

**ANALYSIS OF HAUL TRUCK WORKING CONDITIONS USING GPS
DATA FOR PROCESS IMPROVEMENT RECOMMENDATIONS
(DMAIC FRAMEWORK APPROACH)**

By

Heru Novef Rupianto Panjaya
12407049

BACHELOR'S DEGREE
in

INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY



SWISS GERMAN UNIVERSITY
The Prominence Tower
Jalan Jalur Sutera Barat No. 15, Alam Sutera
Tangerang, Banten 15143 - Indonesia

Revision After Thesis Defense on January 29, 2026

STATEMENT BY THE AUTHOR

I hereby declare that this submission is my own work and to the best of my knowledge, it contains no material previously published or written by another person, nor material which to a substantial extent has been accepted for the award of any other degree or diploma at any educational institution, except where due acknowledgement is made in the thesis.



Heru Novaf Rupianto Panjaya

Student

24 Februari

2026

Approved by:



Dr. Eng. Aditya Tirta Pratama, S.Si., M.T.

Thesis Advisor

25 FEB

2026



Dr. Ir. Maulahikmah Galinium, S.Kom, M.Sc.

Thesis Co-Advisor

25 February

2026



Dr. Ir. Maulahikmah Galinium, S.Kom, M.Sc.

Dean

25 February

2026

ABSTRACT

ANALYSIS OF HAUL TRUCK WORKING CONDITIONS USING GPS AND VEHICLE DYNAMIC DATA FOR PROCESS IMPROVEMENT RECOMMENDATIONS (DMAIC FRAMEWORK APPROACH)

By

Heru Novef Rupianto Panjaya

Dr.Eng. Aditya Tirta Pratama, S.Si., M.T., Advisor

Dr. Maulahikmah Galinium, S.Kom, M.Sc., Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

Inefisiensi konsumsi bahan bakar pada operasional haul truck di pertambangan terbuka sangat dipengaruhi oleh kondisi jalan angkut sebagai media kerja utama alat. Pada studi ini, konsumsi aktual tercatat sebesar 38–39 L/jam, melebihi target 37 L/jam. Indikasi awal menunjukkan bahwa tingginya Total Resistance akibat kombinasi Grade Resistance dan Rolling Resistance menjadi faktor dominan penyebab inefisiensi. Penelitian ini bertujuan memetakan profil hambatan jalan secara kuantitatif dengan memisahkan komponen Grade Resistance dan Rolling Resistance, serta merumuskan rekomendasi perbaikan menggunakan kerangka DMAIC. Pengukuran dilakukan sepanjang ± 28 km jalur hauling menggunakan integrasi data elevasi barometrik dari Garmin Oregon 750 dan data respons dinamik kendaraan (Vertical G-Force) dari Garmin VIRB Ultra 30. Hasil menunjukkan nilai Grade Resistance rata-rata 3–6% dengan beberapa segmen melebihi 7%, sedangkan Rolling Resistance berada pada rentang 3,5–5%, lebih tinggi dari standar ideal 2–3% untuk jalan terawat. Pada segmen kritis, Total Resistance mencapai 8–12%. Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi kemiringan tinggi dan kualitas permukaan jalan yang kurang optimal meningkatkan beban traksi dan konsumsi bahan bakar. Segmen dengan Grade Resistance $> 5\%$ dan Rolling Resistance $> 3,5\%$ ditetapkan sebagai prioritas perbaikan melalui reshaping, grading, dan compaction berbasis data.

Kata kunci : Haul road; Total Resistance; Grade Resistance; Rolling Resistance; GPS telemetry; DMAIC

ABSTRACT

ANALYSIS OF HAUL TRUCK WORKING CONDITIONS USING GPS AND VEHICLE DYNAMIC DATA FOR PROCESS IMPROVEMENT RECOMMENDATIONS (DMAIC FRAMEWORK APPROACH)

By

Heru Novef Rupianto Panjaya

Dr.Eng. Aditya Tirta Pratama, S.Si., M.T., Advisor

Dr. Maulahikmah Galinium, S.Kom, M.Sc., Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

Fuel consumption inefficiency in open-pit haul truck operations is strongly influenced by haul road conditions as the primary operating medium of the equipment. In this study, actual fuel consumption was recorded at 38–39 L/h, exceeding the efficiency target of 37 L/h, indicating a correlation with high road resistance. Previous evaluations relied mainly on visual observation, making it difficult to quantify the respective contributions of Grade Resistance (GR) and Rolling Resistance (RR). This research aims to quantitatively map haul road resistance by separating GR and RR components and to formulate improvement strategies using the DMAIC framework. Measurements were conducted along an approximately 28 km main hauling route using integrated barometric GPS data for gradient analysis and vehicle dynamic response data (Vertical G-Force) obtained from a Garmin VIRB device. Results show that average GR ranges from 3–6%, with several segments exceeding 7%, while RR ranges from 3.5–5%, higher than the recommended 2–3% for well-maintained mine roads. On critical segments, Total Resistance (TR) reaches 8–12%, for example at KM 5+700–5+900 (TR 9.5%) and KM 11+700–11+800 (TR 10.9%). The findings confirm that steep gradients combined with poor surface conditions are dominant factors increasing tractive effort and fuel use. Segments with GR >5% and RR >3.5% are prioritized for reshaping, grading, and compaction, supported by data-based monitoring to maintain resistance within efficient operational limits.

Keywords: Haul truck Haul road; Total Resistance; Grade Resistance; Rolling Resistance; GPS telemetry; DMAIC

© Copyright 2026
by Heru Novef Rupianto Panjaya
All rights reserved



LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia, penyertaan, dan kekuatan-Nya yang senantiasa menyertai saya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Segala proses pembelajaran dan perjuangan akademik yang dilalui merupakan bagian dari rencana dan kehendak-Nya yang sempurna.

Tesis ini saya persembahkan dengan penuh hormat dan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua tercinta, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan, serta memberikan dukungan tanpa henti sejak awal perjalanan hidup saya. Doa, nasihat, dan keteladanan yang diberikan menjadi fondasi utama dalam membentuk karakter dan semangat saya dalam menempuh pendidikan.

Karya ini juga saya persembahkan secara khusus kepada istri tercinta, Febriana Winda Irawati, yang dengan penuh kesabaran telah mendampingi, menyemangati, dan mendukung penulis dalam setiap tahap penyusunan tesis ini. Kasih, pengertian, serta pengorbanan yang diberikan menjadi sumber motivasi yang tak ternilai bagi saya.

Tidak lupa, tesis ini saya persembahkan juga kepada anak tercinta, Heaven Nediva Phanjaya, yang kehadirannya menjadi sumber kebahagiaan, harapan, dan penguat langkah penulis untuk terus berjuang dan memberikan yang terbaik.

Akhir kata, semoga karya ini dapat menjadi berkat dan memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya, serta menjadi bagian dari perjalanan hidup saya yang senantiasa berada dalam penyertaan Tuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih, penyertaan, dan anugerah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tanpa pertolongan dan kekuatan dari-Nya, penyusunan tesis ini tidak akan dapat berjalan dengan lancar.

Saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr.Eng. Aditya Tirta Pratama, S.Si., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Maulahikmah Galinium, S.Kom., M.Sc. selaku pembimbing pendamping, atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama proses penyusunan tesis ini.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen pengajar online SGU–UT Program Studi Teknik Industri Batch 4 atas ilmu, pengalaman, dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan SGU–UT Berau, khususnya Bapak Nico, Bapak Adek, dan Bapak Beny, atas dukungan, kebersamaan, dan semangat yang diberikan selama proses studi.

Selanjutnya, saya mengucapkan terima kasih kepada Manajemen UT Binungan yang telah memberikan kesempatan dan dukungan kepada saya untuk melaksanakan penelitian ini.

Yang tak kalah penting, saya persembahkan rasa terima kasih dan cinta yang mendalam kepada keluarga tercinta atas dukungan, doa, dan kasih sayang yang tiada henti, yang menjadi sumber kekuatan dan ketenangan selama proses ini.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus atas penyertaan-Nya dalam setiap proses yang dilalui. Kiranya seluruh bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapat balasan yang berlimpah.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Meeting bersama evaluasi kinerja.....	16
Gambar 1. 2 Fuel Consumption Comparison, Plan vs. Actual	16
Gambar 1. 3 Peta Situasi Jalur Angkut Batubara dari KM 0 sampai Hopper KM 28	17
Gambar 1. 4 Profil Geometri Jalan Angkut yang Menunjukkan Variasi Elevasi Ekstrem.....	17
Gambar 2. 1 Nilai standart RR dan kondisi jalan	26
Gambar 2. 2 Perangkat Garmin Oregon 750 untuk Validasi Elevasi	29
Gambar 2. 3 Software Garmin BaseCamp.....	29
Gambar 2. 4 Data olahan dari perangkat Garmin Oregon di aplikasi Garmin Base Camp	30
Gambar 2. 5 Perangkat Garmin VIRB Ultra 30 dengan Sensor G-Metrix	31
Gambar 2. 6 Software Garmin BaseCamp.....	31
Gambar 2. 7 Data olah dari Garmin Virb Ultra 30 di aplikasi Garmin Virb Edit	31
Gambar 2. 8 Siklus DMAIC	32
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	35
Gambar 3. 2 Gambar Aplikasi Garmin BaseCamp.....	38
Gambar 3. 3 Visualisasi Sinkronisasi Video dan Data Telemetry.....	38
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian Jalur Angkut Site Binungan (SumberGoogle Maps).....	42
Gambar 4. 2 Proses unit hauling.....	43
Gambar 4. 3 Perencanaan pembagian segment untuk pengukuran grade.....	43
Gambar 4. 4 Proses pemasangan Garmin Oregon pada unit	44
Gambar 4. 5 Proses setting kalibrasi pada garmin Oregon.....	45
Gambar 4. 6 Proses import data GPX ke aplikasi Garmin base Cam.....	45
Gambar 4. 7 Proses pemasangan Garmin Virb pada unit	46
Gambar 4. 8 Proses setting pada Garmin Virb	47
Gambar 4. 9 Proses input video dan G-Metrix ke aplikasi Garmin Virb	47
Gambar 4. 10 Gambar segment A (KM 0 – 10)	48
Gambar 4. 11 Gambar segment B (KM 10 – 20).....	48
Gambar 4. 12 Gambar segment C (KM 20 – 28).....	48
Gambar 4. 13 Gambar temuan rolling resistance hauling.....	50
Gambar 4. 14 Gambar temuan rolling resistance hauling.....	52

Gambar 4. 15 Heatmap Rolling Resistance pada Segmen Kritis Jalur Hauling.....	54
Gambar 4. 16 Heatmap Total Resistance pada Segmen Kritis Jalur Hauling	54



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Populasi Unit Haul Truck PT M. di Site Binungan	15
Tabel 2. 1 Nilai standart RR dan kondisi jalan (Komatsu Ltd., 2019)	26
Tabel 2. 2 Perbandingan Perangkat GPS untuk Observasi	28
Tabel 2. 3 Matriks Kesenjangan Penelitian (Research Gap Analysis)	33
Tabel 4. 1 Tabel posisi KM yang menunjukkan grade ≥ 4 %.....	49
Tabel 4. 2 Tabel konversi G-Force terhadap estimasi RR.....	51
Tabel 4. 3 Matriks Komparasi Diagnosa Jalan (Before vs After).....	55
Tabel 4. 4 Rencana Tindakan Perbaikan Jalan (Road Improvement Action Plan).....	56
Tabel 5. 1 Rancangan Eksperimen Pengembangan Lanjutan	61



DAFTAR ISI

STATEMENT BY THE AUTHOR.....	2
ABSTRACT.....	3
ABSTRACT.....	4
LEMBAR PERSEMBAHAN	6
UCAPAN TERIMA KASIH.....	7
DAFTAR GAMBAR.....	8
DAFTAR TABEL.....	10
DAFTAR ISI.....	11
BAB 1 – PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Pertanyaan Penelitian (<i>Research Questions</i>)	18
1.5 Hipotesis Penelitian.....	18
1.6 Manfaat Penelitian	19
1.7 Ruang Lingkup Penelitian.....	19
1.8 Batasan Penelitian	20
1.9 Sistematika Penulisan	20
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	22
2.1 Tinjauan Pustaka (<i>Literature Review</i>).....	22
2.2 Landasan Teori Alat Angkut (<i>Haulage Unit Theory</i>)	24
2.2.1 Karakteristik Operasional <i>Coal Hauling Truck</i>	24
2.3 Teori Mekanika Alat Berat (<i>Earthmoving Mechanics</i>).....	24

2.3.1	Hambatan Total (<i>Total Resistance</i>).....	25
1.3.2	Grade Resistance (Hambatan Kemiringan).....	25
2.3.3	Rolling Resistance (Hambatan Gulir)	25
3.1	Instrumen dan Teknologi Pengukuran	26
3.1.1	Perbandingan Perangkat GPS untuk Observasi Jalan Tambang	27
2.4.2	Garmin Oregon 750 (Validasi Elevasi Presisi)	28
2.4.3	Garmin VIRB Ultra 30 & Software VIRB Edit	30
3.2	Kerangka Kerja DMAIC (<i>Methodological Framework</i>)	31
2.6	Analisis Kesenjangan Penelitian (<i>Research Gap</i>).....	33
BAB 3 METODE PENELITIAN		35
3.1	Diagram Alur Penelitian (<i>Research Flowchart</i>)	35
3.2	Objek dan Lokasi Penelitian	36
3.3	Arsitektur Sistem Pengukuran (<i>Measurement System Architecture</i>).....	36
3.4	Instrumen dan Prosedur Pengambilan Data	36
3.4.1	Instalasi Instrumen (<i>Tools Setup</i>).....	37
3.2.1	Prosedur Pengambilan Data (<i>Data Collection</i>).....	37
3.5	Teknik Pengolahan dan Analisis Data	38
3.5.1	Pengolahan Data Software (<i>Data Processing</i>).....	38
3.5.2	Konversi G-Force ke Rolling Resistance (%).....	39
3.5.3	Analisis Estimasi Kenaikan Bahan Bakar.....	40
3.6	Time Frame	41
BAB 4 – HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Pemetaan Masalah Utama (Define)	42
4.2	Akuisisi dan Pengolahan Data Lapangan (Measure)	43
4.2.1	Prosedur Pengukuran Grade Resistance Menggunakan Garmin Oregon 750	44
4.2.2	Prosedur Pengukuran Rolling Resistance Menggunakan Garmin VIRB Ultra 30	45
4.3	Analisis.....	47
4.3.1	Analisis Grade Resistance (GR Analysis).....	47
4.3.2	Analisis Rolling Resistance (RR Analysis)	49
4.3.3	Konversi Rolling Resistance dari Data Dinamik ke Persentase.....	50
4.3.4	Perhitungan Total Resistance	53

4.3.5	Visualisasi Heatmap Total Resistance dan Identifikasi Zona Kritis.....	53
4.3.6	Komparasi Metode: Observasi Visual (<i>Before</i>) vs Validasi Instrumen (<i>After</i>)	54
4.4	Tahap Improve: Perancangan Strategi Perbaikan	56
4.4.1	Strategi Perbaikan Fisik Jalan (<i>Road Maintenance Strategy</i>).....	56
4.5	Tahap Control: Mekanisme Pengendalian	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Rekomendasi	59
5.3	Pengembangan Lanjutan (<i>Future Work</i>).....	60
GLOSARIUM.....		62
LAMPIRAN.....		66
DAFTAR PUSTAKA		70
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		72