

FUEL MANAGEMENT SYSTEM: ENERGENIUS-FUEL, PLATFORM INOVATIF UNTUK EFISIENSI ENERGI MELALUI MONITORING & PENGELOLAAN DISTRIBUSI BAHAN BAKAR TERINTEGRASI

A. Tarami^{1*}, Bochori² dan A.P. Usman³

¹Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Sriwijaya, Palembang

²Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang

³Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: atarami31117@gmail.com

ABSTRAK: Penurunan harga batubara global mendorong PT Bukit Asam Tbk (PTBA) untuk meningkatkan efisiensi biaya operasional, khususnya pada satuan kerja *Coal Handling & Transportation* (CHT) yang memiliki komponen biaya bahan bakar minyak (BBM) sebesar 30–40% dari harga pokok produksi. Berdasarkan hasil analisis, penggunaan BBM yang melebihi standar uji petik menjadi salah satu masalah yang menjadi fokus untuk dikendalikan, penggunaan BBM melebihi standar uji petik ini disebabkan oleh pemantauan belum dilakukan secara *real-time*, pembatasan BBM belum menggunakan pendekatan *fuel burn*, serta potensi penyalahgunaan. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan sistem digital berbasis aplikasi bernama Energenius-Fuel, yaitu *Fuel Management System* terintegrasi yang memantau distribusi dan konsumsi BBM secara otomatis melalui pemindaian *barcode* dan *dashboard real-time*. Pengembangan dilakukan secara bertahap melalui delapan *sprint* mulai dari perancangan hingga implementasi penuh di seluruh satuan kerja. Hasil penerapan menunjukkan penurunan rata-rata *fuel ratio* sebesar 15%, pengurangan unit dengan konsumsi di luar standar hingga 46%, serta penghematan biaya BBM mencapai Rp1,8 miliar per tahun. Selain itu, emisi CO₂ berhasil ditekan hingga 188.585,99 kg per tahun. Inovasi ini terbukti meningkatkan transparansi, akurasi, dan efisiensi energi, sekaligus mendukung visi PTBA sebagai perusahaan energi kelas dunia yang berorientasi pada keberlanjutan.

Kata Kunci: Efisiensi Energi, Fuel Management System, Digitalisasi, Bahan Bakar Minyak (BBM)

ABSTRACT: The decline in global coal prices has driven PT Bukit Asam Tbk to improve operational cost efficiency, particularly in the Coal Handling & Transportation division, where fuel consumption accounts for 30–40% of the production cost. Based on the analysis results, the use of fuel exceeding the sampling test standards has become one of the issues to be controlled. This excessive fuel usage is caused by monitoring not being conducted in real-time, fuel restrictions not yet using a fuel burn approach, and the potential for misuse. To address these issues, PTBA developed a digital application called Energenius-Fuel, an integrated Fuel Management System designed to monitor fuel distribution and consumption automatically through barcode scanning and a real-time dashboard. The system was developed through eight agile sprints, from initial design to full implementation across all work units. The implementation results showed a 15% reduction in average fuel ratio, 46% decrease in units with fuel consumption above the standard, and annual fuel cost savings of approximately IDR 1.8 billion. Furthermore, CO₂ emissions were reduced by 188,585.99 kg per year. This innovation has proven to enhance transparency, accuracy, and energy efficiency, while supporting PTBA's vision to become a world-class energy company committed to sustainability.

Keywords: Energy Efficiency, Fuel Management System, Digitalization, Fuel

1 Pendahuluan

Fluktuasi harga komoditas energi global, terutama batubara, telah memaksa perusahaan pertambangan untuk melakukan transformasi strategi efisiensi biaya dan energi secara signifikan. Dalam kondisi harga batubara dunia yang menurun, efisiensi menjadi salah satu kunci utama dalam menjaga daya saing dan keberlanjutan perusahaan [1].

Di sektor pertambangan, konsumsi energi—terutama bahan bakar minyak (BBM)—menjadi komponen biaya terbesar, dapat mencapai 15–40% dari total biaya operasional [2]. Ketergantungan tinggi terhadap bahan bakar fosil tidak hanya menimbulkan beban ekonomi, tetapi juga berimplikasi terhadap emisi karbon yang signifikan. Oleh karena itu, pengelolaan energi yang efisien dan berkelanjutan menjadi salah satu pilar utama dalam strategi green mining dan dekarbonisasi industri [3].

Berbagai studi menunjukkan bahwa sistem digitalisasi dalam pemantauan dan pengendalian konsumsi energi di sektor tambang mampu memberikan dampak efisiensi yang signifikan. Implementasi sistem dispatching dan *real-time monitoring* pada operasi *loading* dan *haulage* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 9–12% serta mengurangi emisi karbon hingga 3 juta kg CO₂ per tahun [4]. Selain itu, Bodziony dan Patyk (2024) menegaskan bahwa kondisi lingkungan operasi seperti tekstur jalan, kemiringan, serta manajemen lalu lintas truk memiliki pengaruh besar terhadap konsumsi energi—dan optimisasi pada variabel-variabel tersebut dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 20% [5].

Digitalisasi dan otomatisasi proses juga terbukti memperbaiki akurasi data energi serta mempercepat pengambilan keputusan di lapangan. Penelitian oleh Luo et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem digital berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning* dapat mengidentifikasi pola pemborosan bahan bakar secara otomatis dan merekomendasikan langkah korektif secara prediktif [6]. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memperkuat aspek keselamatan kerja dan akuntabilitas operasional.

Dalam konteks Negara Indonesia, *urgency* pengelolaan energi di sektor tambang juga sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi dan Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi. Regulasi tersebut mewajibkan setiap pengguna energi dengan konsumsi di atas 6.000 TOE per tahun untuk menerapkan sistem

manajemen energi secara sistematis, termasuk *monitoring* dan audit berkala.

Menjawab tantangan tersebut, PT Bukit Asam Tbk (PTBA) melalui satuan kerja Coal Handling & Transportation (CHT) mengembangkan inovasi *Fuel Management System: Energenius-Fuel*, sebuah platform digital terintegrasi yang berfungsi memantau, mengendalikan, dan mengevaluasi distribusi serta konsumsi BBM secara *real-time*. Inovasi ini dirancang untuk mengatasi tiga permasalahan utama yang diidentifikasi di lapangan, yaitu:

- a) Pemantauan belum dilakukan secara *real-time*,
- b) Pembatasan pengisian BBM belum menggunakan pendekatan *fuel burn*, dan
- c) Potensi penyalahgunaan BBM akibat kurangnya akuntabilitas sistem distribusi.

Sebelum implementasi sistem ini, pengawasan penggunaan BBM masih dilakukan secara manual dengan jeda pelaporan hingga H+1, yang menyebabkan kesulitan dalam verifikasi data dan penanganan anomali konsumsi. Melalui digitalisasi proses dengan pemindaian barcode dan dashboard interaktif, Energenius-Fuel memungkinkan data dikumpulkan dan dianalisis secara langsung di lapangan.

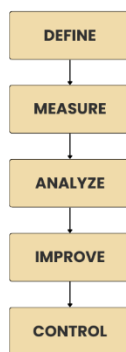
Penerapan sistem *Fuel Management System: Energenius-Fuel*, yang mengintegrasikan pemindaian *barcode* dan *dashboard real-time*, akan menghasilkan peningkatan signifikan terhadap efisiensi penggunaan BBM, ditunjukkan oleh penurunan *fuel ratio*, berkurangnya unit dengan konsumsi di atas standar uji petik, serta meningkatnya akurasi dan kecepatan data distribusi. Temuan awal dari pengujian dan penggunaan sistem menunjukkan indikasi kuat bahwa digitalisasi proses distribusi BBM mampu mengurangi anomali konsumsi, meningkatkan transparansi proses, serta mempercepat verifikasi data lapangan. Temuan tersebut memperkuat urgensi pengembangan sistem dan menjadi landasan analisis pada penelitian ini.

Pengembangan ini sejalan dengan tren global transformasi digital industri tambang (Mining 4.0), di mana efisiensi energi, transparansi data, dan otomatisasi sistem menjadi komponen utama peningkatan produktivitas dan keberlanjutan [7]. Dengan demikian, proyek Energenius-Fuel bukan hanya solusi efisiensi biaya jangka pendek, tetapi juga langkah strategis menuju sistem operasi energi cerdas (*smart energy management*) yang mendukung visi PT. Bukit Asam Tbk. sebagai perusahaan energi kelas dunia yang peduli lingkungan [1].

2 Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model *Agile Framework* yang dikombinasikan dengan prinsip *Six Sigma DMAIC* atau *Define – Measure – Analyze – Improve – Control* (Gambar 1). Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah menghasilkan dan menguji efektivitas suatu produk inovatif berupa sistem digital terintegrasi untuk pengelolaan bahan bakar minyak (BBM), yaitu *Fuel Management System: Energenius-Fuel* [1].



Gambar 1. Diagram Metode Penelitian

Pendekatan R&D sesuai dengan model Borg & Gall (2003) yang menekankan pada proses pengembangan produk berbasis kebutuhan lapangan dan validasi empirik [8]. Model Agile digunakan untuk memastikan siklus pengembangan sistem berlangsung secara cepat, adaptif, dan melibatkan pengguna aktif dalam setiap tahapannya [6].

Dengan demikian, penelitian ini bersifat terapan (*applied research*) yang berorientasi pada pemecahan masalah nyata, yaitu tingginya konsumsi BBM di unit Coal Handling & Transportation (CHT) PT Bukit Asam Tbk. Secara umum, desain penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengidentifikasi akar masalah inefisiensi penggunaan BBM di unit Coal Handling & Transportation (CHT),
- Merancang sistem digital berbasis data *real-time* yang dapat mengontrol dan memonitor distribusi serta konsumsi BBM,
- Menganalisis dampak penerapan sistem terhadap efisiensi energi, biaya operasional, dan emisi karbon,

- Menyusun rekomendasi pengembangan berkelanjutan berbasis hasil implementasi dan evaluasi sistem

2.2 Pendekatan Penelitian dan Tahapan Implementasi

Penelitian dilakukan melalui delapan Sprint (tahap pengembangan) sebagaimana prinsip *Agile Scrum Framework*, dengan rincian pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Penelitian

<i>Sprint</i>	Kegiatan Utama	Output
<i>Sprint 1</i>	Identifikasi masalah, penyusunan <i>flow process</i> , pembuatan <i>prototype I</i>	Desain awal sistem dan baseline data konsumsi BBM
<i>Sprint 2</i>	Validasi <i>prototype I</i> , pengumpulan umpan balik lapangan, revisi desain	Rencana pengembangan <i>prototype II</i>
<i>Sprint 3</i>	Pengembangan <i>prototype II</i> , integrasi modul barcode dan dashboard	Sistem uji coba tahap II
<i>Sprint 4</i>	Uji coba lapangan di Fuel Truck Rehandling, evaluasi hasil, <i>Go Live</i> awal	Data awal perbandingan sebelum-sesudah
<i>Sprint 5-6</i>	Pengembangan <i>prototype III</i> , validasi seluruh satker, <i>Go Live</i> penuh	Implementasi sistem <i>real-time</i>
<i>Sprint 7-8</i>	Penyempurnaan fitur, pelatihan pengguna, <i>Go Live Final</i> seluruh satuan kerja	Sistem siap operasi penuh dan dokumentasi implementasi

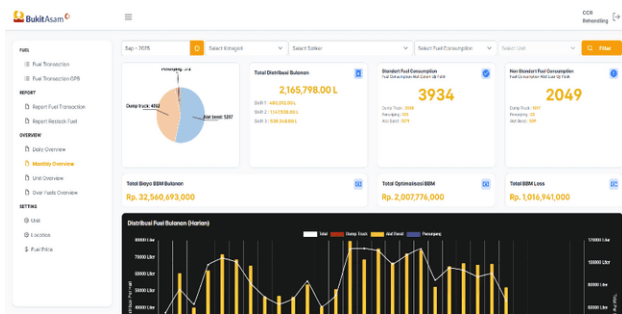
Pendekatan bertahap ini mendukung adaptabilitas sistem terhadap kebutuhan nyata di lapangan, sesuai dengan prinsip *continuous improvement* [6].

Penggunaan aplikasi Energenius-Fuel sebagai media pencatatan distribusi BBM dilakukan dengan berbagai fitur, antara lain:

- Pengendalian penggunaan BBM sesuai uji petik
- Pemantauan *monitoring* secara *real time*
- Pembatasan BBM dengan pendekatan *fuel burn*

2.3 Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain *Fuel Ratio Baseline* (Semester II 2024), *Fuel Ratio Realisasi* (Semester I 2025), serta Harga BBM PT. Bukit Asam Tbk. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara data *fuel ratio* BBM pada semester II 2024 saat distribusi BBM dilakukan secara manual dan pada semester I 2025 saat distribusi BBM sudah dilakukan dengan menggunakan aplikasi Energenius-Fuel (Gambar 1).



Gambar 1. Dashboard Energenius-Fuel

2.3.1 Fuel Ratio (FR)

Indikator ini digunakan untuk menilai tingkat efisiensi penggunaan bahan bakar berdasarkan jarak tempuh aktual. Semakin kecil nilai *Fuel Ratio*, semakin efisien konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh unit operasional. Perhitungan *fuel ratio* diperoleh dari perbandingan antara *volume* BBM yang telah di konsumsi dan jarak yang di tempuh oleh alat (Persamaan 1).

$$FR = \frac{V}{D} \quad (1)$$

Keterangan:

FR = *Fuel Ratio* (Liter/Km)

V = *Volume* BBM yang dikonsumsi (Liter)

D = Jarak Tempuh (Km)

Menurut Yousefi Nejad Attari et al. (2021), Fuel Ratio merupakan indikator utama efisiensi operasional alat berat, yang mencerminkan sinergi antara faktor teknis mesin, kondisi jalan, dan perilaku pengemudi [3].

2.3.2 Efisiensi Penggunaan BBM (E)

Efisiensi dihitung untuk menentukan tingkat pengurangan konsumsi bahan bakar dibandingkan periode sebelumnya. Persentase efisiensi *fuel ratio* dapat di peroleh dengan menggunakan Persamaan 2.

$$FR = \frac{FR_{sebelum} - FR_{sesudah}}{FR_{sebelum} - FR_{target}} \times 100\% \quad (2)$$

Menurut teori Energy Efficiency Ratio (EER) yang dikemukakan oleh Rosen & Dincer (2020), efisiensi tidak hanya diukur berdasarkan perbandingan *input-output* energi, tetapi juga kemampuan sistem dalam mengurangi *non-productive energy losses* (kehilangan energi non-produktif) seperti *idling time* dan pengisian berlebih. Sistem Energenius-Fuel menjawab aspek tersebut dengan menyediakan kontrol *real-time* dan pembatasan otomatis (*digital dispensing control*) [9].

2.3.3 Biaya Penghematan Energi (H)

Biaya penghematan dihitung untuk mengetahui nilai ekonomis dari peningkatan efisiensi energi. Biaya penghematan energi dapat memberikan peluang ekonomi yang baik bagi suatu Perusahaan. Perhitungan biaya penghematan energi dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.

$$H = (V_{sebelum} - V_{sesudah}) \times P \times T \quad (3)$$

Keterangan:

H = Total penghematan biaya bahan bakar (Rp)

V = Konsumsi BBM

P = Harga bahan bakar per liter (Rp/Liter)

T = Jumlah Periode

Menurut World Energy Council (2022), penghematan biaya operasional melalui manajemen energi digital dapat meningkatkan profitabilitas hingga 10–20% tanpa perlu ekspansi kapasitas produksi [10]. Hal ini membuktikan bahwa strategi efisiensi energi sama pentingnya dengan strategi peningkatan *output*.

2.3.4 Emisi CO₂ yang Dihindarkan

Menurut Peraturan Menteri LHK No. P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca, setiap liter BBM yang dihemat berarti mengurangi emisi

CO₂ sebesar 2,31 kg CO₂/liter solar [11]. Sehingga penghematan BBM dapat menurunkan kadar emisi karbon dengan perhitungan menggunakan Persamaan 4.

$$C = \Delta V \times 2,31 \text{ kg} \times T \quad (4)$$

Keterangan:

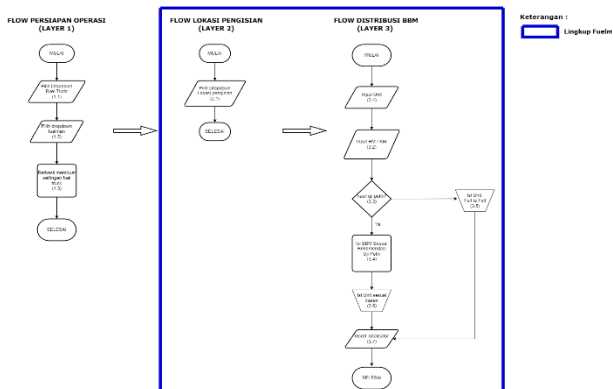
ΔV = Total Penghematan Solar (Liter)

T = Jumlah Periode

3 Hasil

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem aplikasi Energenius-Fuel pada penelitian ini dilakukan dengan 3 layer tahapan (Gambar 2). Layer 1 persiapan operasi dilakukan oleh Dispatch dengan settingan awal berupa nomor unit *fuel truck* dan nama fuel man, sedangkan layer 2 dan 3 dilakukan oleh *Fuelman* ketika berada di lapangan.



Gambar 2. Flow Chart Energenius-Fuel

3.2 Fuel Ratio pada Semester II 2024

Berdasarkan data yang diperoleh pada semester II 2024, standar fuel ratio *dump truck* di satuan kerja Coal Handling and Transportation memiliki rata-rata 0,70 L/Km, sedangkan realisasi *fuel ratio* rata-rata pada periode tersebut sebesar 0,73 L/Km (Tabel 2). Angka tersebut menunjukkan bahwa pada periode tersebut *fuel ratio* *dump truck* pada satuan kerja Coal Handling and Transportation masih di atas standar yang telah ditetapkan.

Tabel 2. *Fuel Ratio Dump Truck* pada Satuan Kerja CHT Semester II 2024

Semester II 2024		
Bulan	Fuel Ratio (L/Km)	Standar (L/Km)
1	0,66	0,70
2	0,87	0,70
3	1,06	0,70
4	0,66	0,70
5	0,61	0,70
6	0,69	0,70
RATA-RATA	0,74	0,70

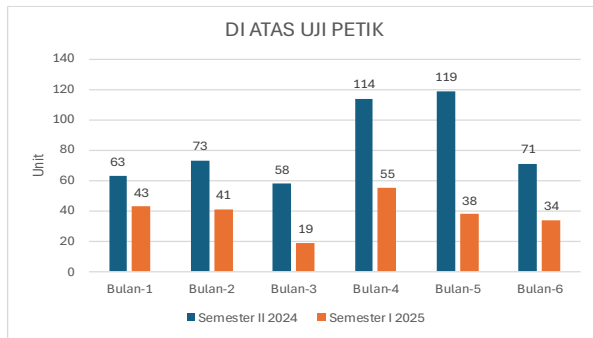
Kelebihan penggunaan BBM tersebut terjadi pada 38% unit *Dump Truck* yang beroperasi selama periode 1 semester tersebut (Tabel 3).

Tabel 3. Unit *Dump Truck Over Fuel* pada Satuan Kerja CHT Semester II 2024

Semester II 2024		
Bulan	Jumlah Unit	Jumlah Unit Over Fuel
1	216	63
2	216	73
3	216	58
4	216	114
5	216	119
6	216	71
TOTAL	1296	498

3.3 Fuel Ratio pada Semester I 2025

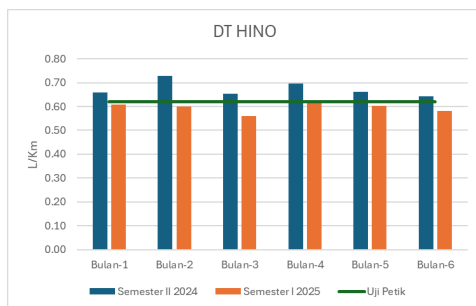
Penerapan *energenius-fuel* sebagai media pencatatan distribusi BBM memberikan dampak penurunan bagi unit *Dump Truck* dengan *fuel ratio* di atas standar. Pada periode semester I 2025, terjadi penurunan jumlah unit *dump truck* dengan *fuel ratio* di atas standar sebanyak 74%. Penurunan jumlah unit terbanyak terjadi pada bulan ke-3, yaitu hanya terdapat 19 unit di atas standar (Gambar 3).



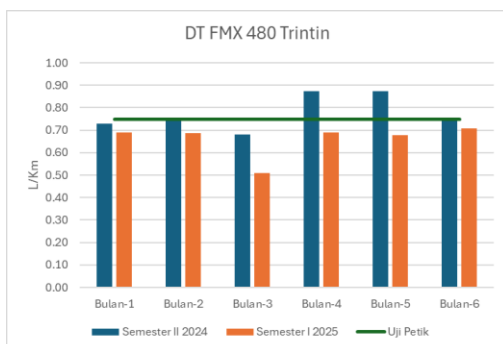
Gambar 3. Grafik Perbandingan Jumlah Unit *Dump Truck Over Fuel*

Persentase penurunan *fuel ratio* pada satuan kerja Coal Handling and Transportation memiliki perbedaan berdasarkan jenis *dump truck*. Penurunan terbesar terjadi pada *dump truck* jenis Fuso, yaitu sebesar 21%, yaitu dari 0,8 L/Km menjadi 0,65 L/Km (Gambar 4). Selain itu, penurunan juga terjadi pada seluruh jenis *dump truck*, persentase penurunan *fuel ratio* pada *dump truck* FMX 480 Trintin sebesar 16% yaitu dari 0,78 L/Km menjadi 0,66 L/Km, *dump truck* FMX 440 Trinton sebesar 17% yaitu dari 0,76 L/Km menjadi 0,64 L/Km, *dump truck* Hino sebesar 13% yaitu dari 0,67 L/Km menjadi 0,59 L/Km, sedangkan *dump truck* Quester sebesar 8% yaitu dari 0,78 L/Km menjadi 0,66 L/Km (Gambar 4). Sehingga, persentase rata-rata penurunan *fuel ratio* adalah 15%.

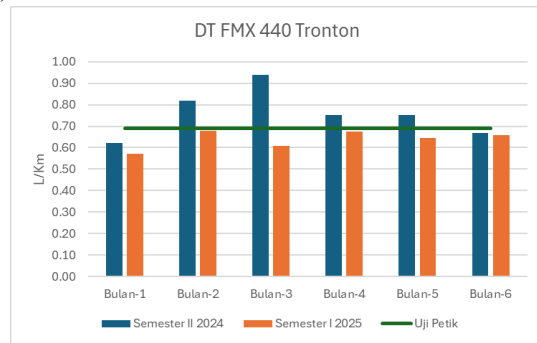
(a)



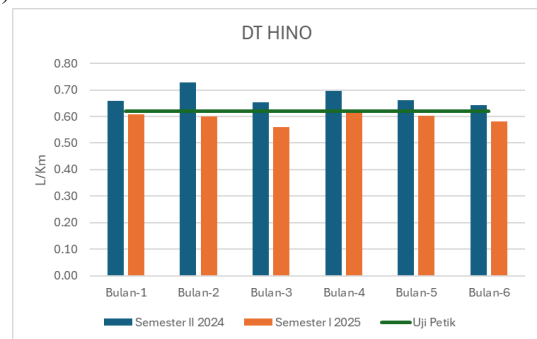
(b)



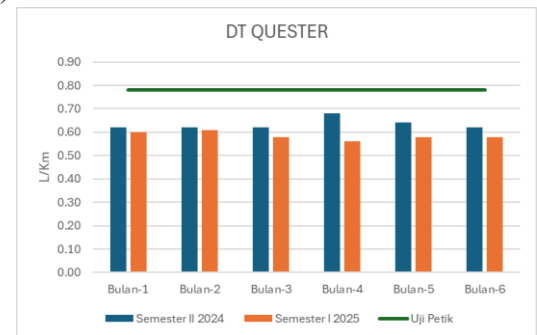
(c)



(d)



(e)



Gambar 4. Penurunan Fuel Ratio (a) *Dump Truck* Fuso, (b) *Dump Truck* FMX 480 Trintin, (c) *Dump Truck* 440 Trinton, (d) *Dump Truck* Hino, dan (e) *Dump Truck* Quester

Perbedaan persentase tersebut dipengaruhi oleh jenis alat dan standar *fuel ratio* masing-masing alat. *Dump truck* Fuso memiliki standar uji petik sebesar 0,67 L/Km, *Dump truck* Hino memiliki standar uji petik sebesar 0,62 L/Km, *Dump truck* Quester memiliki standar uji petik sebesar 0,78 L/Km, *Dump truck* FMX 480 Trintin memiliki standar uji petik sebesar 0,75 L/Km, sedangkan *Dump truck* FMX 440 Trinton memiliki standar uji petik sebesar 0,69 L/Km.

3.4 Improvement

Penggunaan aplikasi Energenius-fuel memberikan peluang *improvement* bagi PT Bukit Asam Tbk dalam lingkup ekonomi dan lingkungan. Penurunan jumlah unit *over fuel ratio* dari 498 unit menjadi 234 unit memberikan persentase penurunan sebesar 53% dengan target 0 unit *over fuel ratio*. Namun, ketercapaian penurunan *fuel ratio* mencapai target, yaitu 0,7 L/Km dengan persentase sebesar 333%. Selain itu, terjadi perubahan *Bussiness Process* pada distribusi BBM PT. Bukit Asam Tbk. dengan adanya peningkatan akurasi dan kecepatan data melalui sistem data *real-time*, PT. Bukit Asam Tbk. dapat memperoleh data secara langsung tanpa menunggu adanya pelaporan. Sehingga, terjadi peningkatan persentase dalam akurasi dan kecepatan data sebesar 100%.

	Baseline	Target	Realisasi	Persentase
Unit Over Standar	498 Unit	0 Unit	234 Unit	53%
Fuel Ratio	0,73 L/Km	0,7 L/Km	0,63 L/Km	333%
Akurasi & Kecepatan Data	24 Jam	0 Jam	0 Jam	100%

Ketercapaian target tersebut memberikan keuntungan ekonomi bagi PT. Bukit Asam Tbk berupa penghematan biaya dengan menggunakan persamaan (3).

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 V_{sebelum} &= 737.789 \text{ Liter} \\
 V_{sesudah} &= 675.324,5 \text{ Liter} \\
 P &= \text{Rp } 15.000,00
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 H &= (V_{sebelum} - V_{sesudah}) \times V \times P \\
 &= (737.789 - 675.324,5) \times \text{Rp } 15.000,00 \times 2 \\
 &= \text{Rp } 1.873.935.000,00
 \end{aligned}$$

Maka, diperoleh peluang penghematan biaya pada satuan kerja Coal Handling and Transportation Pt. Bukit Asam Tbk. sebesar Rp 1.873.935.000,00.

Selain itu, dengan adanya penurunan konsumsi BBM, maka dapat diperoleh penurunan emisi karbon CO₂ yang dihitung dengan persamaan (4).

$$\begin{aligned}
 H &= \Delta V \times 2,31 \text{ kg} \times P \\
 &= (V_{sebelum} - V_{sesudah}) \times 2,31 \text{ kg} \times P \\
 &= (737.789 - 675.324,5) \times 2,31 \text{ kg} \times 2
 \end{aligned}$$

$$= 288.585,99 \text{ kg}$$

Maka, diperoleh peluang penurunan emisi karbon CO₂ pada satuan kerja Coal Handling and Transportation Pt. Bukit Asam Tbk. sebesar Rp288.585,99 kg per tahun.

Meskipun beroperasi pada skala dan konteks lokal, kinerja Energenius-Fuel terbukti kompetitif bila dibandingkan dengan sistem manajemen BBM yang digunakan di industri pertambangan global. Sistem seperti Caterpillar MineStar, Komatsu KOMTRAX, dan Hexagon MineOperate umumnya memberikan efisiensi 8–15% melalui monitoring *real-time*.

Menurut Bagloo (2024), studi optimasi berbasis IoT dan *Machine Learning* secara internasional menunjukkan efisiensi tambahan sekitar 9–12% [4]. Dibandingkan angka tersebut, Energenius-Fuel mampu mencapai penurunan fuel ratio sebesar 15% serta pengurangan unit over-fuel hingga 74%, yang menunjukkan performa setara bahkan lebih tinggi pada aspek tertentu. Keberhasilan ini didorong oleh integrasi barcode dispensing, pembatasan berbasis fuel burn, serta verifikasi otomatis yang disesuaikan dengan karakteristik operasional CHT. Dengan capaian tersebut, Energenius-Fuel dapat dianggap sebagai solusi efisiensi yang kompetitif dan relevan dalam lanskap teknologi manajemen bahan bakar industri.

4 Kesimpulan

Penelitian dan implementasi *Fuel Management System: Energenius-Fuel* di PT Bukit Asam Tbk membuktikan bahwa digitalisasi pengelolaan bahan bakar minyak (BBM) mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap efisiensi energi, akurasi data, serta transparansi operasional. Melalui penerapan sistem berbasis aplikasi dengan *dashboard real-time*, proses distribusi serta konsumsi BBM dapat dikendalikan secara otomatis dan terukur.

Hasil penerapan menunjukkan penurunan *fuel ratio* rata-rata sebesar 15%, pengurangan unit dengan konsumsi di atas standar hingga 46–74%, dan efisiensi biaya bahan bakar mencapai Rp 1,87 miliar per tahun. Selain dampak ekonomi, sistem ini juga berkontribusi terhadap aspek lingkungan melalui penurunan emisi karbon sebesar ±188–288 ton CO₂ per tahun.

Dengan hasil tersebut, Energenius-Fuel berperan strategis dalam mendukung program efisiensi energi nasional, target dekarbonisasi industri, serta visi PT Bukit Asam menjadi perusahaan energi kelas dunia yang berorientasi pada keberlanjutan (*sustainability-driven*).

enterprise). Keberhasilan ini membuka peluang arah pengembangan lanjutan yang signifikan. Energenius-Fuel memiliki potensi untuk dikembangkan dengan melakukan pemasangan *control valve & flow meter* digital pada tangka *fuel truck* untuk memonitor volume *flow in-out* distribusi ke unit operasional secara *real-time*. Rencana pengembangan tersebut di asumsikan dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi anomali sejak dini dan mengoptimalkan pengambilan keputusan operasional. Selain itu, performa yang terbukti efektif di lingkungan PTBA membuka peluang komersialisasi melalui model lisensi, layanan berbasis langganan (SaaS), atau kemitraan dengan sektor pertambangan, konstruksi, dan logistik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Satuan Kerja Coal Handling and Transportation (CHT) PT Bukit Asam Tbk atas dukungan, kerja sama, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus ditujukan kepada Bapak Aloisius Herman Rahangiar, selaku Coal Handling & Transportation Subdivision Head, atas arahan dan bimbingan yang berharga; kepada Bapak Tegar Resdiansyah, selaku Production & Mining Support Equipment Maintenance Planning Department Head, atas dukungan teknis dan koordinasi yang konstruktif; serta kepada Bapak Dedi Sandra, selaku Coal Rehandling Operation Group A–D Subsection Head, atas kerja sama dan kontribusi nyata dalam proses implementasi sistem. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Tim Energenius Coal — Arib, Revan dan Nisa — atas dedikasi dan kerja kerasnya dalam pengembangan dan penyempurnaan sistem hingga proyek ini dapat terlaksana dengan baik.

Selain itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada istri tercinta, *Eka Sulistya Istri*, atas dukungan moral, doa, dan pengertiannya yang tulus selama proses penelitian dan penyusunan karya ini berlangsung.

Daftar Pustaka

[1] PT Bukit Asam Tbk., (2025a), “*OPEXCON 25 – Fuel management system project timeline and implementation report*”, *Internal document*.

[2] T. Igogo, T. Lowder, & J. Engel-Cox, (2020), “*Integrating clean energy in mining operations: Opportunities, challenges, and enabling*

approaches”, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

[3] M. Y. N. Attari, T. F. Miandoab, B. Ejlali, & A. E. Torkayesh, (2021), “*Fuel consumption in the mining industry using partial least squares structural equation modeling approach*”, *International Journal of Energy Sector Management*, 15(4), 789–802.

[4] H. Bagloo, A. Rahmani, & J. Gholamnejad, (2024), “*Sustainable fuel management in mining: Fuel optimization strategies in loading and haulage*”, ResearchGate.

[5] P. Bodziony, & M. Patyk, (2024), “*The influence of the mining operation environment on the energy consumption and technical availability of truck haulage operations in surface mines*”, *Energies*, 17(11), 2654.

[6] J. Luo, Z. Li, & R. Qiu, (2023), “*IoT-based fuel consumption prediction and optimization in open-pit mining trucks*”, *Journal of Cleaner Production*, 421, 138512.

[7] PwC, (2023), “*Mine 2023: The era of reinvention – Review of global mining trends*. PricewaterhouseCoopers.

[8] W. R. Borg, & M. D. Gall, (2003), “*Educational research: An introduction* (7th ed.)”, Longman.

[9] M. A. Rosen, & I. Dincer, (2020), “*Exergy analysis of energy systems*”, Elsevier.

[10] World Energy Council, (2022), “*Energy efficiency: A roadmap for industrial competitiveness*”, World Energy Council.

[11] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, (2019), “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional”, Jakarta: KLHK.