100 \times \left(\frac{21 - O_{2in}}{21 - O_{2out}} - 1 \right) \left[\frac{m^3}{h} \right] \left[\frac{Nm^3}{h} \right]$$

Total Laju Alir Udara/Gas

$$V_{\text{keluar}} = V_{\text{in}} \times \left(\frac{21 - O_{2in}}{21 - O_{2out}} \right) \left[\frac{m^3}{h} \right] \left[\frac{Nm^3}{h} \right]$$

Dimana :

O_2 : Oxygen Content

FA : *False Air Rate*

V_{in} : Laju alir gas masuk

V_{out} : Laju alir gas keluar

Dari hasil pengambilan data yang dilakukan di PT Semen Padang pada tanggal 15 Desember 2024 didapatkan data hasil pengamatan seperti pada Tabel 4.1

Tabel 1. Data kebocoran *Coal Mill*

Tanggal Kebocoran	Unit	Satuan	Dimensi Kebocoran
15 Februari 2024	<i>Coal Mill</i>	Panjang	6 m
		Lebar	0,3 m
		Luas	0,18 m ²

Sumber : CCR Indarung V

Dari hasil pengukuran maka didapatkan kebocoran yang terdapat di pabrik semen tersebut seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Luas kebocoran hasil perhitungan

Posisi Kebocoran	Luas Kebocoran (m ²)	Tekanan Panel CCR (mbar)	Tekanan Sistem (Pa)	ΔP Sistem dan Lingkungan (Pa)
<i>Man Hole</i>	0,018	6	1007,25	600

Sumber : Kantor produksi harian Indarung V

Keterangan:

Tekanan Panel CCR (mbar) merupakan tekanan yang tertampil di panel *Central Control Room* dimana angka yang tertampil merupakan nilai penurunan tekanan yang terjadi didalam sistem tempat alat pengukur (Transduser) tersebut diletakkan.

Contohnya: Pada *Man Hole* tertera 6 mbar, berarti tekanan sistem adalah 1013,25 mbar – 6 mbar = 1007,25 mbar. Kemudian tekanan tersebut di konversi ke Pa untuk digunakan pada perhitungan volume udara sesuai dengan persamaan : $V_{\text{udara}} = 0,9 \cdot A \sqrt{\Delta P}$

Untuk mendapatkan volume *False Air* tersebut maka dilakukan perhitungan menggunakan data luas kebocoran dan ΔP yang diperoleh di Tabel 4.2 kedalam persamaan. Maka didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Volume udara yang masuk melalui kebocoran yang terdapat pada peralatan pabrik semen

Posisi Kebocoran	V Udara/h 0,9 A √(δP)
Man Hole	1.428,54

Sumber : CCR Indarung V

Untuk mengetahui *heat loss* maka diperlukan *Temperature* sistem yang didapatkan melalui data sekunder yang tertampilkan di panel CCR (*Central Control Room*) dan temperature lingkungan yang digunakan adalah 242 °C. Kemudian temperatur dikonversi menjadi derajat Kelvin dengan °C + 273,15 yang digunakan dalam pencarian kapasitas panas (Cp) pada temperatur tertentu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Data temperatur yang tertampil pada CCR dan δT

Posisi Kebocoran	Temperatur (°C)	Temperatur (K)	δP Sistem dan Lingkungan (K)
Man Hole	242	515	207

Sumber ; CCR Indarung V

Setelah didapatkan kondisi tekanan dan temperatur sistem serta volume udara dalam keadaan standar (pada 0 °C dan 1 atm) maka volume udara aktual dapat diketahui dengan menggunakan perbandingan rumus Van Der Waals sebagai berikut:

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{NRT_1}{NRT_2}$$

Dimana :

P₁ = Tekanan udara lingkunganP₂ = Tekanan udara sistemV₁ = Volume udara perhitunganV₂ = Volume udara didalam sistemT₁ = Suhu Udara lingkunganT₂ = Suhu udara didalam sistem

Dari persamaan Van Der Waals maka didapatkan volume udara (*False Air*) aktual didalam sistem *Coal Mill*. Setelah didapatkan nilai volume udara (*False Air*) aktual, untuk mencari nilai CP rata-rata dengan menggunakan persamaan 4.9 pada buku *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics edition*, 2016 halaman 139 dan menggunakan nilai R (nilai konstanta universal gas) 8,314 (*Table A.2: Values of the Universal Gas Constant*), maka dengan menggunakan persamaan Van Der Waals dapat ditentukan mol udara yang masuk ke dalam sistem *Coal Mill* dapat dilihat pada tabel 5 (Smith et al., 2018).

Tabel 5. Mol udara (*False Air*) yang masuk kedalam peralatan

Posisi Kebocoran	Tekanan Sistem (Pa)	Temperatur (K)	V Udara Act. (m ³ /h)	Mol Udara (mol/h)
Man Hole	100725	515	1.428,54	63.734,39576

Sumber ; CCR Indarung V

Setelah didapatkan nilai mol udara dari perhitungan dengan menggunakan persamaan Van Der Waals, maka dapat dihitung nilai Cp rata-rata (<Cp>) dengan menggunakan persamaan 4.9 pada buku *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics edition*, 2016 halaman 139: $\frac{\langle Cp \rangle H}{R} = A + \frac{B}{2} (T - T_0) + \frac{C}{3} (T^2 + T_0^2 + T \cdot T_0) + \frac{D}{T + T_0}$ menggunakan nilai R (nilai konstanta universal gas) 8,314 $\frac{J}{Mol.K}$ (*Table A.2: Values of the Universal Gas Constant (Page 649)*) dan nilai A = 3,355, B = , C = dan D = (*Table C.1: Heat Capacities of Gases in the Ideal-Gas State (Page 656)*) maka nilai Cp rata-rata (kapasitas panas rata-rata dari suhu normal ke suhu masing-masing sistem) dari udara (*False Air*) yang masuk ke masing-masing peralatan dapat dilihat pada Tabel 6 (Riana & Anggini, 2024).

Tabel 6 Nilai Cp Rata-Rata Udara Yang Masuk Ke Masing-Masing Peralatan

Posisi Kebocoran	Temperatur (K)	<Cp> H (J/mol.K)
Man Hole	515	28,30466

Sumber : CCR Indarung V

Setelah didapatkan nilai C_p rata-rata udara (*False Air*), mol udara (*False Air*) yang masuk kedalam sistem dan beda temperatur sistem dan peralatan (ΔT) maka dapat dihitung nilai *heat loss* (Q) akibat adanya *false air* yang masuk kedalam sistem operasi dengan menggunakan persamaan $Q = m C_p \Delta T$ seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai *Heat Loss* pada *Man Hole Coal Mill*

Posisi Kebocoran	Sistem dan Lingkungan (K)	Mol udara (mol/h)	$\langle C_p \rangle H$ (J/mol.K)	<i>Heat Loss</i> (Kcal/h)
<i>Man Hole</i>	515	63.734,39576	28,30466	89.247,69

Sumber : CCR Indarung V

Dari data, maka data-data peralatan yang mengalami kebocoran baik karena aus seperti di *Inlet* dan *Outlet Coal Mill*, retakan rambut seperti di *Man Hole – Man Hole Suspension Preheater* maupun deformasi plat-plat besi yang menutup *Check Hole* maupun *Man Hole* di *Suspension Preheater* hingga ke *Outlet Coal Mill* (Zulmi et al., 2018).

Nilai kerugian akibat *False Air* di pabrik PT Semen Padang dari data perhitungan total *Heat Loss* yang terjadi akibat adanya *False Air* di *Suspension Preheater* sampai ke *Outlet Coal Mill* sebesar 89.247,69 kcal/kg/h. Dari hasil perhitungan tersebut terjadi *Heat Loss* per jamnya, kerugian ini juga berdampak langsung dengan kerugian dari pemakaian *Coal* yang terbuang sia-sia (Fatimah & Hasannah, 2024). Berdasarkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) batubara dengan kadar kalor 4.100 kcal/kg sebesar 56,52 USD atau Rp 906.128. Sehingga kerugian dapat dihitung sebagai berikut :

Tabel 8 Kerugian kehilangan *Heatloss*

<i>Heat Loss</i>	C_v (Kcal/kg)	Harga Batubara (USD)	Harga Batubara (Rp)
89.247,69	4.100	56,52	906.128

$$m \text{ batubara per jam} = \frac{\text{Heat Loss}}{c_v}$$

$$m \text{ batubara per jam} = \frac{89.247,69 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}/\text{h}}{4.100 \text{ kcal/kg}}$$

$$m \text{ batubara per jam} = 21,76$$

Sehingga kerugian dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Harga batubara} = 56,52 \text{ USD}$$

$$\begin{aligned} \text{Kerugian} &= m \text{ batubara} \times \text{USD} \\ &= 21,76 \times 56,52 \text{ USD} \\ &= 1.230,31206 \text{ USD} \\ &= \text{Rp } 19.724.362,9 \end{aligned}$$

Didapatkan kerugian yang diakibatkan *Heat Loss* akibat kebocoran pada *Coal Mill* dikarenakan adanya kebocoran pada *Coal Mill* sebesar 1.230,31206 USD atau setara dengan Rp 19.724.362,9 per jamnya. PT Semen Padang pada unit *Coal Mill* memiliki masa waktu aktif dalam setahun beroperasi sebanyak 330 hari yang dapat dilihat kerugiannya dalam tabel 9 (Fatimah & Hasannah, 2024).

Tabel 9 Kerugian *Coal* diakibatkan oleh *Heat loss*

<i>Heat Loss</i>	Masa Operasi	Kerugian 1 Hari (USD)	Kerugian 1 Tahun (USD)	Kerugian 1 Hari (Rp)	Kerugian 1 Tahun (Rp)
89.247,69	330 Hari	2.959,48944	976.631,515	473.384.710	156.216.954.300

Sehingga kerugian yang di hasilkan akibat *Heat Loss* dikarenakan *False Air* pada kurun waktu sehari sebesar 2.959,48944 USD atau setara dengan Rp473.384.710 setahun sebesar 976.631,515 USD atau setara dengan Rp156.216.954.300.

4. KESIMPULAN

1. Peralatan yang mengalami kebocoran dikarenakan *False Air* diakibatkan karena aus seperti di *Inlet* dan *Outlet Coal Mill*, retakan rambut seperti di *Man Hole – Man Hole Suspension Preheater* maupun deformasi plat-plat besi yang menutup *Check Hole* maupun *Man Hole* di *Suspension Preheater* hingga ke *Outlet*

Coal Mill dimana luas kebocoran pada peralatan sangat mempengaruhi besarnya *Heat Loss* yang terjadi di pabrik semen dibandingkan dengan pengaruh dari tekanan dan temperatur sistem produksi.

2. Total luas kebocoran sebesar 0,018 m² dengan total volume *False Air* 89.247,69 kcal/kg/h.
3. *Heat loss* total yang terjadi adalah sebesar 89.247,69 kcal/kg/h dengan basis harga batubara CV 4.100 kcal/kg per ton, besar kerugian pabrik semen tersebut dalam kurun waktu sehari sebesar 2.959,48944 USD atau setara dengan Rp 473.384.710 setahun sebesar 976.631,515 USD atau setara dengan Rp156.216.954.300.

5. REFERENSI

- Fatimah, S., & Hasannah, C. S. (2024). Calculating Mass Balance And Energy Balance In Finish Mill 6 (6zi) Type Opc Using Purified Gypsum. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(1), 786–790. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10472212>
- Holcim. (2004). *Reference Guide for Process Performance Engineers 1st Edition* (H. G. S. Ltd (ed.)).
- Husna, D. R., & Mahachandra, M. (2023). Peramalan Kebutuhan Bahan Baku & Safety Stock Persediaan Material Batubara dengan Menggunakan Metode Time Series Pada PT Semen Padang. *Industrial Engineering Online Journal*, 12(3), 1–10.
- Mustika, I., & Solikin. (2024). Analisa Pengaruh Bahan Bakar Alternatif Terhadap Peforma Kiln Semen. *Jurnal Rekayasa Sistem Engineering Dan Manufaktur*, 2(2), 129–139.
- Riana, M., & Anggini. (2024). Hukum-Hukum Gas Ideal. *Jurnal Matematika Dan Pengetahuan Alam*, 2(3), 01–07.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbot, H. M., & Swihart, M. T. (2018). Introduction to chemical engineering thermodynamics eighth edition. In *Mc Graw Hill Education*. <https://doi.org/10.1021/ed027p584.3>
- Wulandari, T. P. (2018). *Perkembangan PT. Semen Padang dari Perusahaan Negara Menjadi BUMN 1961-2003*. <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/4149/>
- Zulmi, M. I., Fachrul, M. F., & Purwaningrum, P. (2018). Analisis Tingkat Kebisingan Terhadap Kesehatan Pekerja , Di PT . Semen Padang, Sumatera Barat. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2009–2012.