

# **PROTOTYPE SMART SEATBELT DAN AUTO SPEED CONTROL PADA HYDRAULIC EXCAVATOR**

*Edwin Fitrian dan Samuel H. Tirtamihardja*

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jalan Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta Barat, 11440

*E-mail: edwinfitrian16@gmail.com*

## **ABSTRACT**

*In this research, two types of mechanical system in hydraulic excavator type PC 3000-6, which are smart seatbelt and automatic (auto) engine speed control, were developed to enforce operator's safety and maintain engine fuel efficiency. There are conditions where sometimes operators do not use their seatbelt for safety and do not use auto engine speed control appropriately which affect fuel consumption efficiency in the hydraulic excavator. Smart seatbelt prototype and auto engine speed control were designed using Arduino Uno as the controller. Smart safety belt was designed with proximity sensor as seatbelt condition detector to check its condition whether it is in use or unplugged. When the proximity sensor detects that the seatbelt is not in use, then the microcontroller will give a command not to turn on the starting motor (DC motor) although the starting switch is in start position. The auto engine speed control uses a potentiometer that regulates the engine speed (DC motor) which is based on the joystick movement. When the engine (DC motor) is in a state of maximum rotation but the joystick is not moved, then the auto rotation turns to minimum condition. As the conclusion of this research, the proximity sensor can detect the seatbelt condition according to the design, and the auto speed control works automatically for controlling engine speed in maximum and minimum conditions. By using auto speed control engine, it is concluded that the fuel consumption saving is up to 26.35%.*

**Keywords:** *hydraulic excavator, smart seatbelt, automatic speed control, proximity sensor*

## **ABSTRAK**

*Pada penelitian ini dikembangkan dua sistem mekanik yaitu seatbelt dan automatic (auto) engine speed control pada hydraulic excavator jenis PC 3000-6. Terdapat permasalahan bahwa terkadang operator tidak menggunakan seatbelt untuk keselamatan dan tidak menggunakan auto speed control engine sesuai dengan kebutuhan yang berpengaruh pada efisiensi pemakaian bahan bakar pada hydraulic excavator. Prototipe smart seatbelt dan auto engine speed control dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler. Smart seatbelt dirancang dengan sensor proximity sebagai pendeteksi seatbelt pada keadaan terpasang dan tidak terpasang. Apabila sensor proximity mendeteksi seatbelt pada keadaan tidak terpasang*

---

maka mikrokontroler akan memberikan perintah untuk tidak menghidupkan starting motor (motor DC) meskipun starting switch pada posisi start. Perancangan auto engine speed control menggunakan potensiometer yang mengatur kecepatan engine (motor DC) tetapi dipengaruhi oleh pergerakan joystick. Walaupun setting engine (motor DC) dalam keadaan putaran maksimum namun jika joystick tidak digerakkan maka putaran otomatis menjadi minimum. Hasil pengujian sensor proximity dapat mendeteksi keadaan seatbelt sesuai perancangan alat ini. Selain itu, auto speed control dapat bekerja secara otomatis untuk mengendalikan putaran engine pada saat keadaan maksimum dan minimum. Penghematan fuel consumption didapatkan hingga 26,35 % dengan menggunakan auto engine speed control.

**Kata kunci:** hydraulic excavator, smart seatbelt, automatic speed control, sensor proximity

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, terutama pada sistem mekanikal untuk keperluan dunia otomotif di antaranya pada *hydraulic excavator*. *Hydraulic excavator* adalah jenis alat berat (*heavy duty equipment*) yang berfungsi sebagai alat serba guna untuk menggali tanah, membuat parit, serta memuat material ke *dump truck* atau kayu ke *trailer* [1].

Pada penelitian ini dikembangkan dua sistem mekanik yaitu *seatbelt* dan *automatic (auto) engine speed control* pada *hydraulic excavator* jenis PC 3000-6. *Seatbelt* berfungsi sebagai alat *passive safety* yang melindungi operator dari benturan dengan benda/interior kabin ketika terjadi kecelakaan. Oleh karena itu, harus dipastikan agar setiap operator memakai *seatbelt* saat mengendarai *hydraulic excavator* [2].

Fungsi *auto speed control* adalah untuk mengontrol kecepatan putaran *engine*. Penggunaan *auto speed control* adalah dengan cara memutar indikator dari putaran *engine* minimum sampai kecepatan *engine* maksimum [3]. Posisi letak *auto speed control* berada di kabin operator. Operator biasanya menggunakan *engine* dengan kecepatan tinggi tanpa melakukan pergerakan alat tambahan atau sedang tidak beroperasi dalam pengambilan muatan sehingga konsumsi bahan bakar berlebihan [3].

Prototipe *smart seatbelt* dirancang untuk mengontrol putaran *starting motor* sehingga *engine* tidak akan berputar atau *running* jika operator tidak menggunakan *seatbelt* sedangkan *auto speed control* dirancang otomatis untuk menurunkan

kecepatan *engine* saat operator tidak melakukan pergerakan alat tambahan atau *attachment* pada *hydraulic excavator*. Selain itu, akan ditambahkan pengukuran kecepatan rotasi per menit (RPM) dari *engine* (motor DC) yang akan ditampilkan pada *liquid crystal display* (LCD).

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Pada kajian pustaka ini dipaparkan beberapa penelitian lain yang terkait dengan penelitian ini khususnya mengenai *seatbelt*. Diantaranya, pada penelitian yang dilakukan oleh Hugeng dkk. dibuat sistem pengingat *safety riding* yang diperuntukkan hanya untuk selalu mengingatkan pengemudi atau penumpang mobil agar selalu mengenakan sabuk keselamatan apabila sudah berada di dalam mobil [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sigit Setijo Budi dkk., dibuat *smart seatbelt system* untuk mengontrol sistem pada kendaraan agar tidak dapat menyala ketika *seatbelt* tidak digunakan dengan menggunakan *fuel cut-off solenoid* [5].

Pada penelitian ini didapatkan beberapa faktor terkait operator *hydraulic excavator* yang menggunakan kecepatan tinggi pada *engine* tanpa melakukan pergerakan alat tambahan atau ketika sedang tidak beroperasi dalam pengambilan muatan sehingga konsumsi bahan bakar pada *hydraulic excavator* menjadi berlebih. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ellen Thia Kusuma Dewi dicoba untuk membuat sistem pengukur kecepatan motor DC yang terdiri atas sensor efek *hall* UGN 3503 dan tampilan *seven segment*. Prinsip kerja sistem ini adalah menggunakan sensor efek *hall* untuk mendeteksi medan magnet ketika didekatkan pada motor sehingga dapat menghasilkan pulsa-pulsa yang akan dimasukkan pada komparator *Op-amp* untuk membandingkan dua *level* tegangan yaitu tegangan *input* ( $V_{in}$ ) terhadap tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) [6].

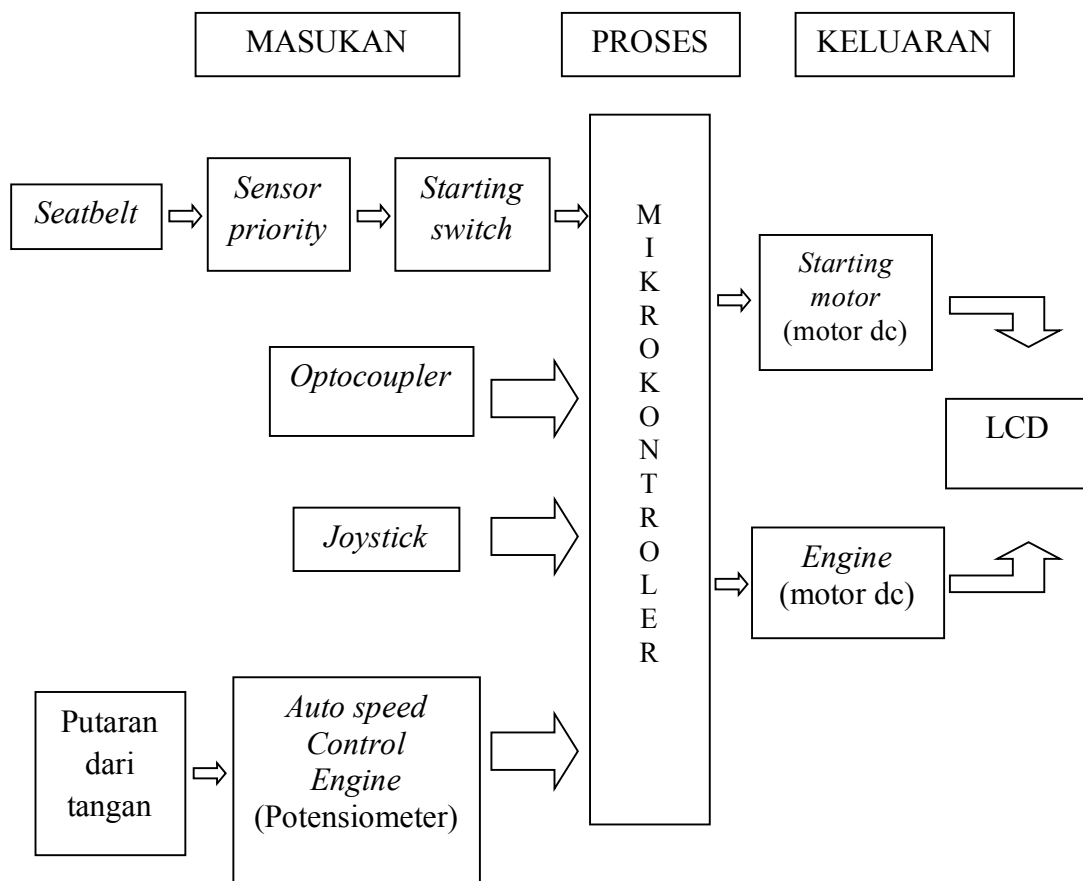
Pada penelitian ini dibuat prototipe *smart seatbelt* untuk mengontrol putaran *starting motor* sehingga *engine* tidak akan berputar atau *running* jika operator tidak menggunakan *seatbelt* dan akan dirancang *auto speed control* yang secara otomatis

menurunkan kecepatan *engine* saat operator tidak melakukan pergerakan alat tambahan atau *attachment* pada *hydraulic excavator*.

### 3. PERANCANGAN

Perancangan prototipe *smart seatbelt* dan *auto speed control* pada penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Gambar 1 memperlihatkan diagram blok prototipe *smart seatbelt* dan *auto speed control* pada *hydraulic excavator* yang dibuat. Prototipe ini terdiri dari 3 bagian yaitu masukan, proses, dan keluaran. Prototipe ini mempunyai masukan yang terdiri dari *seatbelt*, *sensor proximity*, *starting switch*, *optocoupler*, *auto speed control*, dan *joystick* yang merupakan syarat agar keluaran prototipe dapat menggerakkan *engine* dan *starting motor* yang disimulasikan dengan motor DC.

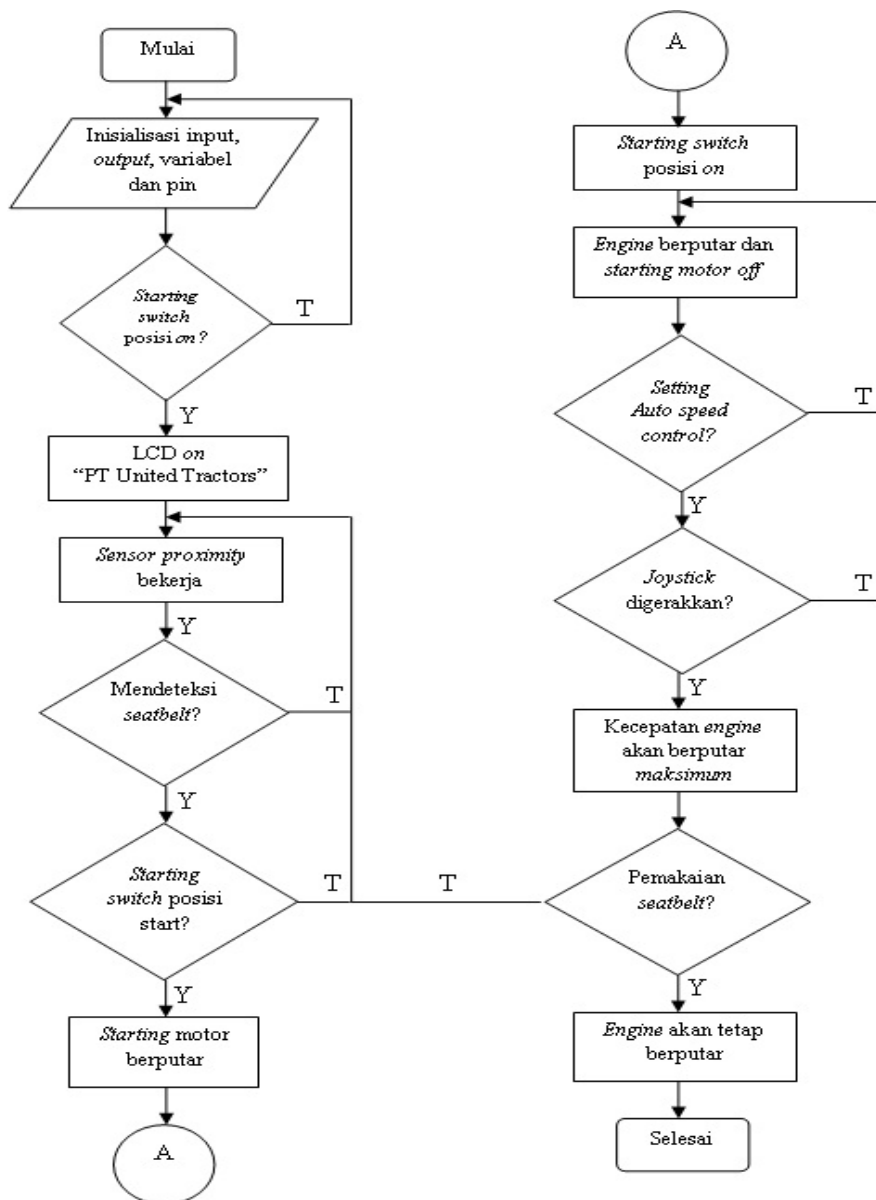
Pada rancangan ini direalisasikan suatu sistem penanda untuk pemakaian *seatbelt*. Apabila operator/pengendara tidak menggunakan *seatbelt* maka *starting switch* yang digunakan untuk menghidupkan *starting motor* tidak akan berputar. Selanjutnya, pada rancangan ini direalisasikan sistem untuk mengatur kecepatan *engine* dari minimum ke maksimum menggunakan *auto speed control*. Pengaturan kecepatan *engine* pada *hydraulic excavator* pada saat kecepatan *engine* maksimum dilakukan dengan mendeteksi adanya pergerakan *joystick*.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa prototipe *smart seatbelt* dan *auto speed control* pada *hydraulic excavator* ini akan dikendalikan oleh mikrokontroler. Mikrokontroler mendapat masukan dari sensor *proximity*, *optocoupler*, *joystick*, potensiometer (*auto speed control*), dan *starting switch*. Keluaran pada sistem prototipe ini seharusnya menggunakan *engine* dan *starting motor* tetapi disimulasikan fungsinya dengan motor DC. Ketika *seatbelt* dideteksi oleh sensor *proximity* tidak dalam keadaan terpasang maka *starting motor* tidak akan berputar walaupun *starting switch* dalam posisi "start".

Setelah itu, sistem mengatur kecepatan *engine* atau motor DC dari minimum ke maksimum menggunakan *auto speed control*. Kecepatan *engine* pada *hydraulic excavator* digunakan untuk menggerakkan alat tambahan atau *attachment* yang diaktifkan menggunakan *joystick*. Operator kadang-kadang menggunakan kecepatan *engine* maksimum dengan tidak melakukan pergerakan *joystick*. Sistem ini dirancang jika dalam waktu 5 detik pada saat kecepatan maksimum *joystick* tidak digunakan maka kecepatan *engine* akan berkurang secara otomatis.

### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem ini direalisasikan pada *platform* elektronik Arduino Uno. Algoritma sistem yang dirancang diperlihatkan pada diagram alir di Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Kerja Sistem

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian yang dilakukan pada prototipe *smart seatbelt* dan *auto speed control* adalah sebagai berikut:

- 1) pengujian hubungan antara *seatbelt* (*sensor proximity*), *starting switch*, dan *starting motor*;
- 2) pengujian *joystick* dan putaran kecepatan *engine*;
- 3) pengujian hubungan antara *auto speed control* (potensiometer) dan kecepatan *engine* (motor DC);
- 4) perhitungan jumlah pemakaian bahan bakar dengan putaran kecepatan *engine* pada kondisi nyata.

Proses pengujian pada prototipe *smart seatbelt* dan *auto speed control* dilakukan sesuai dengan tabel-tabel pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 7.

Pada Tabel 1 dapat dilihat hubungan antara *seatbelt* (*sensor proximity*), *starting switch*, dan *starting motor*. Posisi *seatbelt* yang terdeteksi terpasang atau tidak terpasang, memberikan *feedback* kepada *starting switch* untuk menghidupkan *starting motor*.

Tabel 1 Pengujian Hubungan antara *Seatbelt*,  
*Starting Switch*, dan *Starting Motor*

No.	Posisi <i>Seatbelt</i>	Tegangan <i>Sensor Proximity</i> (V)	<i>Starting Switch</i>	Tegangan <i>Starting Switch</i> (V)	<i>Starting Motor</i>
1	Terlepas	4,70	Tak diputar	0,02	Berhenti
2	Terlepas	4,70	Diputar	15,80	Berhenti
3	Terpasang	0,01	Tak diputar	0,02	Berhenti
4	Terpasang	0,01	Diputar	15,80	Berputar
5	Terpasang	0,01	Kembali	0,02	Berhenti

Pada Tabel 2 diperlihatkan pengujian *joystick* dan putaran kecepatan *engine*. *Joystick* yang dirancang mempunyai 2 keadaan yaitu pada saat digerakkan dan tidak digerakkan selama 5 detik yang berpengaruh pada putaran *engine*. Hasil yang diperoleh di 2 keadaan *joystick* adalah putaran *engine* sesuai dengan sistem yang dirancang.

Tabel 2 Pengujian *Joystick* dan Putaran Kecepatan *Engine*

No.	Keadaan <i>Joystick</i>	<i>Auto Speed Control</i> (potensiometer)	Putaran <i>engine</i> (motor DC) pada LCD (RPM)
1	Digerakkan (terus menerus)	a. Minimum	850
		b. ½ Maksimum	1350
		c. Maksimum	1950
2	Tidak digerakkan (saat kondisi motor berputar, <i>joystick</i> tidak digerakkan selama 5 detik)	a. Minimum	850
		b. ½ Maksimum	850
		c. Maksimum	850

Pada Tabel 3 diperlihatkan pengujian hubungan antara *auto speed control* dan kecepatan *engine*. *Auto speed control* menggunakan potensiometer yang akan mengatur kecepatan putaran *engine* (motor DC) yang telah dilakukan pada posisi pengukuran tegangan dengan tiga kondisi yaitu minimum, setengah, dan maksimum yang berpengaruh pada kecepatan *engine*.

Tabel 3 Pengujian Hubungan antara *Auto Speed Control* (Potensiometer) dan Kecepatan *Engine*

No.	Kondisi <i>Auto Speed Control</i> (potensiometer)	Tegangan <i>Auto Speed Control</i> (potensiometer) V	Putaran <i>engine</i> (motor DC) pada LCD (RPM)
1	Minimum	4,60	800
2	Setengah	2,55	1350
3	Maksimum	0,10	1950

Pada Tabel 4 diperlihatkan waktu rata-rata yang dibutuhkan *hydraulic excavator* untuk menunggu *dump truck*.



Tabel 4 Waktu Rata-rata *Hydraulic Excavator* Menunggu *Dump Truck*

Unit Hydraulic Excavator	Unit Dump Truck	Waktu Menunggu Dump Truck
PC 3000-6	DT 1	2 menit 35 detik
	DT 2	3 menit 10 detik
	DT 3	2 menit 26 detik
	DT 4	3 menit 01 detik
	DT 5	2 menit 47 detik
	DT 6	2 menit 37 detik
	DT 7	3 menit 24 detik
<b>Waktu Menunggu Rata-Rata</b>		2 menit 51 detik

Tabel 5 memperlihatkan hasil perhitungan jumlah pemakaian bahan bakar dengan putaran kecepatan *engine* pada kondisi nyata.

Tabel 5 Perhitungan Jumlah Pemakaian Bahan Bakar dengan Putaran Kecepatan *Engine* pada Kondisi Nyata

Parameter Perhitungan	Besaran Perhitungan
<i>Working Hours Hydraulic Excavator</i>	20 Jam/hari = 1200 Menit/ hari
Waktu Rata-rata <i>Excavator</i> menunggu <i>Dump Truck</i>	2 Menit 8 detik *
Spesifikasi <i>Engine</i>	SAA12V140E-3
Waktu Pemakaian <i>Hydraulic Excavator</i>	31.560 Hours/Meter

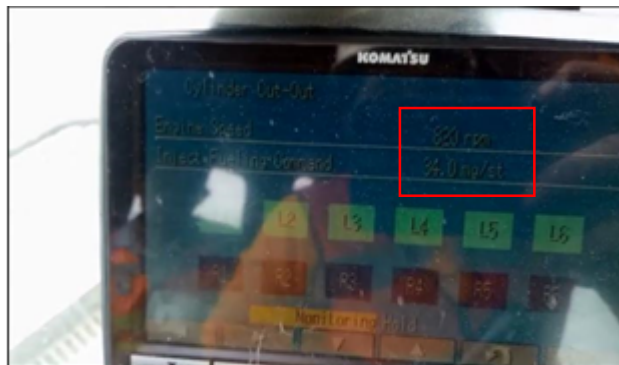
\* nilai didapat dari perhitungan pada Tabel 4

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan dampak kecepatan *engine* minimum dan kecepatan *engine* maksimum terhadap pemakaian bahan bakar pada *hydraulic excavator*. Setiap *hydraulic excavator* mempunyai nilai injeksi bahan bakar yang berbeda yang dipengaruhi oleh faktor keadaan *engine*. Perhitungan ini berdasarkan nilai secara nyata pada *hydraulic excavator* PC 3000-6 dengan waktu pemakaian 31.560 jam/meter. Perhitungan dapat diterapkan untuk *excavator* yang mempunyai waktu pemakaian kurang atau lebih dari 31.560 jam/meter.

Berikut hasil perhitungan yang telah dilakukan sesuai kecepatan *engine* dan pemakaian bahan bakar yang ada di lapangan. Pada Tabel 6 dan Gambar 3 dapat dilihat kondisi pengujian *engine low idle*. Pada Tabel 7 dan Gambar 4 dapat dilihat kondisi pengujian *engine high idle*.

Tabel 6 Kondisi Pengujian *Engine Low Idle*

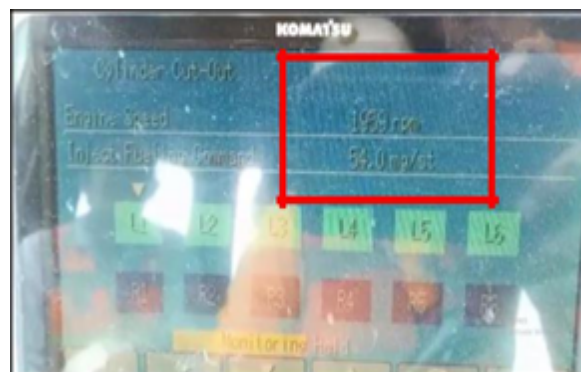
Putaran <i>Engine Low Idle</i>	Fuel Consumption
820 RPM	34 mg/st



Gambar 3 Pengujian *Engine Low Idle*

Tabel 7 Kondisi Pengujian *Engine High Idle*

Putaran <i>Engine High Idle</i>	Fuel Consumption
1953RPM	54 mg/st



Gambar 4 Pengujian *Engine High Idle*

Untuk melakukan perhitungan pemakaian jumlah bahan bakar perlu diperhatikan bahwa prinsip kerja *engine* 4 langkah adalah sama dengan 2 kali putaran *crankshaft* dan 1 kali usaha. Untuk setiap piston yang berada pada *engine*, 1 kali usaha memiliki arti sama dengan salah satu dari kegiatan mesin ketika melakukan injeksi atau penyemprotan bahan bakar pada *engine* seperti dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Prinsip Kerja *Engine* 4 Langkah

Selanjutnya dipaparkan perhitungan pemakaian bahan bakar menurut prinsip kerja mesin 4 langkah sesuai dengan jumlah injeksi yang terjadi. Pada dasarnya akan dihitung jumlah injeksi untuk kondisi *engine* pada kecepatan rendah dan kecepatan tinggi sesuai Persamaan (1).

$$\text{Jumlah injeksi} = \frac{\text{putaran } engine \text{ (rpm)}}{2 \text{ putaran } crankshaft \text{ (rpm)}} \times \text{jumlah piston} \quad (1)$$

### 1. Perhitungan kondisi *engine* pada kecepatan rendah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah injeksi} &= \frac{820 \text{ rpm}}{2 \text{ putaran } crankshaft \text{ (rpm)}} \times 12 = 410 \times 12 \\ &= 4920 \text{ injeksi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa konsumsi bahan bakar yang diinjeksikan pada putaran *engine* kecepatan rendah adalah 34 mg/st, maka didapatkan:

$$\text{Konsumsi bahan bakar} = 4920 \text{ st} \times 34 \text{ mg/st} = 167.280 \text{ mg} = 167,28 \text{ g}$$

Jika dikalikan dengan massa jenis solar sebesar  $0,823 \text{ g/cm}^3$  maka didapatkan konsumsi bahan bakar = 0,13767 l.

Sesuai dengan rumus perhitungan waktu tunggu *excavator* berikut:

$$\text{waktu tunggu excavator} = \frac{\text{lama kerja excavator}}{\text{rerata waktu excavator menunggu dump truck}}$$

Maka didapatkan:

$$\text{waktu tunggu excavator} = \frac{20 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam}}{2,86 \text{ menit}} = 419,58$$

$$\text{Jumlah konsumsi bahan bakar total} = 0,13767 \text{ l} \times 419,58 = 57,764 \text{ l}$$

## 2. Perhitungan kondisi *engine* pada kecepatan tinggi

$$\begin{aligned} \text{Jumlah injeksi} &= \frac{1959 \text{ rpm}}{2 \text{ putaran crankshaft (rpm)}} \times 12 = 976,5 \times 12 \\ &= 11754 \text{ injeksi} \end{aligned}$$

Diketahui bahwa konsumsi bahan bakar yang diinjeksikan pada putaran *engine* kecepatan rendah adalah 54 mg/st, maka didapatkan:

$$\text{Konsumsi bahan bakar} = 11754 \text{ st} \times 54 \text{ mg/st} = 634.716 \text{ mg} = 634,716 \text{ g}$$

Jika dikalikan dengan massa jenis solar sebesar  $0,823 \text{ g/cm}^3$  maka didapatkan konsumsi bahan bakar = 0,52236 l.

$$\text{waktu tunggu excavator} = \frac{20 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam}}{2,86 \text{ menit}} = 419,58$$

$$\text{Jumlah konsumsi bahan bakar total} = 0,52236 \text{ l} \times 419,58 = 219,172 \text{ l}$$

Perbandingan pemakaian bahan bakar dengan menggunakan *engine* kecepatan rendah dan *engine* kecepatan tinggi adalah:

1) untuk *engine* kecepatan rendah = 57,764 l;

2) untuk *engine* kecepatan tinggi = 219,172 l.

Jadi efisiensi yang dihasilkan oleh penggunaan *engine* pada kecepatan rendah terhadap penggunaan *engine* kecepatan tinggi adalah sebagai berikut:

$$\text{efisiensi (\%)} = \frac{57,764}{219,172} \times 100\% = 26,35\%$$

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, maka dapat disimpulkan:

1. Sensor *proximity* dapat mendeteksi *seatbelt* sesuai perancangan alat.
2. *Auto speed control* dapat mengatur kecepatan *engine* sesuai perancangan alat
3. *Auto speed control* pada *hydraulic excavator* dapat menghemat penggunaan *fuel consumption* sebesar 26,35% pada kecepatan *engine* rendah jika dibandingkan dengan pada kecepatan *engine* tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Technical Training Departement. *Product Knowledge & Publication Book*. Jakarta: PT United Tractors, 2011, hlm. 3-4.
- [2] Menteri/Sekretaris Negara Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1973 Tentang Pengaturan dan Pengawasan Keselamatan Kerja di Bidang Pertambangan. Tersedia di: <http://jdih.esdm.go.id/peraturanPP%20No.%2019%20Tahun%201973.pdf> [2 Desember 2016]
- [3] Technical Training Departement. *Daily Breakdown Report*. Jakarta: PT United Tractors, 2013. hlm. 6-8.
- [4] Hugeng, Eko Syamsudin, Hadytio Putra. (2014, Juni). "Sistem Pengingat Safety Riding bagi Pengemudi Mobil Pribadi." *Ultima Computing*. [On-line]. Vol 6 (1), hlm. 30-32. Tersedia di: <http://ejournals.umh.ac.id/index.php/SK/article/view/288> [2 Desember 2016].

- [5] Sigit Setijo Budi, M. Benny Dwifa, dan Agus Mahkrojan. (2014). “Perancangan *Smart Seatbelt* Sebagai Perangkat *Passive Safety* Pada Kendaraan Angkutan Barang.” *The 17th FSTPT of International Symposium* [On-line]. hlm. 1030-1037. Tersedia di <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/PFSTPT/article/view/2926/2352> [2 Desember 2016].
- [6] Ellen Thia Kusuma Dewi. “Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Putar Motor dengan Mikrokontroler AT89S51 dan Antarmuka Serial Komputer.” Tugas Akhir (D3). Universitas Diponegoro, Semarang.