

**IMPROVING FUEL SAVING CONSUMPTION HEAVY EQUIPMENT BY USING
MULTIPLE LINEAR REGRESSION IN INDONESIAN
LEADING MINING CONTRACTOR**

By

HERI WAHYUDI

12007106

BACHELOR'S DEGREE
in

INDUSTRIAL ENGINEERING
ENGINEERING & INFORMATION TECHNOLOGY



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

June 2022

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.

Heri Wahyudi

Student

Date

Approved by:

Dr. Eng. Sumarsono Sudarto, ST., MT., OCP

Thesis Advisor

Date

Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc

Thesis Co-Advisor

Date

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

Dean

Date

Heri Wahyudi

ABSTRACT

IMPROVING FUEL SAVING CONSUMPTION HEAVY EQUIPMENT BY USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION IN INDONESIAN LEADING MINING CONTRACTOR

By

Heri Wahyudi Students

Dr. Eng. Sumarsono Sudarto, ST., MT., OCP, Advisor

Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

Diesel fuel is one of the most important components in the process of coal mining operations. The amount of diesel fuel used in heavy equipment units has a very large influence on the operational costs of mining activities. PT. SJK currently operates 35 units of Komatsu HD 785-7 heavy equipment out of a total of 78 Komatsu units. In 2021 the average hourly use of diesel fuel for the HD 785-7 unit is 83 liters per hour. Several factors that influence the high consumption of diesel fuel, especially on HD 785-7 conveyances are high resistance grade, road surface conditions, hauling distance, conveyance speed, number of loads and unit condition. The method used to analyze fuel consumption in this study is Multiple Linear Regression. This method is used to predict several variables that can affect the high fuel consumption of the HD 785-7 unit. From the results of the study, it was found that a decrease in fuel consumption obtained a fuel rate of 42 l/h, a fuel ratio of 21.48 l/bcm at a load of 95 metric tons and a grade resistance of 4%. With these results it is stated that the road slope (grade resistance), the number of loads and the speed of the unit have an effect on fuel consumption.

Keywords: Heavy Duty 785-7, grade resistance, fuel ratio, Multiple Linear Regression, diesel fuel, liter/bcm/km

ABSTRACT

IMPROVING FUEL SAVING CONSUMPTION HEAVY EQUIPMENT BY USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION IN INDONESIAN LEADING MINING CONTRACTOR

By

Heri Wahyudi Students

Dr. Eng. Sumarsono Sudarto, ST., MT., OCP, Advisor

Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc Co-Advisor

SWISS GERMAN UNIVERSITY

Bahan bakar solar merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam proses kegiatan operasi penambangan batubara. Jumlah pemakaian bahan bakar solar pada unit alat berat memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap biaya operasional kegiatan penambangan. PT. SJK pada saat ini telah mengoperasikan unit alat berat Komatsu HD 785-7 sebanyak 35 unit dari total 78 unit Komatsu yang ada. Pada tahun 2021 rata rata pemakaian bahan bakar solar per jam unit HD 785-7 di angka 83 liter per jam. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya konsumsi bahan bakar solar terutama pada alat angkut HD 785-7 adalah *grade resistance* tinggi, kondisi permukaan jalan, jarak angkut, kecepatan alat angkut, jumlah muatan dan kondisi unit. Metode yang digunakan untuk melakukan analisa konsumsi bahan bakar dalam penelitian ini adalah *Multiple Linear Regression*. Metode ini digunakan untuk memprediksi beberapa variabel yang dapat mempengaruhi tingginya konsumsi bahan bakar pada unit HD 785-7. Dari hasil penelitian didapatkan penurunan konsumsi bahan bakar yang diperoleh *fuel rate* 42 l/h, *fuel ratio* 21,48 l/bcm pada muatan 95 metric ton dan *grade resistance* 4 %. Dengan hasil ini menyatakan bahwa kemiringan jalan (*grade resistance*), jumlah muatan dan kecepatan unit berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar.

Keywords: HD 785-7, grade resistance, fuel ratio, Multiple Linear Regression, bahan bakar solar, liter/bcm/km

© Copyright 2022
oleh Heri Wahyudi
All rights reserved

DEDIKASI

Penelitian ini saya dedikasikan untuk Orang Tua saya, Istri dan anak-anak saya, untuk PT United Tractors perusahaan tempat saya bekerja saat ini, dan untuk seluruh sahabat saya yang sudah bersedia membantu saya selama masa kuliah sampai proses penelitian ini selesai dilaksanakan.

PENGHARGAAN

Saya ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada Orang Tua saya, Istri dan anak-anak saya, beserta keluarga besar saya yang sudah mendukung secara moral selama saya melakukan proses penelitian ini. Saya juga ingin menyampaikan terimakasih kepada PT United Tractors yang sudah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti program Pendidikan S1 di Swiss German University, saya sampaikan juga terimakasih kepada bapak Dr.Eng.Sumarsono Sudarto,ST.,MT.,OCP, sebagai Advisor dan Dr. Ir. Gembong Baskoro, M.Sc Co-Advisor yang sudah membimbing saya dari awal proses penelitian sampai proses penelitian ini selesai, tidak lupa juga saya ucapkan Terimakasih kepada Swiss German University yang sudah memberikan ilmu kepada saya sehingga saya bisa semakin memperkuat kompetensi saya untuk menunjang saya dalam meningkatkan produktivitas kerja di PT United Tractors.

DAFTAR ISI

	Hal
DEDIKASI.....	6
PENGHARGAAN	7
DAFTAR ISI.....	8
DAFTAR GAMBAR	12
DAFTAR TABEL	14
BAB 1 – PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang.....	15
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan Penelitian	20
1.4 Batasan Masalah	20
1.5 Manfaat Penelitian	20
1.6 Pertanyaan Penelitian.....	20
1.7 Hipotesis	20
1.8 Struktur Penelitian	21
BAB 2 - KAJIAN PUSTAKA	22
2.1 Alat Berat.....	22
2.2 <i>Komatsu heavy duty dump truck</i>	23
2.2.1 <i>Machine code</i>	23
2.2.2 <i>Machine Component</i>	24
2.2.3 Power Train Komatsu HD 785-7	24
2.3 Klasifikasi <i>Engine</i>	25
2.3.1 Prinsip kerja <i>diesel engine four stroke</i>	25

2.3.2 Prinsip kerja <i>diesel engine</i> 2 langkah	27
2.3.3 Proses Pembakaran Pada <i>Diesel Engine</i>	28
2.4 <i>Common Rail Injection (CRI System)</i>	30
2.4.1 <i>Common Rail Injection (CRI System) diagram</i>	31
2.5 <i>Vehicle Health Monitoring System (VHMS)</i>	32
2.5.1 <i>Vehicle Health Monitoring System (VHMS) Activity</i>	33
2.5.2 <i>Vehicle Health Monitoring System (VHMS) Download</i>	33
2.6 <i>Fleet Management System</i>	34
2.6.1 <i>Aplikasi Dispatcher</i>	35
2.6.2 <i>Aplikasi Mobile</i>	36
2.6.3 <i>Aplikasi Group Leader</i>	36
2.6.4 <i>Aplikasi Dashboard Report</i>	37
2.7 <i>Multiple Linear Regression</i>	37
2.8 <i>Tabel Literature Review</i>	38
BAB 3 - METODE PENELITIAN	39
3.1 Pengambilan sampel dan data populasi.....	39
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
3.3 Sumber Data dan Prosedur Pengumpulan Data	40
3.3.1 Sumber Data	40
3.3.2 Prosedur Pengumpulan Data.....	40
3.4 Teknik Pengolahan Data.....	40
3.5 Material dan Peralatan.....	41
3.6 Metode Analisis.....	41
3.7 Diagram Alur Penelitian.....	42
BAB 4 - PAPARAN DATA DAN DISKUSI	43
4.1 Spesifikasi Komatsu HD 785-7	43
4.2 Kondisi dan lingkungan area <i>front</i>	46

4.3	Kondisi <i>Hauling Road (jalan angkut)</i>	46
4.4	Data analisis.....	48
4.4.1	Pengambilan data utama melalui <i>download VHMS</i>	48
4.4.2	Uji data dengan metode <i>Multiple Linear Regression</i>	51
4.4.3	Model penelitian dan hipotesis	52
4.5	Uji asumsi klasik.....	53
4.5.1	Uji Normalitas	53
4.5.2	Uji Multikolinearitas.....	54
4.5.3	Uji Heteroskedastisitas	54
4.5.4	Uji Hipotesis	55
4.5.5	Uji Koefisien Determinasi	56
4.5.6	Persamaan regresi berganda.....	56
4.5.7	Hasil dan kesimpulan.....	57
4.6	Perhitungan konsumsi bahan bakar <i>hauling road 1</i> Pit SM B1	57
4.6.1	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 4%	57
4.6.2	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 5%	58
4.6.3	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 8%, muatan	59
4.6.4	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 12%	59
4.6.5	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 13%	60
4.7	Perhitungan konsumsi bahan bakar <i>hauling road 2</i> Pit SM B1	60
4.7.1	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 4%	60
4.7.2	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 5%	61
4.7.3	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 8%	61
4.7.4	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 12%	62
4.7.5	Perhitungan dengan <i>grade</i> jalan 13%	63
4.8	Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar	63
4.9	Standarisasi dan perbaikan dalam penghematan bahan bakar HD 785-7	65

4.9.1 Metode pengoperasian	65
4.9.2 Pemeliharaan Jalan (<i>Road Maintenance</i>)	68
4.9.3 Fitur dan penggunaan teknologi pada unit.....	72
4.9.4 <i>Preventive Maintenance</i>	73
4.9.5 <i>Fleet Management System</i>	73
BAB 5 - KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
CURRICULUM VITAE	79

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. 1 Lokasi area pertambangan, Site KJA.....	15
Gambar 1. 2 Alur proses produksi batubara.....	16
Gambar 1. 3 Produksi batubara nasional	16
Gambar 1. 4 Harga batubara acuan.....	17
Gambar 1. 5 Pit tambang PT SJK	17
Gambar 1. 6 Total populasi unit PT SJK	18
Gambar 1. 7 Fuel Burn HD 785-7	19
Gambar 1. 8 Payload distribution HD 785-7	19
Gambar 2. 1 Product Line Dump Truck.....	23
Gambar 2. 2 Machine component.....	24
Gambar 2. 3 Power Train Skeleton	24
Gambar 2. 4 Diesel Engine	25
Gambar 2. 5 Prinsip kerja engine 4 langkah	26
Gambar 2. 6 Prinsip kerja engine 2 langkah	27
Gambar 2. 7 Proses pembakaran pada diesel engine	28
Gambar 2. 8 CRI Fuel System	30
Gambar 2. 9 Diagram common rail injection system	31
Gambar 2. 10 Vehicle Health Monitoring System	32
Gambar 2. 11 VHMS Activity	33
Gambar 2. 12 Fleet Management System	34
Gambar 2. 13 FOCUS.....	35
Gambar 2. 14 FOCUS.....	36
Gambar 2. 15 FOCUS.....	37
Gambar 2. 16 Literature Review.....	38
Gambar 3. 1 Peta operasi HD 785-7 Pit SM B1	39
Gambar 3. 2 Siklus operasi unit HD 785-7	40
Gambar 3. 3 Realtime monitor display	41

Gambar 3. 4 Diagram Alur Penelitian.....	42
Gambar 4. 1 HD 785-7.....	43
Gambar 4. 2 Engine Spesification	44
Gambar 4. 3 Transmission Spesification	44
Gambar 4. 4 Suspension System Spesification.....	44
Gambar 4. 5 Brake System Spesification	45
Gambar 4. 6 Dump Body Spesification	45
Gambar 4. 7 Weight Spesification	45
Gambar 4. 8 Area front kerja Pit SM B1	46
Gambar 4. 9 Hauling road 1 Pit SM B1.....	47
Gambar 4. 10 Hauling road 2 Pit SMB 1.....	47
Gambar 4. 11 Simulasi Minitab	52
Gambar 4. 12 Model penelitian dan hipotesis	52
Gambar 4. 13 Uji asumsi klasik.....	53
Gambar 4. 14 Uji multikolinearitas	54
Gambar 4. 15 Uji Heteroskedatisitas	55
Gambar 4. 16 Uji hipotesis	55
Gambar 4. 17 Accelerator work	65
Gambar 4. 18 Engine brake frequently	66
Gambar 4. 19 Acceleartor work	66
Gambar 4. 20 Batas rambu kecepatan.....	66
Gambar 4. 21 Road width one lane.....	69
Gambar 4. 22 Road width two lane	69
Gambar 4. 23 Faktor kecepatan	69
Gambar 4. 24 Grade resistance	70
Gambar 4. 25 Radius curvature	70
Gambar 4. 26 Water drainage	71
Gambar 4. 27 Rolling Resistance Reference	71
Gambar 4. 28 Fleet Optimization Control Ubiquitous System.....	74
Gambar 4. 29 Monitoring real time pergerakan unit	74

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4. 1 Data utama hasil download VHMS dan Realtime Display	49
Tabel 4. 2 Validasi data utama	51
Tabel 4. 3 Fuel average pada grade jalan 4%	58
Tabel 4. 4 Fuel average pada grade jalan 5%.....	58
Tabel 4. 5 Fuel average pada grade jalan 8%.....	59
Tabel 4. 6 Fuel average pada grade jalan 12%.....	59
Tabel 4. 7 Fuel average pada grade jalan 13%.....	60
Tabel 4. 8 Fuel average pada grade jalan 4%.....	61
Tabel 4. 9 Fuel average pada grade jalan 5%.....	61
Tabel 4. 10 Fuel average pada grade jalan 8%.....	62
Tabel 4. 11 Fuel average pada grade jalan 12%.....	62
Tabel 4. 12 Fuel average pada grade jalan 13%.....	63
Tabel 4. 13 Perbandingan Fuel Ratio	64