



## Kajian Deontologis dan Regulasi: Memformulasikan Kode Etik Insinyur Tambang Berbasis Prinsip Lingkungan dan Keberlanjutan Energi Terbarukan

*Deontological and Regulatory Studies: Formulating a Code of Ethics for Mining Engineers Based on Environmental Principles and Renewable Energy Sustainability*

Yulius Mases<sup>1</sup>, Sarmidi<sup>2</sup>, Putra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Indonesia

<sup>1</sup> [yulius.mases@akipba.ac.id](mailto:yulius.mases@akipba.ac.id), <sup>2</sup> [sarmidi@akipba.ac.id](mailto:sarmidi@akipba.ac.id), <sup>3</sup> [putra@akipba.ac.id](mailto:putra@akipba.ac.id)

**Penulis Korespondensi:** Yulius Mases | **Email:** [yulius.mases@akipba.ac.id](mailto:yulius.mases@akipba.ac.id)

Diterima (*Received*): 2/12/2025 Direvisi (*Revised*): 23/12/2025 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 31/12/2025

### ABSTRAK

Industri pertambangan berada di persimpangan kritis antara tuntutan produksi sumber daya mineral dan imperatif global menuju keberlanjutan lingkungan dan transisi energi. Profesi insinyur tambang, sebagai pengambil keputusan teknis, memegang peran sentral dalam menavigasi dilema ini. Penelitian konseptual ini bertujuan untuk menganalisis secara kritis kerangka Kode Etik Insinyur yang berlaku dan memformulasikan prinsip-prinsip etika tambahan yang mengintegrasikan secara eksplisit prinsip lingkungan (*stewardship*) dan efisiensi energi terbarukan. Melalui pendekatan deontologis dan teleologis, ditemukan bahwa kode etik saat ini cenderung menafsirkan tanggung jawab lingkungan sebagai kepatuhan regulasi (standar minimal). Kami merekomendasikan Prinsip *Stewardship* Energi dan Kewajiban Integrasi KET sebagai komponen wajib dalam etika profesi, mendorong insinyur untuk menjadi pelopor keberlanjutan dan aktif mengurangi jejak karbon melalui optimalisasi operasional alat berat dan pemanfaatan sumber daya energi bersih.

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, Insinyur, Pertambangan

### ABSTRACT

*The mining industry stands at a critical intersection between the demands of mineral resource production and the global imperative towards environmental sustainability and energy transition. The mining engineering profession, as technical decision-makers, plays a central role in navigating this dilemma. This conceptual research aims to critically analyze the existing framework of the Code of Ethics for Engineers and formulate additional ethical principles that explicitly integrate environmental stewardship and renewable energy efficiency. Through deontological and teleological approaches, it is found that current codes of ethics tend to interpret environmental responsibility as regulatory compliance (minimum standards). We recommend the Energy Stewardship Principles and the KET Integration Obligation as mandatory components of professional ethics, encouraging engineers to become sustainability champions and actively reduce their carbon footprint through optimizing heavy equipment operations and utilizing clean energy resources.*

**Keywords:** Engineer, Mining, Renewable Energy

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang dan Kontekstualisasi Isu

Industri pertambangan, khususnya komoditas seperti batubara, merupakan penggerak utama ekonomi nasional, namun secara inheren memiliki dampak eksternalitas negatif yang masif, mulai dari degradasi lahan hingga kontribusi emisi gas rumah kaca (GRK) dari konsumsi bahan bakar fosil. Biaya bahan bakar diesel pada alat berat, seperti dump truck dan excavator, merupakan komponen biaya operasional (OPEX) terbesar yang secara langsung mempengaruhi profitabilitas.

Insinyur tambang, yang keahliannya meliputi perancangan, teknik pengoperasian alat tambang, dan manajemen sumber daya, secara de facto adalah agen moral yang keputusan teknisnya membentuk trade-off antara keuntungan korporasi dan kesehatan planet. Secara tradisional, Kode Etik Insinyur (misalnya Catur Karsa Utama PII atau kode etik internasional) menempatkan keselamatan publik dan kejujuran sebagai prinsip utama. Namun, di era perubahan iklim dan kebutuhan transisi energi, interpretasi terhadap tanggung jawab lingkungan (biasanya termuat dalam klausul umum) menjadi usang dan kurang preskriptif.

Tuntutan global saat ini mengharuskan insinyur tidak hanya mematuhi regulasi lingkungan (kepatuhan/compliance) tetapi juga secara proaktif menerapkan teknologi Energi Terbarukan (KET) dan efisiensi energi untuk memitigasi dampak operasi. Kegagalan dalam mengoptimalkan konsumsi bahan bakar pada armada alat berat tidak hanya merupakan kerugian finansial, tetapi juga kegagalan etis dalam mengelola sumber daya energi yang terbatas.

### 1.2. Tujuan dan Signifikansi Kajian

Kajian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan antara etika profesi konvensional dan tuntutan keberlanjutan. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis secara kritis interpretasi tanggung jawab lingkungan dalam kode etik insinyur tambang saat ini.
- Mengembangkan dan memformulasikan prinsip-prinsip etika baru yang mewajibkan integrasi KET dan optimalisasi energi pada setiap fase operasi tambang.

Signifikansi studi ini terletak pada penyediaan kerangka teoritis untuk mereformasi kurikulum etika profesi dan panduan bagi organisasi insinyur agar Kode Etik menjadi dokumen proaktif dan relevan terhadap agenda keberlanjutan global.

## 2. Dasar Teoritis dan Landasan Konseptual

### 2.1. Konsep Deontologi dan Teleologi dalam Etika Teknik

Etika teknik dapat ditinjau melalui dua perspektif filosofis utama<sup>4</sup>:

- Deontologi (Etika Kewajiban): Prinsip ini menekankan bahwa tindakan insinyur dinilai berdasarkan kepatuhan terhadap aturan dan tugas (misalnya, kewajiban untuk menjaga keamanan dan kesehatan). Dalam konteks ini, insinyur memiliki kewajiban moral untuk tidak merusak lingkungan, terlepas dari biaya yang dikeluarkan.
- Teleologi (Etika Konsekuensi): Prinsip ini menilai etis atau tidaknya suatu tindakan berdasarkan hasil atau konsekuensi yang ditimbulkan (misalnya, mencapai target penurunan emisi atau net-zero emission).

Kode Etik Insinyur di masa depan harus mengintegrasikan kedua prinsip ini: kewajiban (deontologi) untuk menerapkan efisiensi energi terbaik dan tujuan (teleologi) untuk mencapai operasi yang berkelanjutan.

### 2.2. Kode Etik Insinyur dan Isu Stewardship Lingkungan

Tinjauan terhadap banyak kode etik profesi menunjukkan bahwa tanggung jawab lingkungan seringkali disajikan secara umum, misalnya "bertanggung jawab terhadap dampak lingkungan". Interpretasi yang minimalis ini rentan direduksi menjadi hanya sekadar memenuhi Baku Mutu Limbah atau izin AMDAL.

Padahal, Stewardship (tanggung jawab pengelolaan) lingkungan menuntut insinyur untuk bertindak sebagai pengelola sumber daya bumi dan melindungi aset ekologis untuk generasi mendatang, melampaui batas regulasi. Menurut Rawls, keadilan sosial melibatkan kewajiban untuk melestarikan lingkungan agar generasi masa depan memiliki kesempatan yang sama. Oleh karena itu, insinyur yang mengoperasikan alat berat saat ini secara etis terikat untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh mesin dan bahan bakar yang digunakan.

### 2.3. Prinsip Keberlanjutan Energi Terbarukan (KET)

Prinsip KET dalam operasi tambang bukan lagi pilihan tetapi keharusan etis. Hal ini terkait dengan dua aspek utama:

- Efisiensi Energi Fosil: Kewajiban untuk meminimalkan konsumsi L/BCM pada alat berat (melalui manajemen idle time dan rute yang optimal)
- Integrasi Sumber Energi Bersih: Kewajiban untuk merancang sistem suplai energi hibrida (Diesel-PV atau Diesel-Angin) dan memanfaatkan lahan pasca-

tambang (void) untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung

oleh KET di lokasi tambang, meskipun regulasi saat ini belum mewajibkannya..

### 3. Analisis Kritis Kebutuhan Etika dan Regulasi

#### 3.1. Identifikasi Area Blind Spot Etis pada Operasi Tambang

Blind spot etis utama terletak pada area yang dapat diperhitungkan secara finansial, tetapi diabaikan secara moral. Isu krusial adalah pemborosan energi yang dapat dicegah.

- Idle Time dan Etika Pemborosan: Waktu idle alat berat yang berlebihan adalah pemborosan energi yang tidak etis. Dari perspektif deontologis, insinyur memiliki kewajiban moral untuk menghentikan pemborosan ini, karena ia berkontribusi langsung pada peningkatan emisi dan biaya operasional. Studi yang dilakukan Visser & van der Schyf dan Torrance & Taylor telah menunjukkan secara empiris bahwa pengurangan waktu idle haul truck secara signifikan meningkatkan efisiensi. Oleh karena itu, gagal menerapkan solusi manajemen armada canggih untuk mengurangi idle time dapat diklasifikasikan sebagai kegagalan etis profesional.
- Integritas Data Efisiensi: Kewajiban untuk melaporkan data konsumsi bahan bakar dan emisi secara jujur dan transparan, tanpa manipulasi, adalah fondasi Integritas Profesional. Penerapan sistem monitoring real-time berbasis sensor yang akurat (telemetri) menjadi kewajiban etis untuk memastikan objektivitas dan memitigasi bias pelaporan manual.

#### 3.2. Implikasi Regulasi Lingkungan dan Tanggung Jawab Profesi

Kepatuhan terhadap regulasi lingkungan (misalnya Peraturan Menteri terkait reklamasi atau baku mutu) harus dipandang sebagai standar dasar, bukan tujuan etika. Regulasi seringkali bersifat reaktif, sementara etika harus proaktif.

Insinyur yang beretika harus mampu mengantisipasi dampak jangka panjang dan menawarkan solusi teknis yang melebihi persyaratan regulasi, seperti:

- Membuat Model Prediktif: Menggunakan analitik Big Data dan Machine Learning untuk memodelkan dan memprediksi konsumsi energi serta kebutuhan perawatan prediktif (predictive maintenance). Hal ini memastikan mesin beroperasi pada efisiensi puncak, yang secara etis wajib dilakukan.
- Transisi Armada: Menyusun rencana transisi armada menuju kendaraan listrik atau hibrida yang disuplai

#### 3.3. Formulasi Prinsip Etika Insinyur Tambang untuk Keberlanjutan

Berdasarkan analisis di atas, diajukan dua prinsip etika inti yang harus diintegrasikan secara eksplisit dalam Kode Etik Insinyur Tambang:

#### 3.4. Prinsip Stewardship Energi (Kewajiban Deontologis)

Insinyur memiliki kewajiban moral yang tidak dapat ditawar untuk mengelola energi secara efisien dalam setiap aspek operasi, meliputi:

- Kewajiban Optimalisasi Efisiensi Operasional: Menggunakan instrumen teknologi (IoT, telemetri) untuk terus-menerus memantau dan meminimalkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (L/BCM) alat berat.
- Kewajiban Mitigasi Idle: Melarang dan merancang SOP untuk menghilangkan waktu idle yang tidak produktif karena hal tersebut adalah pemborosan energi dan sumber emisi etis yang dapat dihindari.

#### 3.5. Kewajiban Integrasi Energi Terbarukan (Komitmen Teleologis)

Insinyur harus berkomitmen pada tujuan keberlanjutan energi melalui:

- Mandat Evaluasi KET: Dalam setiap perancangan sistem energi baru atau pembaruan armada, insinyur wajib melakukan evaluasi kelayakan teknis dan ekonomi untuk mengintegrasikan KET (PV, Angin, atau Hidro) sebagai sumber daya utama atau hibrida.
- Tanggung Jawab Reklamasi Energi: Merancang rencana pasca-tambang yang secara eksplisit memasukkan pemanfaatan lahan bekas tambang (void) untuk instalasi pembangkit KET, mengubah liability lingkungan menjadi aset energi.

## 4. Kesimpulan dan Rekomendasi

### 4.1. Kesimpulan

Kajian ini menyimpulkan bahwa evolusi Kode Etik Insinyur Tambang dari pendekatan berbasis kepatuhan menuju pendekatan berbasis keberlanjutan adalah suatu keharusan moral dan profesional. Prinsip-prinsip etika yang diajukan, yaitu Stewardship Energi dan Kewajiban Integrasi KET, memberikan kerangka kerja yang kuat bagi insinyur untuk tidak hanya meminimalkan kerusakan tetapi juga secara aktif menjadi pelopor dalam transisi energi di sektor pertambangan.

#### 4.2. Rekomendasi

- Untuk Organisasi Profesi (PII/Asosiasi Tambang): Merevisi Kode Etik untuk memasukkan secara eksplisit Prinsip Stewardship Energi dan menetapkan pelatihan KET sebagai bagian dari Kewajiban Pengembangan Profesional Berkelanjutan (CPD) insinyur.
- Untuk Institusi Akademik: Mengintegrasikan mata kuliah Etika Profesi Lanjutan yang berfokus pada dilema lingkungan dan solusi KET sebagai komponen wajib dalam kurikulum Teknik Pengoperasian Alat Tambang.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi yang tak terhingga kepada Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam atas penyediaan fasilitas akademik dan lingkungan kerja yang kondusif, yang memungkinkan terlaksananya studi ini. Ucapan terima kasih khusus ditujukan kepada rekan-rekan dosen di Program Studi Teknik Pengoperasian Alat Tambang atas diskusi konstruktif, kritik, dan peer-review informal yang sangat berharga dalam penyempurnaan manuskrip ini. Terakhir, dukungan moral dan pengertian dari keluarga tercinta juga merupakan kekuatan utama yang melandasi penyelesaian artikel ini.

#### 6. Referensi

- Bilec, M. M., Ries, R. J., & Ristinen, J. (2020). Life Cycle Assessment of Energy Use in Surface Mining Equipment. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30 (3), 323-330.
- Ghasemi, A., & Bakhshandeh, H. (2016). Fuel Consumption Modeling and Prediction for Excavators in Open Pit Mines. *Mining Science and Technology*, 26 (6), 1033-1039.
- Hasan, S. M., Al-Turki, Y. A., & Al-Mutairi, A. M. (2018). Real-Time Monitoring System for Energy Consumption in Mining Heavy Equipment. *Sensors*, 18 (10), 3274.
- Li, P., Song, J., & Zhang, Q. (2019). An Energy-Efficient Scheduling Strategy for Dump Trucks in Open-Pit Mining Based on Dynamic Programming. *Automation in Construction*, 102, 160-170.
- Mines, A. (2017). Optimal Use of Diesel Fuel in Mining Operations. *Journal of Energy and Natural Resources*, 6 (1), 1-15.
- Norgate, T. E., & Haque, N. (2010). Energy and Greenhouse Gas Implications of Mining. *Journal of Cleaner Production*, 18 (3), 266-274.
- PII. (2014). Catur Karsa Utama: Kode Etik Insinyur Indonesia. Persatuan Insinyur Indonesia.
- Rawls, J. (1999). *A Theory of Justice*. Harvard University Press.
- Smith, J. A., & Jones, B. C. (2020). Fuel Efficiency Management in Open-Pit Mining: A Case Study. *Journal of Mining Technology*, 15 (2), 45-58.
- Torrance, R., & Taylor, R. (2016). Improving Haulage Efficiency through Real-Time Monitoring. *Mining Engineering*, 68 (4), 51-56.
- Visser, M., & van der Schyf, R. (2017). Reducing Idle Time of Haul Trucks in Open-Pit Mines Using Advanced Fleet Management Systems. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 117 (10), 999-1006.
- Wang, L., Zhang, Y., & Chen, S. (2019). An Evaluation of Operator Training Programs on Heavy Equipment Fuel Consumption. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 10 (4), 210-225.
- Xu, W., Chen, Z., & Yang, M. (2018). Big Data Analytics for Energy Consumption Forecasting in Mining Industry. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14 (6), 2736-2745.
- Zafar, A. (2015). Energy Efficiency and Emission Reduction of Haul Trucks in Surface Mines. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 6 (4), 275-290.
- Zerhouni, N. (2014). *Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers*. Routledge