

## OPTIMALISASI KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA *DUMP TRUCK* HD785-7 DENGAN METODE *INTEGRATED CONTROL SYSTEM*

**Triyono Budi Santoso**

Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta  
triyono.budi@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan *economy mode* pada alat berat dengan fokus pada efisiensi konsumsi bahan bakar dan dampaknya terhadap kinerja operasional. Penggunaan alat berat dalam sektor konstruksi dan pertambangan membutuhkan konsumsi bahan bakar yang besar, yang dapat berdampak pada biaya operasional yang tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan penggunaan strategi auto *economymode* sebagai solusi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian ini menggunakan metode penelitian perbandingan antara unit dengan auto *economymode* dan unit standart dengan mengumpulkan data langsung dari alat berat yang sedang beroperasi. Data dikumpulkan dalam dua kondisi: penggunaan *economy mode* diaktifkan dan *economymode* dinonaktifkan. Efisiensi konsumsi bahan bakar dan kinerja operasional diukur dan dibandingkan antara kedua kondisi tersebut. Selain itu, data juga dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan *economy mode* dan persepsi operator terhadap penggunaan strategi ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *economy mode* pada alat berat secara signifikan mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan efisiensi operasional. Rata-rata penghematan bahan bakar yang diperoleh dengan auto *economy mode* adalah sebesar 3%. Selain itu, operator alat berat juga memberikan umpan balik positif terkait penggunaan strategi *economy mode* ini, mengindikasikan bahwa mereka merasa lebih nyaman dan efisien dalam menjalankan tugas mereka. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat penggunaan *economy mode* pada alat berat dalam hal efisiensi konsumsi bahan bakar dan kinerja operasional. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah pentingnya melibatkan operator dalam pengambilan keputusan penggunaan strategi *economy mode*, serta perluasan penggunaan strategi ini dalam industri alat berat untuk mengurangi dampak lingkungan dan biaya operasional.

**Kata Kunci** : Optimalisasi, efisiensi, *economy mode*, *konsumsi bahan bakar*, *operasional*

### 1. PENDAHULUAN

Banyaknya isu lingkungan dan dalam rangka penghematan bahan bakar pada kendaraan menciptakan inovasi serta pengembangan teknologi baru dalam bidang otomotif untuk mengefisienkan kebutuhan bahan bakar pada kendaraan. Pengimplementasian teknologi yang memfokuskan kebutuhan bahan bakar juga dikembangkan pada alat berat dengan mengedepankan faktor ekonomi maupun ekologi.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk bisa mengefisienkan pemakaian bahan bakar antara lain kesesuaian kecepatan, penggunaan *horse power* yang tepat, kondisi kualitas jalan, *Grade Resistance*, *Grade Rolling Resistance* dan lain lain. Penggunaan Teknologi yang ada saat ini untuk mendapatkan penggunaan kebutuhan bahan bakar yang efisien dengan memperhatikan beberapa faktor yang disebutkan, hanya berdasar pada naluri

operator untuk memilih *mode* yang sesuai antara *Power Mode* atau *Economy mode* pada kendaraan dengan *Selecting Switch* dalam pemilihan *mode* mesin yang tepat lewat Monitor Panel. Faktor utama terkait keahlian dan pengalaman operator terkait faktor - faktor diatas menjadi kunci utama untuk mendapatkan optimalisasi produktivitas dan dalam rangka penghematan bahan bakar.

Salah satu cara mendapatkan penggunaan bahan bakar yang optimal dengan menghilangkan fungsi pengemudi dalam memilih *mode* yang tepat, dengan tetap memperhatikan faktor - faktor diatas dan penerapan system otomatisasi yang disebut dengan *Engine Auto Eco-Power*. Di sistem yang ada sebelumnya penghematan bahan bakar belum memperhitungkan besarnya tenaga yang diperlukan pada unit dalam kondisi-kondisi tertentu. Dalam Sistem dengan teknologi terbaru ini, faktor – faktor antara penentuan besarnya tenaga kendaraan yang dibutuhkan

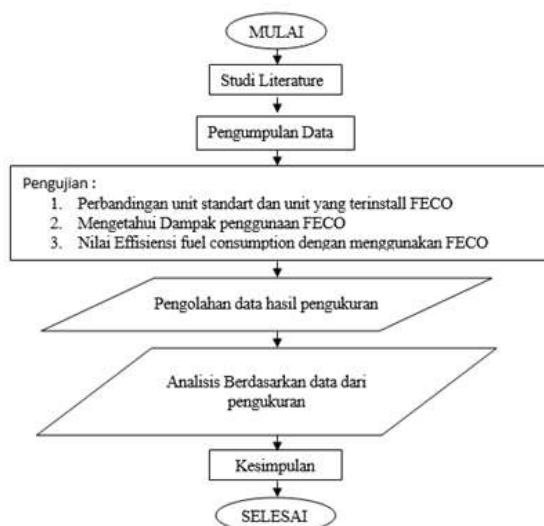
serta efisiensi bahan bakar keduanya menjadi faktor perhitungan, sehingga alat berat dapat bekerja secara maksimal dan penggunaan jumlah bahan bakar juga lebih optimal dengan menganalisa status dan besarnya muatan kendaraan serta perhitungan posisi Dump Lever sebagai dasar penentuan status *Engine Power Mode* atau *Economy mode*.

## 2. METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis dengan membandingkan dua kondisi yaitu kondisi unit beroperasi dan kondisi unit beroperasi dengan menggunakan *Engine Auto Eco-Power* dengan kondisi persyaratan tertentu yang harus terpenuhi.

Metode Penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan menganalisis pengambilan data dari VHMS (*Vehicle Health Monitoring System*) yang diintegrasikan dengan sebuah sistem kontrol untuk mendapatkan efisiensi konsumsi bahan bakar yang optimal, dengan meninjau pada proses pemeliharaan dan operasional meliputi *speed adjustment function*, *accelerator adjustment function*, dan *intelligence P/E mode* sebagai dasar inputan.

Simulasi pengujian dilakukan dalam 3 tahapan dimana setelah pengujian Sistem Kontrol Alat, dilanjutkan tahap kedua pengujian langsung ke alat berat HD785-7 di lapangan dan berikutnya melakukan pengujian perbandingan dan analisa efisiensi masing masing *Mode* pada Alat berat. Gambar 1 Menerangkan tentang diagram alir penelitian.

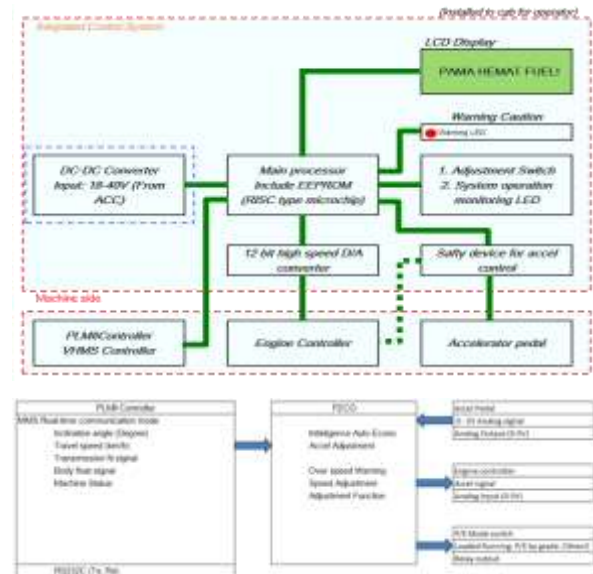


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Diagram Blok Alat

Gambar 2 menampilkan diagram FECO, yaitu sebuah modul kontroler (Tipe Gen One) yang berfungsi untuk menganalisa optimalisasi konsumsi bahan bakar pada unit alat berat KOMATSU *class Dump Truck HD785-7*

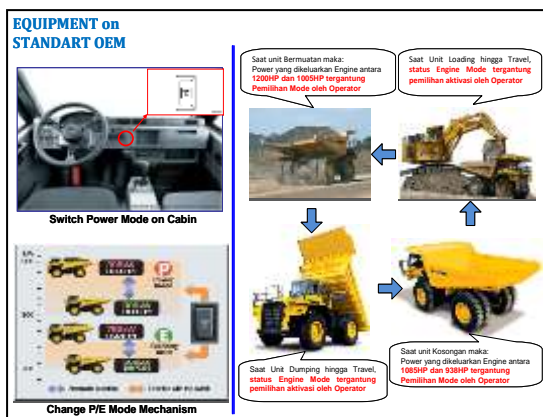


Gambar 2. Diagram FECO

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Prinsip kerja dari alat ini yaitu membandingkan dua buah kondisi dengan syarat syarat tertentu yang harus terpenuhi, antara lain kondisi *Payload Lamp* dan *Hoist Dump Lever*. *Engine Auto Eco-Power* berarti sistem pemindahan dan pemilihan *mode Power* atau *Economy* pada mesin yang dilakukan secara otomatis tergantung kondisi muatan pada truk serta posisi *Hoist Dump Lever*.

*Operation mode* yang akan digunakan sebagai dasar analisa dengan melakukan 1 cycle unit ( *loading* , *travel* , *unloading* , *travel* , *loading* ) . Pengujian kestabilan dan ketahanan/*durability* alat dilakukan sebanyak 1 cycle guna mengetahui proses produksi dari *front loading ke disposal*. Faktor respon dan ketepatan pengalihan *mode* dari *Power mode* ke *Economy mode* atau sebaliknya berdasarkan parameter-parameter yang masuk juga diperhatikan untuk menghindari kesalahan pemilihan *mode* saat kendaraan beroperasi, sebagaimana diterangkan dalam gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Mekanisme P/E mode ( standard )  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Pada *mode standard*, untuk pemindahan *mode Engine* dari *Power* ke *Economy mode* masih manual dengan mengandalkan operator baik dari *skill* maupun kedisiplinan untuk menekan tombol P/E Mode tergantung kondisi kendaraan selama operasi sehingga tenaga *Engine* yang dihasilkan juga tergantung dari operator tersebut. Akan tetapi dengan dibuatnya alat ini harapannya dapat mengakomodir kelemahan kelemahan tersebut sehingga meringankan kerja operator serta mengoptimalkan kerja *Engine* melalui pemilihan *mode* dengan memanfaatkan sinyal sinyal yang ada pada kendaraan berdasarkan kondisi kerjanya.



Gambar 4. Mekanisme P/E Mode dengan FECO  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

### 3.2 Hasil Pengujian dan Analisa Realtime Data Monitoring

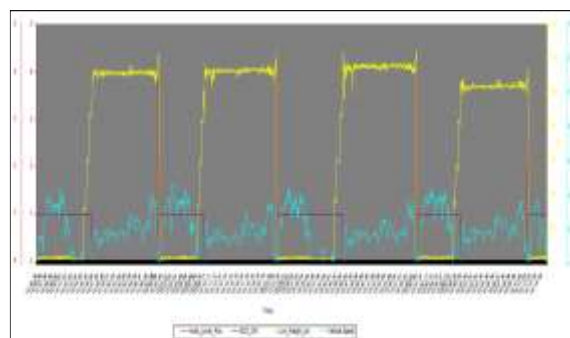
Pengujian kestabilan dan ketahanan / *durability* alat dilakukan sebanyak 1 *cycle* proses produksi

dari *front loading* ke *disposal*. Faktor respon dan ketepatan pengalihan *mode* dari *Power mode* ke *Economy mode* atau sebaliknya berdasarkan parameter parameter yang masuk juga diperhatikan untuk menghindari kesalahan pemilihan *mode* saat kendaraan beroperasi.



Gambar 5. Cylce Dump Truck  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Data yang *terrekam* oleh laptop juga digunakan untuk analisa konsumsi bahan bakar terhadap waktu dan muatan pada masing masing *mode* kerja *Engine* sebagai pembanding. Sebagai parameter keberhasilan dari sisi respon dan kestabilan alat maka hanya 4 parameter saja yang dipakai untuk analisa data yaitu *ECO\_On*, *Live Weight*, *Hoist Dump Position* dan *Vehicle Speed* yang contoh hasil VHMS-nya sebagaimana ditampilkan pada gambar 6.

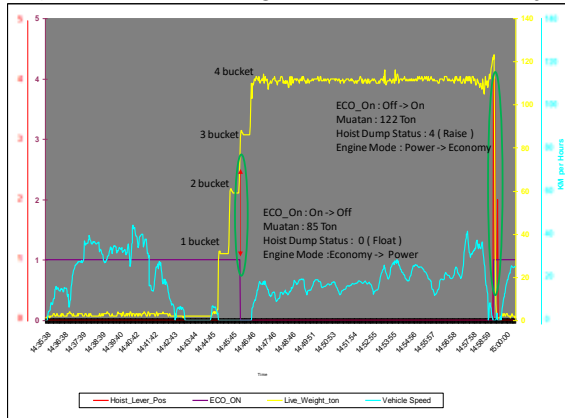


Gambar 6. Realtime Data Monitoring 4 cycle  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Gambar 6 diatas merupakan hasil pengolahan data dari pengujian secara *realtime* selama 4 siklus yang terecord pada laptop. Grafik warna kuning menunjukkan status muatan vessel kendaraan dalam satuan ton, dapat dipakai acuan juga bahwa kendaraan telah beroperasi selama 4 siklus. Grafik warna biru menunjukkan kecepatan kendaraan saat beroperasi dalam satuan Km/H. Grafik warna merah menunjukkan status *Hoist Dump Lever* dimana

0 = Float, 1 = Hold, 2 = Lower-Detent active, 3 Lower-Detent non-active, 4 = Raise. Dan Grafik warna Magenta menunjukkan status ECO\_On, dimana bila ECO\_On = 0 berarti kendaraan dalam Engine mode Power dan bila ECO\_On = 1 maka kendaraan dalam Engine mode Economy.

Untuk memperjelas grafik dan menganalisa keakuratan pemilihan mode Engine, berikut detail gambar untuk 1 cycle saja.



Gambar 7. Realtime Data Monitoring 1 cycle  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Gambar 7 menjelaskan Dump Truck mulai beroperasi pada pukul 14.35.38, start dari Disposal menuju Front Loading yang ditandai dengan muatan 0 Ton. Kemudian Dump Truck tiba di Front Loading pukul 14.43.xx dan waiting Loader sampai 14.44.xx. Proses Loading muatan dimulai pukul 14.45.45 dengan 4 kali pengisian bucket, pada bucket 1 & 2 ECO\_On masih dalam kondisi On (Economy Mode) sedangkan Hoist Dump Status = 0, kemudian pada saat bucket ketiga dimana muatan bila dilihat pada raw data sebesar 85Ton akan mengaktifkan Payload Lamp warna kuning dan merubah status ECO\_On dari On menjadi Off (1 → 0) yang berarti Engine mode pada kondisi Power. Sehingga perubahan dari Economy ke Power Mode bersamaan dengan menyalanya Payload Lamp Kuning dan berat muatan sebesar 85 Ton.

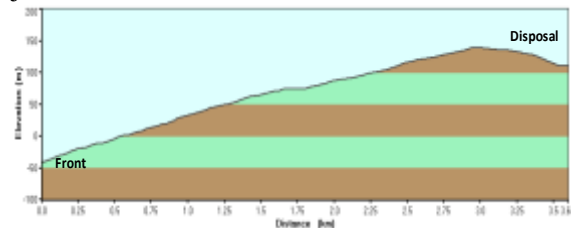
Setelah Dump Truck bermuatan dan mulai travel pada 14.48.xx dalam mode Power, kemudian Dump Truck sampai di Disposal pada 14.59.xx untuk proses Dumping. Operator Dumptruck mulai mengaktifkan Hoist Dump Lever posisi Raise pukul 15.00.xx ditandai dengan munculnya grafik warna Merah atau Hoist Dump Status = 4 serta turunnya berat muatan pada Dump Truck secara drastis.

Bersamaan dengan hal itu maka status ECO\_On dari Off menjadi On (0 → 1) yang berarti Engine mode kembali pada kondisi Economy. Dari hasil pengujian secara realtime dan analisa grafik diatas dipastikan bahwa alat bekerja sesuai skenario dengan memberikan input sinyal ke Engine Controller berdasarkan data data yang diterima controller yang kemudian diterjemahkan menjadi status Power mode atau Economy mode.

### 3.3 Pengujian dan Perbandingan Efisiensi

Pengujian dalam tahap ini dilakukan dengan menempatkan seorang observer bersama operator yang bertugas mencatat waktu tempuh dari masing masing Flag Spot yang jarak dan posisinya telah ditentukan berdasarkan tingkat kemiringan atau Gradeability jalan serta konsumsi bahan bakar tiap periode Engine mode masing masing selama 3 cycle. 3 cycle dipilih karena pada rentang waktu tersebut kecil kemungkinan kendaraan mengalami shutdown change shift sehingga sebaran data yang didapat spesifik hasilnya.

Setelah ditentukan jalan yang dipilih, maka Flag Spot diletakkan sesuai hasil pencitraan GPS pada setiap perubahan Grade jalan tersebut.



Gambar 8. Topografi jalan  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Pada prosesnya pengujian lapangan mengalami beberapa kendala yang mengakibatkan Front Loading berpindah setiap hari karena proses Produksi.



Gambar 9. Letak Flag Spot dan Karakteristik jalan DT4431

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 10. Letak Flag Spot dan Karakteristik jalan DT4433

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Pada *Dump Truck* HD785-7 mengungsi *Engine* SAA12V140 dimana *Fuel Consumption Ratio* nya (FCR) = 152 Gram/HPxJam. Salah satu tujuan pengujian pada Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui perbedaan *Productivity* dump truck pada masing masing *mode Engine* dari *Power* maksimal yang dapat dihasilkan oleh mesin. Sedangkan besarnya *Power* Mesin dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Power (HP)} = 0,001376 \times \text{Torq Mesin} \times \text{RPM Mesin} \dots\dots\dots(1)$$

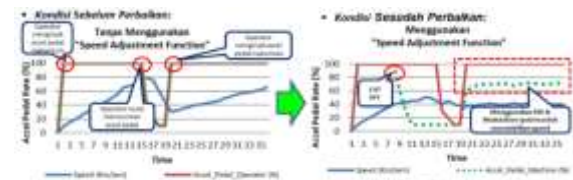
Dimana *Torq* Mesin dan *RPM* Mesin dapat ditentukan dari grafik performance tipe mesin. Dan besarnya *Fuel rate* dapat ditentukan melalui :

$$\text{Fuel rate} = 0,169 \times \text{Power (HP)} \dots\dots\dots(2)$$

Pada saat kendaraan beroperasi dengan muatan ideal, besarnya *Power* (HP) juga mempengaruhi kecepatan maksimal sehingga waktu yang ditempuh kendaraan pada masing masing *mode* juga berbeda. Untuk menghasilkan kecepatan tinggi secara teknis setiap kendaraan membutuhkan *Tranmisi* untuk melipatgandakan putaran dari mesin sehingga kendaraan dapat bergerak lebih cepat atau disebut *Gear Ratio*. Hubungan kecepatan kendaraan dengan besar *RPM* Mesin dan *Gear Ratio* dapat dilihat pada rumus berikut.

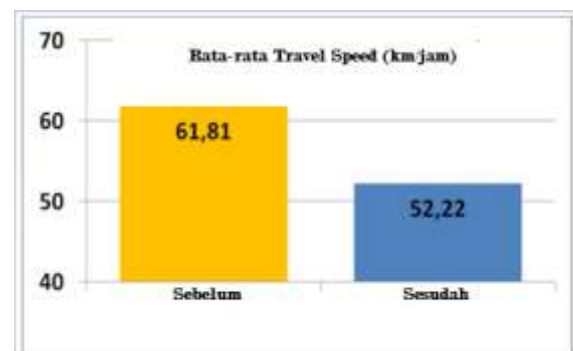
$$\text{Engine RPM} = \text{Engine Speed} \times \text{Total Gear Ratio} : 0,4823 \dots\dots\dots(3)$$

Gambar 11 adalah hasil analisa sistem *speed adjustment* pada akselerator di mana pada fungsi sistem tersebut digunakan untuk membatasi kecepatan maksimal kendaraan sesuai *setting speed* yang sudah ditentukan dengan meng-Cut Off sinyal dari *Accelerator Pedal* ke *Controller engine* kendaraan meskipun operator selalu menginjak pedal gas maksimum sehingga menjaga kestabilan kecepatan kendaraan sesuai range yang telah ditentukan.



Gambar 11. Grafik penerapan *speed adjustment*  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Grafik diatas menjelaskan kondisi apabila Operator mengoperasikan unit tidak konstan dan selalu menginjak pedal gas secara maksimum, dimana sinyal *accelerator* pedal selalu mengikuti perintah operator saat melakukan menginjak pedal gas. Bila terjadi kondisi *Overspeed*, maka hal ini menyebabkan penggunaan bahan bakar menjadi tidak efisien/lebih boros. Dan pada grafik yang sudah menggunakan *speed adjustment* menjelaskan kondisi apabila operator mengoperasikan unit tidak konstan dan selalu menginjak Pedal gas secara maksimum, maka sinyal *Accelerator Pedal* akan di *Cut Off* secara sistem oleh *FECO* dengan melakukan penyesuaian melalui *PID & Modulation system*. Sehingga laju kendaraan menjadi stabil dan kecepatan maksimal kendaran sesuai batas aman yang telah ditentukan & tidak terjadi *Overspeed* meskipun operator menginjak penuh pedal gas.



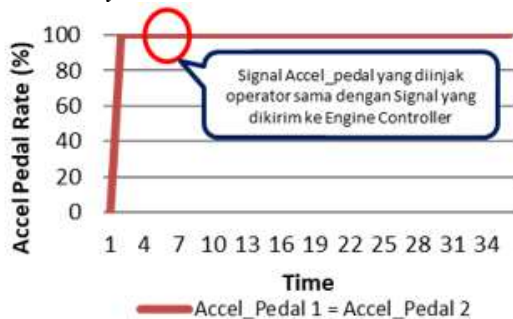
Gambar 12. Diagram *average travel speed*

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Diagram evaluasi disamping menunjukkan penurunan *average Travel Speed* maksimum pada unit sebelum pemasangan FECO dan sesudah pemasangan FECO. Dari diagram tersebut terlihat jelas penurunan *average Travel speed* maksimum sebesar 15,52% atau dari 61,81 km/jam menjadi 52.22 Km/jam.

Sistem optimalisasi penggunaan *accelerator* pedal (*Accelerator Adjustment Function*), fungsi dari sistem tersebut untuk mengatur nilai maksimal *accelerator* pedal rate disesuaikan dengan kebutuhan tenaga mesin saat beroperasi dilapangan baik dalam kondisi muatan, kosong, tanjakan atau turunan sehingga konsumsi bahan bakar akan lebih optimal tanpa mengurangi kemampuan *productivity* unit.

Besar kecil kebutuhan tenaga yang dibutuhkan oleh kendaraan pada dasarnya tergantung dari besarnya sinyal *accelerator* Pedal saat diinjak sehingga semakin besar tenaga mesin yang dihasilkan maka bahan bakar yang dibutuhkan juga semakin banyak. Sedangkan pada saat beroperasi baik muatan maupun kosong, tenaga maksimal yang dihasilkan oleh mesin kendaraan sama. Sehingga untuk efisiensi bahan bakar yang dibutuhkan diperlukan sebuah algoritma untuk mengatur batasan sinyal maksimal *Accelerator* Pedal rate saat kosong (dimana pada waktu kosong tenaga yang diperlukan lebih kecil daripada saat unit muatan) melalui setting *Accelerator* Pedal Rate tanpa mengurangi *productivity* unit.

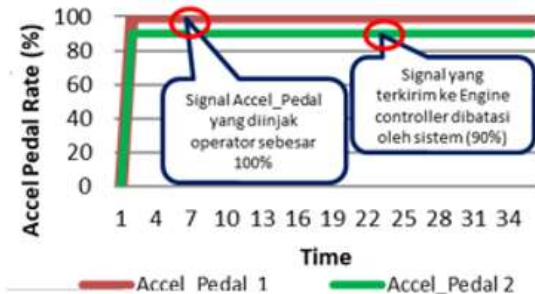


Gambar 13 Grafik tanpa penggunaan *accelerator* adjustment function

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Grafik diatas menjelaskan kondisi unit kosong dan pedal gas diinjak maksimum (100%) oleh operator (*Accel\_Pedal 1*), maka

pedal gas output signal yang terkirim ke *Engine* controller (*Accel\_Pedal 2*) untuk mengatur putaran *engine* juga maksimum (100%) dengan kata lain  $Accel\_Pedal1 = Accel\_Pedal 2$  (*input=output*). Hal ini memungkinkan kelebihan tenaga *engine* saat unit kosong, sehingga penggunaan bahan bakar menjadi lebih boros.



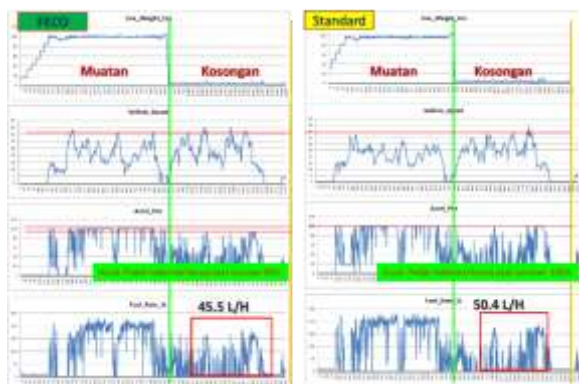
Gambar 14. Grafik penggunaan *accelerator* adjustment function

Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

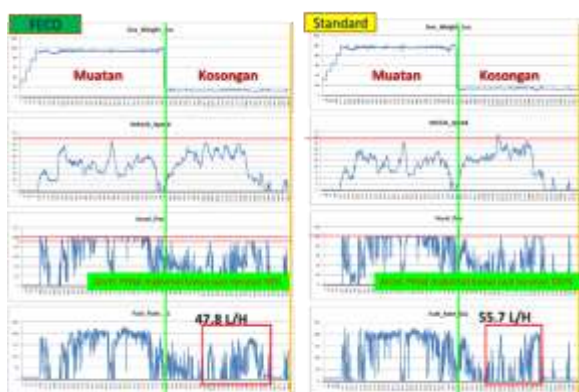
Grafik diatas menjelaskan kondisi unit saat kosong dan pedal gas diinjak maksimum (100%) oleh operator (*Accel\_Pedal 1*), dan *accel\_pedal* output signal yang terkirim ke *Engine Controller* (*Accel\_Pedal 2*) dibatasi menjadi 90% (sesuai dengan *adjustment* yang disetting), sehingga putaran *engine* menjadi 90% (tidak sama dengan pedal gas operator yang 100%). Hal ini memungkinkan menyelaraskan tenaga *engine* dengan beban *engine* saat kosong, sehingga penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien

Hasil analisa pada sistem optimalisasi penggunaan *accelerator* pedal (*Accelerator Adjustment Function*) menunjukkan kondisi unit mulai dari muatan sampai kosong. Grafik berwarna merah adalah grafik untuk unit standard dan grafik berwarna hijau menunjukkan grafik unit dalam kondisi FECO ACTIVE dengan unit yang sama dan jalur yang sama. Kemudian data dicuplik (area yang diberi garis titik merah) pada waktu unit kosong dan operator menginjak *accel\_pedal* maksimum, dari cuplikan data tersebut terlihat sekali bahwa pada saat kondisi *standard accel\_pedal* bisa mencapai 100% dan *fuel\_rate* juga ikut naik 50.4 L/H , sedangkan pada saat unit diaktifkan FECO-nya maka pedal gas hanya terbaca 90% meskipun *accel\_pedal* diinjak maksimum oleh operator, dan *fuel rate* lebih efisien sebesar 45.5 L/h untuk sampling unit DT4431 dan untuk DT4443 pada saat kondisi *standard accel\_pedal* bisa mencapai 100% dan *fuel\_rate* juga ikut

naik 55.7 L/H , sedangkan pada saat unit diaktifkan FECO-nya maka pedal gas hanya terbaca 90% meskipun diinjak maksimum oleh operator, dan *fuel rate* lebih efisien sebesar 47.8 L/h . Hal ini membuat konsumsi bahan bakar pada unit menjadi lebih efektif.

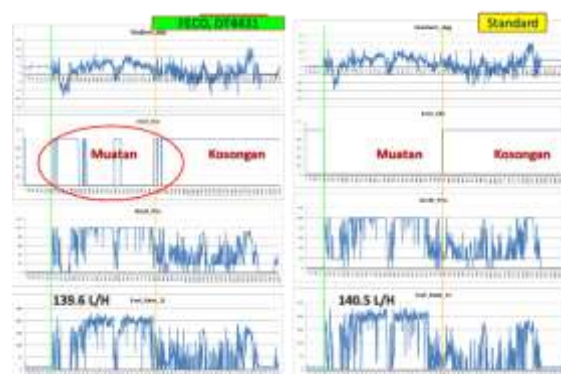


Gambar 15. Analisa fungsi *adjustment* akselerator DT4431  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 16. Analisa fungsi *adjustment* akselerator DT4443  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Sistem penggunaan *POWER & ECO* (P/E) *Mode* secara *Optimal (Intelligence P/E Mode)* berfungsi untuk membuat sistem bekerja otomatis dalam penggunaan saklar *mode Power* atau *mode Economy* pada unit secara konsisten sesuai dengan kondisi medan jalan & muatan unit, sehingga operator tidak perlu upaya lagi untuk memindah *mode Power* atau *Eco* secara manual.



Gambar 17. Analisa *Intelligence P/E Mode* DT4431  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 18. Analisa *Intelligence P/E Mode* DT4443  
Sumber: Hasil Olahan Data Penelitian

Setelah perbaikan yaitu penggunaan *Intelligence P/E Mode* pada FECO di unit, maka pengaktifan *POWER & ECONOMY* sudah secara otomatis diaktifkan oleh sistem dan setelah dipasang FECO terlihat sekali dengan operator yang sama pengaktifan *Power & Economy mode* berjalan dengan konsisten .

Faktor selanjutnya menganalisa terkait *missed operation* pada saat penggunaan *accel* dan *brake* (gas dan rem) secara bersamaan , akan menciptakan konflik antara dorongan percepatan dan penurunan kecepatan secara bersamaan. Ini dapat menghasilkan pemborosan bahan bakar yang signifikan karena mesin mobil akan bekerja keras untuk menghasilkan tenaga, sementara sistem pengereman juga berusaha mengurangi kecepatan kendaraan sehingga penggunaan bahan bakar tidak efisien.





#### 4. KESIMPULAN

Metode otomasi menggunakan sistem FECO pada alat selain untuk memudahkan kerja operator juga membantu meningkatkan produktivitas alat karena ketepatan pemindahan *mode* sesuai kebutuhan tenaga pada kendaraan sehingga mempengaruhi konsumsi bahan bakar sehingga lebih efisien penggunaannya. Alat bekerja efektif apabila syarat-syarat yang dipakai sebagai data penentuan *Engine mode* dari kendaraan terpenuhi dan terintegrasi dari masing-masing sistemnya sehingga penggunaan bahan bakar lebih efisien.

Hasil analisa pada fungsi *adjustment* akselerasi saat menggunakan FECO fuel rate nya di angka 45.5 L / H dan tanpa menggunakan FECO bahan bakar rate nya di angka 50.4 L / H (efisiensi *fuel rate* sebesar 4.9 L / H)

*Intelligence PE Mode* pada saat kondisi standar (tanpa *P/E Mode* pada saat kondisi unit bermuatan bahan bakar rate nya 140.5 L / H dan pada saat menggunakan FECO bahan bakar rate nya 139.6 L / H.

Kombinasi speed & fungsi *adjustment* akselerasi saat menggunakan FECO bahan bakar rate nya di angka 47.8 L / H dan tanpa menggunakan FECO gen one bahan bakar rate nya di angka 55.7 L / H (efisiensi bahan bakar rate sebesar 7.9 L / H)

Dalam hal bahan bakar ratio (liter / ton) terbukti dengan sistem FECO lebih efisien sebesar 3,93 % dibandingkan *mode default* (manual) bawaan pabrik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- E. P. Imamul Muttakin (2015), "Sistem Kendali Dan Antarmuka Pada Pembangkit Pulsa Terprogram Untuk Transduser Ultrasonik," SETRUM - Volume 4, vol. 4, p. 3
- M. N. Ghifari (2019), "Real Time Clock," Bandung
- Komatsu (2013), Shop Manual 12V140E-3 Series Diesel *Engine*, Japan: Komatsu
- Komatsu (2016), Shop Manual HD785-7, Japan: Komatsu
- Komatsu (2010), Improve Machine Operation & Maintenance using VHMS Technology Edisi ke 11, Japan: Komatsu
- Omron (2018), Electronic and Mechanical Components Company, Japan: Omron
- Atmel (2013), 8-bit Atmel Microcontroller with 64K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega64 ,Rev.: 2490R-AVR-02/2013, San Jose: Atmel.

- T. Instrument (2021), LM2576xx Series SIMPLE SWITCHER® 3-A Step-Down Voltage Regulator, Texas: Texas Instrument