

Akuisisi Data Untuk Pengukuran Koefisien Gesek Bio-Lubricant Pada Alat Uji Gesek Jenis Pin On Disc

Zulkifli Amin^{1,*}, Dedison Gasni² dan KM Abdul Rozak³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang 25163
Email: ^{*}zulkifliamin@ft.unand.ac.id

Abstrak

Pin on disc adalah salah satu jenis *tribometer* yang digunakan untuk menentukan kuantitas *tribology*, berupa gesekan, pelumasan dan volume keausan. Prinsip kerja *pin on disc* yaitu adanya gerak relatif antara material berupa *pin* dalam keadaan diam dan *disc* berputar dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan gesekan. Givonda Ferigoni, tahun 2015, telah melakukan penelitian pengukuran koefisien gesek secara manual, namun metoda ini dianggap kurang efisien, karena pengujian hanya dapat dilakukan dalam keadaan statik, sehingga koefisien gesek yang dapat diukur hanya koefisien gesek statik.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian lanjutan yaitu pembuatan alat akuisisi data untuk dapat mengukur besarnya koefisien gesek dinamik pada alat uji *pin on disc* secara *in-line*, menggunakan *load cell* yang dapat mengukur besarnya gaya gesek dan koefisien gesek dalam kondisi dinamik pada dua permukaan yang berkontak. Tegangan sinyal *analog* dari *load cell* diperkuat dengan menggunakan *amplifier* dan selanjutnya diproses oleh mikrokontroller *Arduino Uno* yang berfungsi sebagai DAQH (*Data Acquisition Hardware*). Pemprosesan data *Arduino* tersebut diolah kembali oleh MATLAB (*MATtrix LABoratory*) sebagai DAQS (*Data Acquisition Software*) untuk mempresentasikan data yang didapat dari pengujian dinamik.

Untuk pengujian alat data akuisisi ini dilakukan pengukuran besarnya koefisien gesek dari berbagai variasi *bio-lubricant* yaitu minyak makan, minyak kopra, minyak kopra komersil, VCO (*Virgin Coconut Oil*) dan minyak sawit sebagai zat aditif pada minyak SAE 40. Sebelum dilakukan pengujian koefisien gesek, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi *sensor load cell* dengan memberikan beban secara kontinu mulai dari 5N sampai dengan 50 N. Alat uji ini telah berhasil mengukur koefisien gesek kinetik dari beberapa variasi *bio-lubricant* dengan beban yang diberikan.

Kata Kunci: *Pin on disc*, *tribometer*, akuisisi data, mikrokontroller, *load cell*, koefisien gesek, dan *bio-lubricant*.

Pendahuluan

Tribometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kuantitas *tribology* yang terdiri dari koefisien gesek, gaya gesek, dan volume dari keausan antara dua material yang saling kontak [1,2,3,4,5]. Besarnya koefisien gesek yang terjadi

tergantung pada beberapa variabel seperti kekasaran permukaan, jenis material antara dua permukaan kontak, kecepatan, pelumasan, dan lain-lain [1,6,7]. Ada beberapa bentuk alat *tribometer* yang digunakan untuk mengukur sifat *tribology* dari dua material yang saling kontak diantaranya *pin on disc*, *pin on pin*, *pin on*

plat dan lain-lain [8]. *Pin on disc* merupakan suatu jenis alat uji *tribology*, dimana gesekan yang terjadi antara *disc* dengan *pin*. *Pin* dalam keadaan diam dan *disc* berputar dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan gesekan.

Pengukuran besarnya koefisien gesek antara dua permukaan yang berkontak dengan menggunakan alat uji *pin on disc* telah dilakukan oleh Givonda Ferigonisa [1]. Pengukuran besarnya koefisien gesek masih dilakukan secara manual, dimana *sensor load cell* [9,10,11] mengalami defleksi pada lengan fleksibel *pin on disc*. Defleksi yang terjadi pada *load cell* menghasilkan perubahan tegangan yang keluar dari *output* rangkaian jembatan *Wheatstone* dalam miliVolt (mV). Tegangan *output* dari *sensor* akan distabilkan dan diperbesar menjadi Volt (V) oleh *amplifier* agar tegangan tersebut dapat terbaca pada multimeter. Cara ini mempunyai kelemahan, karena pengujian hanya dapat dilakukan dalam keadaan statik, sehingga koefisien gesek yang dapat diukur hanya koefisien gesek statik.

Untuk dapat mengukur besarnya koefisien gesek dinamik pada alat uji *pin on disc*, maka ditambahkanlah alat data akuisisi [12,13], sehingga alat uji gesek yang menggunakan *load cell* ini dapat mengukur besarnya gaya gesek dan koefisien gesek dalam kondisi dinamik pada dua permukaan yang berkontak.

Metododologi

Pin dan disc yang digunakan pada alat uji *pin on disc* ini adalah *pin* tipe *ball bearing SKF AISI C440* berdiameter 5 mm dengan komposisi kimia 95.05%Fe, 3.07%C, 0.24%Si, dan 1.63%Cr serta memiliki kekerasan 660.5 BHN. Sedangkan disc terbuat dari material *Alloy* (AISI 1015) dengan diameter luar 100 mm, diameter dalam 11 mm dan ketebalan 3.9 mm, komposisi kimia 99.18%Fe, 0.129%C, 0.323%Si, 0.959%Mn, 0.195%Cr, kekerasan 449.5 BHN dan kekasaran permukaan 0.367 Ra [1]. Bentuk *pin* dan

disc dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. *Pin ball bearing KF*^[1]



Gambar 2. *Disc AISI 1015*^[1]

Alat ukur *tribology* jenis *pin on disc* ini diintegrasikan dengan sistem otomasi yaitu dengan mengintegrasikan sistem mekanik dan sistem elektronika (*hardware* dan *software*) pada alat tersebut.

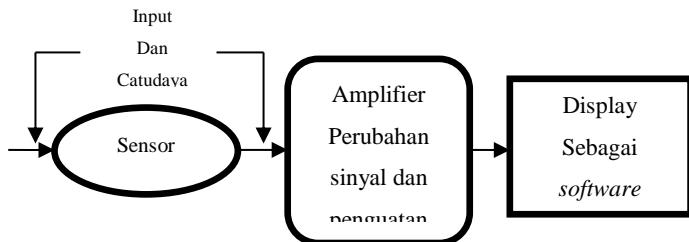
Sinyal *analog* yang dihasilkan alat uji *pin on disc* dan telah diperkuat dengan menggunakan *amplifier* selanjutnya diproses oleh mikrokontroller *Arduino Uno* yang berfungsi sebagai DAQH (*Data Acquisition Hardware*) [14]. Pemrosesan data *Arduino* tersebut diolah kembali oleh *MATLAB* (*MATrix LABoratory*) sebagai DAQS (*Data Acquisition Software*) untuk menginterpretasikan data yang didapat dari pengujian dinamik.

Sebelum alat uji *pin on disc* digunakan untuk pengujian koefisien gesek, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi *load cell* pada lengan fleksibel sehingga terbaca dilayar multimeter dalam nilai Voltase (V).

Untuk pengujian alat akuisisi data ini dilakukan pengukuran besarnya koefisien gesek dari berbagai variasi bio-lubricant [15] yaitu minyak makan, minyak kopra, minyak kopra komersil, VCO (Virgin Coconut Oil) dan minyak sawit sebagai zat aditif pada minyak SAE 40 selama 10 menit pada putaran 1200 rpm dan pembebangan 30 N di alat uji gesek *pin on disc*.

Hasil dan Pembahasan

Skematik akuisisi data alat uji gesek *load cell* jenis *pin on disc* dapat dilihat pada Gambar 3.

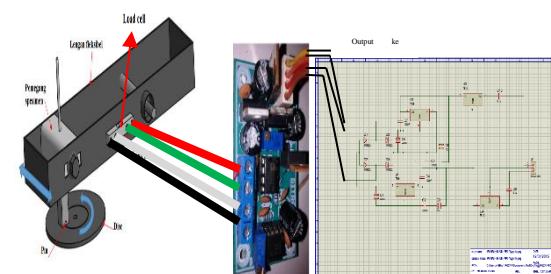


Gambar 3. Skematik alat data akuisisi

Input atau rangsangan yang diterima *load cell* akan diteruskan ke *amplifier* untuk diperbesar tegangannya. Sedangkan Rangkaian catudaya berfungsi sebagai sumber tegangan untuk mengaktifkan *amplifier* dan menyearahkan tegangan dari *load cell* sehingga dapat memperbesar tegangan *output* dari *load cell*. *Load cell* ini merupakan alat untuk mendeteksi adanya regangan pada lengan fleksibel sewaktu terjadi gaya gesek. *Sensor load cell* ini ditempatkan pada jarak 125 mm dari ujung poros spindel yang ada pada lengan fleksibel seperti pada Gambar 4. *Sensor* ini menggunakan dua buah *strain gauge* dengan masing-masing mempunyai keluaran sinyal seperti Gambar 5 dan memerlukan tegangan masukan sebesar 5 Volt serta sinyal tegangan keluaran maksimal 5 Volt.

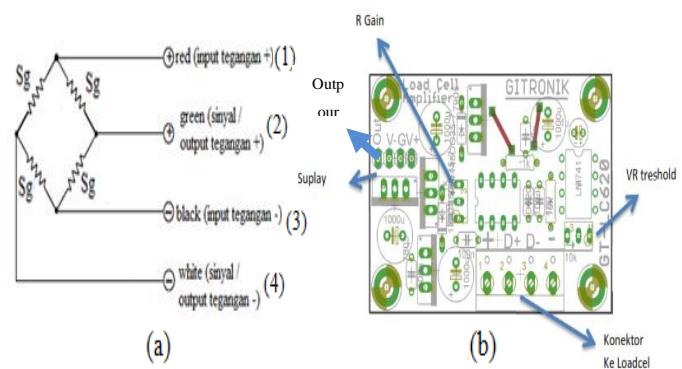
Untuk pembacaan tegangan keluaran dari *load cell* dibutuhkan sebuah amplifikasi karena tegangan keluaran dari *sensor* sangat kecil (μ V) sehingga hasil keluaran tegangan dapat terbaca pada multimeter digital. Kelebihan dari *load cell* adalah *sensor* yang sangat sensitif apabila diberi beban dan rangkaian yang lebih sederhana sehingga dapat dibongkar pasang dibandingkan dengan menggunakan *strain gauge*. Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan pengkabelan antara *load cell* di lengan fleksibel dengan *amplifier* LC-620.

Kabel merah merupakan *input* daya positif (+), kabel hijau merupakan *output* positif (+), kabel hitam merupakan *input* daya negatif (-) dan kabel putih merupakan *output* negatif (-). Kabel - kabel tersebut dihubungkan ke *amplifier* agar tegangan *output* dari *loadcell* diperbesar tegangannya sehingga dapat diproses oleh *Arduino uno* untuk disimulasikan di *MATLAB*.



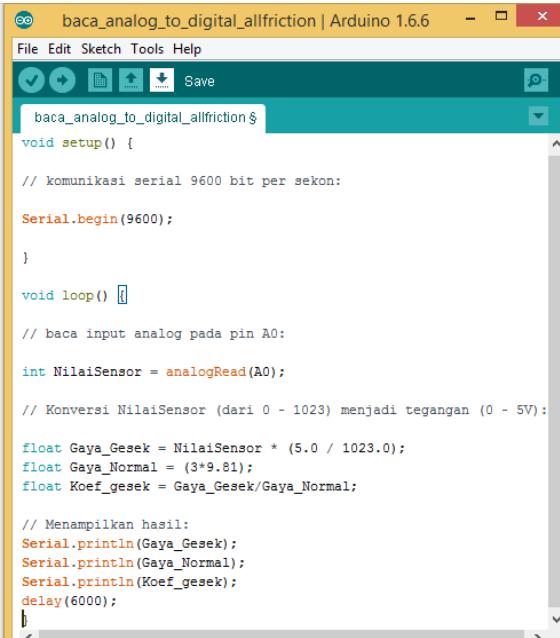
Gambar 4. Pengkabelan antara *loadcell* dengan *amplifier LC-620*

Spesifikasi *load cell* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5. Beberapa komponen alat uji gesek yang telah dibuat terdiri dari *load cell*, *amplifier*, *catudaya*, *Arduino* dan personal computer untuk mensimulasikan software *MATLAB*.



Gambar 5. (a) Bentuk diagram *load cell strain gauge* dan (b) Skematik diagram dari *amplifier LC-620*

Output amplifier seperti terlihat dalam skematik diagram pada Gambar 5 dihubungkan ke port A0 *Arduino* untuk pemrosesan data dari *sensor* yang telah diperbesar tegangannya dan diolah oleh *Software Arduino IDE* pada Gambar 6. Untuk melihat sinyal keluaran dari *sensor* secara in-line dapat dilihat pada Gambar 7.



```

baca_analog_to_digital_allfriction | Arduino 1.6.6
File Edit Sketch Tools Help
Save
baca_analog_to_digital_allfriction
void setup() {
  // komunikasi serial 9600 bit per sekon:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // baca input analog pada pin A0:
  int NilaiSensor = analogRead(A0);

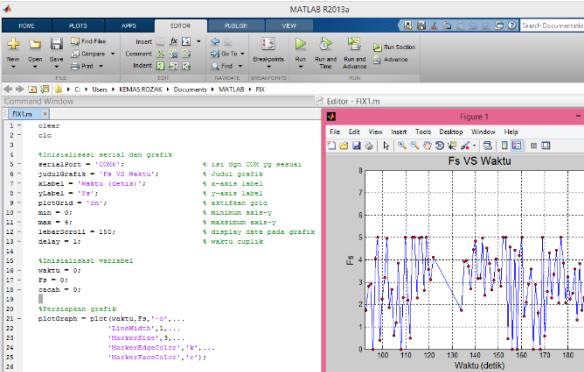
  // Konversi NilaiSensor (dari 0 - 1023) menjadi tegangan (0 - 5V):
  float Gaya_Gesek = NilaiSensor * (5.0 / 1023.0);
  float Gaya_Normal = (3*9.81);
  float Koef_gesek = Gaya_Gesek/Gaya_Normal;

  // Menampilkan hasil:
  Serial.println(Gaya_Gesek);
  Serial.println(Gaya_Normal);
  Serial.println(Koef_gesek);
  delay(6000);
}

```

Gambar 6. List Program DAQS Aduino 1.6.6 IDE

Pemrosesan data dilakukan juga dengan menggunakan software MATLAB sebagai data akuisisi software seperti Gambar 7.



```

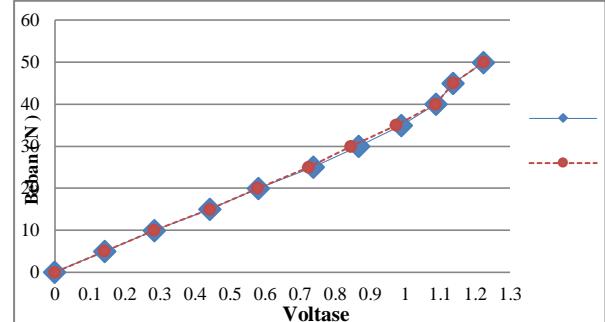
FsVsWaktu.m
1 - clear;
2 - clc;
3 -
4 - %inisialisasi serial dan grafik
5 - serialPort = 'COM1'; % set up COM yg sesuai
6 - % serial port
7 - % axis
8 - % xlabel = 'Beban (N)'; % x-axis label
9 - % ylabel = 'V'; % y-axis label
10 - % plot
11 - % max = 40;
12 - % min = 0;
13 - % interval = 100;
14 - % delay = 1;
15 -
16 - %inisialisasi variabel
17 - %Fs = 0;
18 - %t = 0;
19 - %g = 0;
20 -
21 - %menampilkan grafik
22 - %plot(Fs,t,'-o');
23 - %title('Fs vs Waktu');
24 - %'MarkerSize',1);
25 - %'MarkerFaceColor','r');
26

```

Gambar 7. Listing Program DAQS MATLAB Gaya Gesek (Fs) berbanding waktu

Kalibrasi *sensor* sangat penting dilakukan pada alat uji *pin on disc* untuk mendapatkan korelasi antara besarnya gaya pembebahan dengan perubahan tegangan (Volt) yang akan terbaca dan penyetaraan nilai terukur dengan nilai terstandar. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara memberikan beban secara kontinu mulai dari 5N sampai dengan 50N kemudian secara bertahap beban dikurangi dari 50N ke 5N sehingga

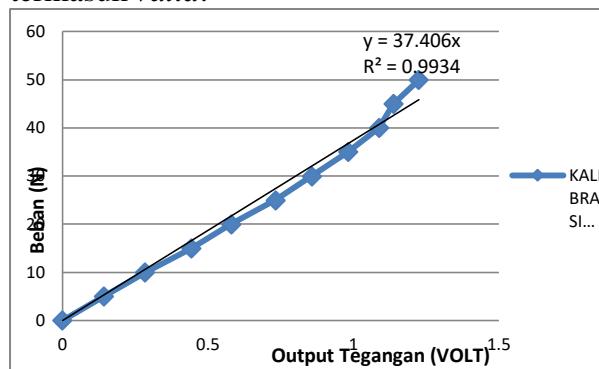
didapatkan kurva histerisis pada Gambar 8. Kurva ini bertujuan untuk menentukan kestabilan *sensor*. Dari kurva tersebut terlihat tegangan *output* dari *sensor* diantara dua grafik hampir bersinggungan antara satu titik dengan yang lainnya. Hal ini menginformasikan bahwa *sensor load cell* memberikan respon kestabilan yang baik saat beban ditambah maupun dikurangi.



Gambar 8. Kurva Histerisis loadcell

Selanjutnya, dilakukan kurva fitting untuk mendapatkan persamaan hubungan antara tegangan (voltase) dengan gaya (bebannya) dengan menggunakan *software excel*. Hasil kurva fitting ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik tersebut menunjukkan bahwa *output* tegangan *sensor* mendekati berbanding lurus dengan pertambahan beban, artinya semakin besar pembebahan maka *output* tegangan yang dihasilkan semakin besar. Persamaan yang diperoleh dari *trendline* yaitu persamaan *regresi linear* yang bernilai $y = 37.406x$, dimana y merupakan variasi pembebahan dan x adalah *output* tegangan. Persamaan fungsi ini digunakan untuk menentukan besarnya nilai gaya gesek pada saat melakukan pengujian di alat uji gesek *pin on disc*. Selanjutnya, pada grafik juga ditemukan persamaan standar deviasi atau tingkat korelasi dengan nilai $R^2=0.9934$ yang hampir mendekati nilai 1. Hal ini menunjukkan kedua variabel antara beban dan *output* tegangan yang terbaca *sensor load cell* terkorelasi dengan baik. Nilai korelasi (nilai tingkat kepercayaan) mendekati angka 1 merupakan nilai sebenarnya. Hasil ini menandakan data yang didapatkan dari pengujian percobaan

kalibrasi pada *sensor load cell* antara pembebanan dengan *output* tegangan termasuk *valid*.



Gambar 9. Grafik Korelasi antara Tegangan dengan Gaya

Setelah ditinjau dari grafik histerisis dan kurva korelasi maka dilakukan kalibrasi nilai massa dengan tujuan untuk menyetarakan nilai yang telah terukur dari alat akuisisi data di *pin on disc* dengan nilai yang telah terstandar ASTM G99 yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil nilai terukur yang didapatkan dibawah nilai koefisien gesek μ_k ASTM G99 dengan error 0.06 sehingga memenuhi standar karena pada keadaan aktual nilai koefisien gesek dapat dipengaruhi oleh jenis material kontak, pembebanan, tekanan, kekasaran permukaan pada kontak geometri, pelumasan, geram akibat kontak dan persentase korosi pada lingkungan.

Tabel 1. Kalibrasi nilai terukur dengan nilai standar ASTM G99

CAMPURAN	NILAI RATA-RATA μ_k BIOLUBRICANT					SAE 40	ASTM G99
	VCO	KOPRAH	SAWIT	TANAK	KOPRAH KOMERSIL		
0%	0.3628326	0.4432774	0.2792705	0.31816001	0.404352547		
5%	0.4067455	0.3834542	0.3018868	0.27251218	0.419974751		
10%	0.4643784	0.5120168	0.3128415	0.27088388	0.444020967	0.4596	0.6 ± 0.11
15%	0.4487865	0.4701679	0.2928435	0.26697127	0.538174305		
20%	0.4790254	0.4716183	0.3088152	0.2770469	0.583432365		

Kesimpulan

Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa alat akuisisi data telah terkalibrasi dengan standar ASTM G99, lalu didapat persamaan dari kurva fitting $y = 37.406x$ dimana y mewakili variasi beban dan x

adalah *output* tegangan sehingga memiliki tingkat korelasi $R^2 = 0.9934$ yang hampir mendekati nilai 1 yang merupakan nilai sebenarnya. Alat akuisisi data untuk menentukan koefisien gesek pada alat uji gesek jenis *pin on disc* yang dibuat telah dapat digunakan untuk mengukur besarnya gaya gesek dan koefisien gesek dengan waktu pencuplikan 100 data per detik.

Referensi

- [1] Ferigonisa, Givonda. 2015. "Pembuatan Dan Pengujian Loadcell Pada Alat Uji Gesek Jenis Pin on Disc". Tugas Akhir. Universitas Andalas, Padang.
- [2] Holman, J.P. 1985. "Metode Pengukuran Teknik". Edisi IV. Jakarta : Erlangga.
- [3] Pengukuran. Dilihat 30 Maret 2015. <https://bangkititahermawati.wordpress.com/ipa-2/pengukuran/>.
- [4] Metrologi. Dilihat 30 Maret 2015. <http://id.wikipedia.org/wiki/Metrologi>
- [5] Beckwith, ThomasG, dkk. 1987. "Pengukuran Mekanis diterjemahkan Ir. Kusnul Hadi". Edisi Ketiga jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- [6] Gaya gesek. Dilihat 31 Maret 2015. <http://id.wikipedia.org/wiki/Gaya-gesek>
- [7] Coefficients of Friction for Steel. Dilihat 20 Februari 2016. <http://hypertextbook.com/facts/2005/steel.shtml>
- [8] Nursyanhuddin, Dede. 2013. "Perancangan Alat Uji Koefesien Gesek Jenis Pin on Disc". Tugas Akhir. Universitas Andalas, Padang.
- [9] Teori tentang Loadcell. Dilihat 30 Maret 2015. <http://thesis.binus.ac.id/Doc/Bab2/2012-1-00643-sk%202.pdf>
- [10] Loadcell Teori, Manual Loadcell. Dilihat 30 Mei 2015. <http://timbanganstatik.blogspot.co.id/p/teori-dasar-load-cellpart1.html>
- [11] Teori dasar loadcell part (1). Dilihat 31 Maret 2015.

- <http://timbanganstatik.blogspot.co.id/p/teori-dasar-load-cellpart1.html>
- [12] Rizal batubara, F. 2005. "Sistem Akuisisi Data". Jurnal Teknik Elektro ENSIKOM Vol.3. Universitas Sumatera Utara : Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro.
- [13] Konsep akuisisi data berbasis komputer pc bagian satu. Dilihat 1 April 2015. <http://oprekzone.com/konsep-akuisisi-data-berbasis-komputer-pc-bagian-satu/>
- [14] Aozon Maulana. 2014. Mengenal Arduino Uno Lebih Rinci. <http://aozon.blogspot.com/2014/03/mengenal-arduino-uno-lebih-rinci.html>[08 Oktober 2014]
- [15] Klasifikasi minyak pelumas. Dilihat 30 Maret 2015. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/17503/3/Chapter%20II.pdf>