

Model Sistem Monitoring Minyak Pelumas Digital dengan Memanfaatkan Gaya Apung dengan Sensor *Load Cell*

Arif Nur Miftachul^{1*}, Budi Waluyo²

¹Laboratorium Otomotif, SMK Muhammadiyah Muhammadiyah Mungkid

²Unimma Autocare, Universitas Muhammadiyah Magelang

*Email: arifketib@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.31603/ae.v1i01.2019>

Dipublikasikan oleh Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang dan Association of Indonesian Vocational Educators (AIVE)

Abstrak

Article Info

Submitted:

18/04/2018

Revised:

28/04/2018

Accepted:

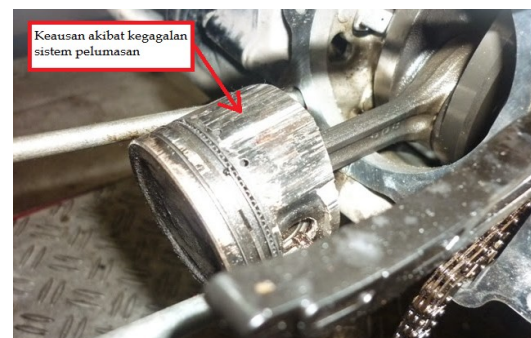
29/04/2018

Sistem monitoring minyak pelumas selama ini dilakukan menggunakan *deepstick oil* yang di pasang pada blok mesin. Salah satu kelemahan monitoring dengan metode ini adalah masih dilakukan secara konvensional sehingga kurang telitinya hasil pengukuran volume. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan gaya apung sebagai fungsi luasan dan sensor massa *load cell* untuk mengkonversi gaya apung menjadi sinyal tegangan listrik.. Fluida memiliki gaya apung besarnya dapat digunakan untuk pengukuran volume. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa monitoring minyak pelumas digitas dengan menggunakan sensor *load cell* memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sistem monitor pelumas yang simpel dan akurat.

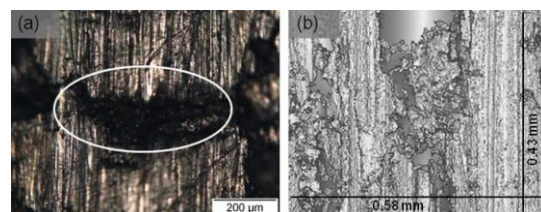
Key words: Monitoring minyak pelumas, Gaya apung, *Load cell*.

1. Pendahuluan

Pada kendaraan bermotor, kontak secara mekanik antar komponen merupakan suatu hal yang tidak bisa dihindari [1]. Kondisi ini dalam jangka waktu tertentu akan berakibat pada keausan (*wear*) pada komponen mesin. Secara umum untuk mengurangi dan mencegah keausan komponen memerlukan sistem pelumasan [2]. Fungsi lain dari sistem pelumasan adalah sebagai pendingin, peredam getaran dan pengangkut kotoran yang diakibatkan selama mesin bekerja. Kurang optimalnya kinerja sistem pelumasan akan berakibat usia pakai (*life time*) komponen mesin menjadi lebih pendek. **Gambar 1** dan **Gambar 2** berikut contoh akibat sistem pelumasan pada sepeda motor yang tidak optimal. Piston dan *cylinder liner* merupakan kompoen pertama yang mengalami kerusakan.

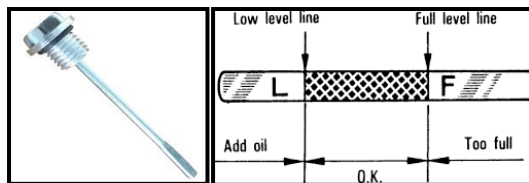


Gambar 1. Contoh keausan akibat kegagalan sistem pelumasan (visual) [3]



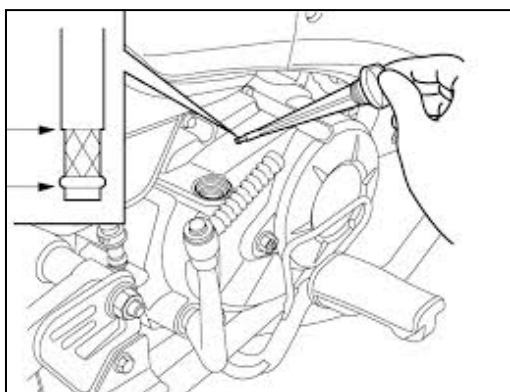
Gambar 2. Contoh keausan piston (dengan pembesaran) [4]

Kinerja dari sistem pelumasan dipengaruhi oleh tingkat *viskositas* (SAE), kualitas (API *service*), dan kecukupan minyak pelumas dalam mesin. Terkait dengan kecukupan minyak pelumas, sistem monitoring yang selama ini dilakukan menggunakan *deepstick oil* yang terpasang pada panci minyak pelumas mesin kendaraan bermotor. **Gambar 3** menunjukkan *deepstick oil* yang digunakan pada sepeda motor.



Gambar 3. *Deepstick Oil*

Kelemahan monitoring monitoring minyak pelumas menggunakan *dipstick oil* adalah hanya terdapat petunjuk *high/full*, normal dan *low/add*. Penunjukan tersebut hanya memunculkan gambaran kasar volume minyak pelumas. Sistem monitoring menggunakan *deepstick oil* ini, pengecekannya harus dilakukan dalam kondisi mesin mati, dingin dan memerlukan alat khusus untuk melepas *deepstick* dari tempatnya, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Monitoring minyak pelumas menggunakan *deepstick*.

Sistem monitoring minyak pelumas menggunakan *deepstick* tersebut sangat merepotkan pemakai dan kurang praktis sehingga banyak pemakai sepeda motor tidak melakukan monitoring secara teratur untuk mengetahui kecukupan volume minyak pelumas dalam mesin kendaraan.

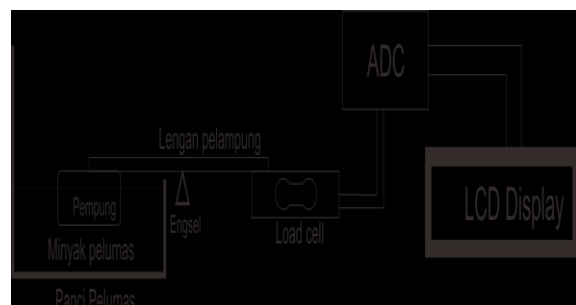
Sementara itu, komponen mesin modern cenderung mempunyai *clearance* kecil, sehingga dituntut menggunakan minyak pelumas dengan tingkat *viskositas* yang rendah (nilai SAE kecil). Salah satu karakteristik minyak pelumas dengan SAE kecil adalah mudah menguap [5-6]. Kondisi ini menuntut pengguna kendaraan untuk lebih sering melakukan monitoring minyak pelumas untuk mengetahui kecukupan volumenya.

Dari permasalahan di atas, artikel ini menyajikan gagasan baru sistem monitoring minyak pelumas secara *digital*. Sistem monitoring ini memanfaatkan *load cell* sebagai sensor. Dengan metode monitoring digital ini, pengguna kendaraan dapat melakukan monitoring dengan mudah dan *real time*.

2. Metode

2.1. Desain model sistem pelumasan digital

Desain model sistem monitoring minyak pelumas untuk memudahkan monitoring dengan akurasi yang tinggi, sebagaimana disajikan dalam **Gambar 5** sebagai berikut.



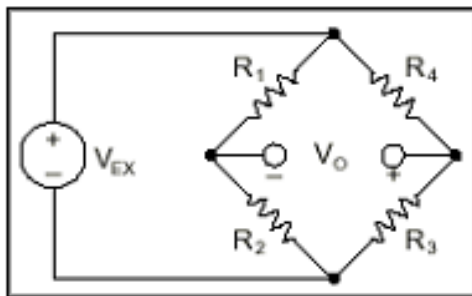
Gambar 5. Desain model monitoring minyak pelumas digital.

Sebuah pelampung dengan panjang lengan tertentu dipasang untuk memberikan respon perubahan gaya apung selama pelumas mengalami penurunan volume. Gaya apung akan di respon oleh sebuah sensor *load cell* dan akan diteruskan ke menuju *Analog to Digital Converter*. *Load cell* merupakan salah satu transduser yang digunakan untuk mengubah gaya menjadi signal elektrik [7]. **Gambar 6** menunjukkan *load cell* yang digunakan dalam penelitian ini dan mempunyai kapasitas maksimum pembacaan 1000 gram.



Gambar 6. Loadcell

Alat monitoring volume minyak pelumas ini terdiri dari empat *strain gauge* yang disusun sesuai dengan kaidah jembatan *wheatstone* tetapi ada juga yang terdiri dari satu atau dua *strain gauges*[8]. Skema jembatan *wheatstone* disajikan dalam Gambar 7 berikut.

Gambar 7. Jembatan *wheatstone* [9]

Sinyal output elektrik yang dihasilkan dalam milliVolt (mV) sehingga memerlukan penguatan dengan komponen *amplifier* sebelum dapat digunakan. Besarnya V_o (sinyal output) ditentukan dengan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$V_o = \left[\frac{R_1}{R_1+R_4} - \frac{R_2}{R_2+R_3} \right] V_{EX} \quad (1)$$

Sinyal output yang dihasilkan *load cell* masih dalam bentuk sinyal analog, sehingga memerlukan perangkat *analog to digital converter* (ADC).

Selanjutnya, pelampung dipasang pada panci minyak pelumas. Besaran gaya apung akibat perubahan volume minyak pelumas diukur dengan sensor *load cell*. Hubungan antara gaya apung dengan volume dinyatakan dalam Persamaan (2) dan Persamaan (3) yang mengikuti hukum Archimedes sebagai berikut.

$$F_a = V'' \cdot W_c \quad (2)$$

F_a = Gaya apung benda (N)
 V'' = Volume pelampung yang tercelup (m^3)
 W_c = Berat jenis fluida (N/m^3)

Dimana :

$$W_c = \frac{m_c \cdot g}{V_c} \quad (3)$$

m_c = massa fluida (kg)
 g = gravitasi (m/s^2)
 V_c = volume fluida (m^3)

Kemudian, *load cell* dihubungkan dengan Microconroler Arduino Uno R3 sebagai pengolah data. Besaran tegangan output dari *load cell* akan dibaca oleh Arduino dengan *software* Arduino IDE yang diprogram melalui komputer. Selanjutnya dihubungkan dengan *LCD display* sebagai indikator yang menunjukkan volume minyak pelumas.

ADC yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Arduino Uno R3 Chip mikrokontroler Atmega 328P dengan tegangan operasi 5V DC. Arduino Uno ini merupakan papan mikrokontroler yang sudah tertanam mikrokontroler ATmega. *Software* arduino IDE (*integrated development enviroment*) berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler [10].

Minyak pelumas yang digunakan dalam adalah yang banyak digunakan pada sepeda motor dengan spesifikasi SJ 10 W 50 dengan massa jenis : 0.93 kg/liter digunakan sebagai fluida pengujian dan air dengan massa jenis 1kg/liter sebagai fluida pembanding hasil.

Sebuah pelampung digunakan untuk mendeteksi gaya apung fluida. Dimensi pelampung yang digunakan memiliki dimensi panjang 5 cm dan diameter 2.5 cm, sehingga volume pelampung sebesar $24.5 \text{ cm}^3 = 24.5 \text{ ml}$ dan massa 10.5 g, sehingga masa jenis pelampung ini sebesar $0.42 \text{ g/cm}^3 = 0.42 \text{ g/ml}$. Panjang tuas yang digunakan memiliki dimensi L1 10 cm dan L2 3 cm.

2.2. Pengujian model

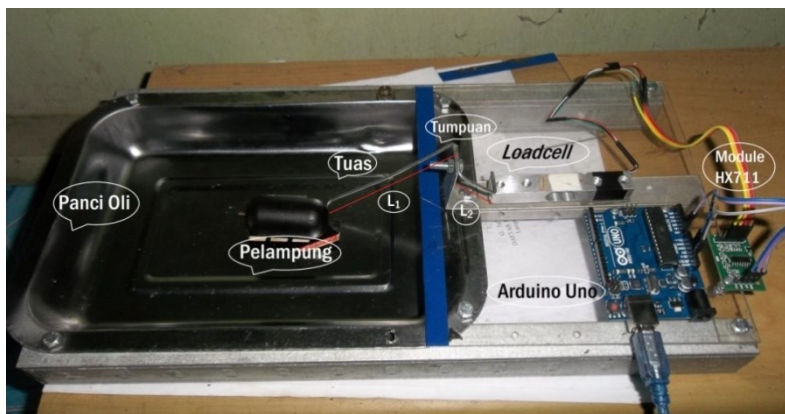
Pengujian model sistem monitoring minyak pelumas ini adalah untuk memastikan kehandalan dan kinerja model. Meliputi dua parameter penting dari sistem yaitu: variasi volume minyak pelumas (ml) dan skala yang terbaca oleh sensor *load cell*. Model simulasi sistem dilakukan dengan media air dengan perlakuan dan teknik pengambilan data yang konsisten. Fluida air sebagai data pembanding karena memiliki massa jenis 1kg/liter atau *specific gravity* SG = 1.

Pengambilan data masing-masing fluida sebanyak 7 kali dengan volume awal 450 ml kemudian ditambah 50 ml secara bertahap sampai volume 800 ml karna pada umumnya kendaraan berkapasitas 800 ml.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Simulasi model sistem monitoring minyak pelumas digital

Sistem monitoring minyak pelumas dengan sensor *load cell* memanfaatkan gaya apung dari minyak pelumas yang kemudian menekan *load cell*. *Deepstick oil* pada sepeda motor rata-rata tengelam 3 cm kedalam minyak pelumas. Media uji menggunakan *oil pan* dan pelampung yang akan tengelam sedalam 3 cm seperti pada sepeda motor, karena kedalaman pelampung akan mempengaruhi gaya tekan pada *load cell* dan hasil pengukurannya. Gambar 8 berikut menunjukkan model sistem monitoring minyak pelumas digital.



Gambar 8. Model sistem monitoring minyak pelumas digital

3.2. Hasil pengujian

Tabel 1 berikut merupakan hasil dari pengujian model/prototipe sistem monitoring minyak pelumas dengan *load cell* sebagai sensor.

Tabel 1. Hasil Pengujian sistem

Volume (ml)	Skala pembacaan sensor (gram)	
	Minyak pelumas	Air
450	13.6	14.5
500	16.4	17
550	22.0	25.2
600	30.0	32.4
650	36.2	38.9
700	41.3	44.1
750	45.6	47.3
800	52.1	59.6

3.3. Pembahasan

Ketinggian minyak pelumas dalam panci mempengaruhi gaya apung terhadap pelampung. Dari Persamaan (2) dan Persamaan (3) diketahui m_b (massa pelampung) = 10.5 g, V_b (volume pelampung) = 28ml dengan panjang lengan $L_1 = 10$ cm dan $L_2 = 3$ cm.

$$F_a = v'' \cdot \rho \cdot g$$

$$m_a \cdot g = v'' \cdot \rho \cdot g$$

$$m_a = 28 \text{ ml} \cdot 0.93 \text{ g/ml}$$

$$m_a = 26 \text{ g}$$

$$m_s = m_a - m_b$$

$$m_s = 26 \text{ g} - 10.5 \text{ g}$$

$$m_s = 15.5 \text{ g}$$

Dengan mengaplikasikan keseimbangan lengan pelampung didapat:

$$ms \cdot L1 = mr \cdot L2$$

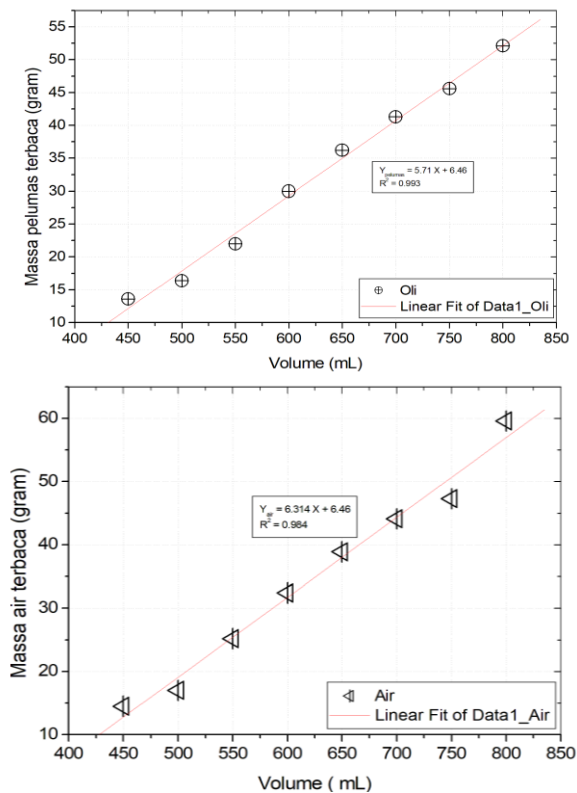
$$(15.5 \text{ g})(10 \text{ cm}) = (mr)(3 \text{ cm})$$

$$mr = 51.3 \text{ g}$$

yang merupakan masa terbaca oleh *load cell*.

3.4 Analisis grafik

Data yang di ambil dalam studi ini adalah kenaikan volume minyak pelumas dan gaya tekan yang terbaca *load cell*. Berikut disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 8. Hubungan kenaikan volume dengan massa yang terbaca sensor

Garis linier berdasarkan rumus $y = mx + b$ dan hasil pengujian bisa pakai apabila R^2 lebih dari 0.950. R^2 merupakan penyimpangan titik-titik terhadap garis linier. Berdasarkan grafik di atas, kenaikan volume minyak pelumas dengan skala pembacaan sensor, didapatkan persamaan matematis $y = 5.709x + 6.457$ dengan $R^2 = 0.993$ yang menunjukkan hubungan yang mendekati linier. Sebagai data pembanding adalah fluida air, yang hasilnya juga mendekati linear dengan persamaan $y = 6.314x + 6.460$ dan $R^2 = 0.984$. Artinya, kenaikan volume sebanding dengan kenaikan skala yang terbaca sensor *loadcell*.

Gradien kemiringan garis dipengaruhi massa jenis. Semakin besar masa jenis semakin besar gradien kemiringan garis. Dengan volume yang sama antara air dan minyak pelumas, hasil pembacaan sensor selalu lebih besar pada media air. Hal ini dikarenakan masa jenis air 1.0 kg/liter lebih besar dari masa jenis minyak pelumas yang hanya 0.8 kg/liter. Masa jenis mempengaruhi gaya apung fluida terhadap suatu benda.

Peneliti selanjutnya disempurnakan dengan menampilkan volume minyak pelumas pada *LCD Display*, menggunakan program *Lab View* untuk menampilkan hasil monitoring sekaligus mengkonversi dari massa yang terbaca menjadi volume sebenarnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan simulasi sistem monitoring minyak pelumas, hubungan antara kenaikan volume dengan skala yang terbaca pada sensor *load cell* menunjukkan hubungan yang linier sebagai $y = 5.709x + 6.457$ dan nilai $R^2 = 0.993$. Oleh karena itu, ada potensi yang memungkinkan untuk diterapkan dalam kendaraan sebenarnya. Kedalaman pelampung dalam minyak pelumas, masa jenis dan koefisien pelampung mempengaruhi hasil pembacaan sensor sehingga perlu adanya kalibrasi sistem. Keunggulan sistem monitoring menggunakan sensor *load cell*, lever, dan pelampung menjadi statis sehingga tidak mengganggu komponen yang bergerak lain pada mesin.

Referensi

- [1] M. Arisandi, Darmanto, and T. Priangkoso, "Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Konsumsi Bahan Bakar," *Momentum*, vol. 8, no. 1, pp. 56–61, 2012.
- [2] M. S. Effendi and R. Adawiyah, "Penurunan nilai kekentalan akibat pengaruh temperatur pada beberapa merk minyak pelumas," *INTEKNA*, vol. XIV, no. 1, pp. 1–9, 2014.
- [3] "Jenis-jenis kerusakan sepeda motor," *Kerusakan Motor*. [Online]. Available: <http://kerusakanmotor.blogspot.co.id/2016/1>

- 2/jenis-jenis-kerusakan-sepeda-motor.html.
[Accessed: 29-Apr-2018].
- [4] A. Saeed, Z. A. Khan, M. Hadfield, and S. Davies, "Material characterization and real-time wear evaluation of pistons and cylinder liners of the tiger 131 military tank," *Tribology Transactions*, vol. 56, no. 4, pp. 637–644, 2013.
- [5] N. Singh, G. D. Thakre, A. K. Chatterjee, and S. K. Singal, "A Systematic Study on Composition of Low Viscosity Automotive Lube Oils with an Emphasis on Wear and Frictional Characteristics," *Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, no. 7, pp. 10–16, 2014.
- [6] D. Pradopo, "Deteksi Oli Menguap, Panas Jadi Penyebabnya," *Otomotif*, 2014. [Online]. Available: <https://otomotifnet.gridoto.com/>. [Accessed: 29-Apr-2018].
- [7] I. Sugriwan, M. Suweni, and Y. Hadi, "Pemanfaatan Load Cell CZL601 untuk Pengukuran Derajat Layu Pada Pengolahan Teh Hitam," *FLUX*, pp. 49–58, 2010.
- [8] W. Handajadi and A. Sholeh, "Pembacaan Output Timbangan Digital Jarak Jauh Dengan Menggunakan Pemrograman Visual Basic 6.0," *Jurnal Teknologi*, vol. 2, pp. 96–107, 2012.
- [9] AspenCore, "Wheatstone Bridge Circuit and Theory of Operation," *Electronics Tutorials*, 2016. [Online]. Available: <http://www.electronics-tutorials.ws/blog/wheatstone-bridge.html>. [Accessed: 17-Nov-2017].
- [10] P. Sulistyanto, O. Wahyunggoro, and A. I. Cahyadi, "Pengolahan Isyarat Load cell Menggunakan Metode Simple Moving Average Tingkat Dua dan Weighted Moving Average Tingkat Dua untuk Pencarian Titik Referensi," pp. 31–35, 2015.