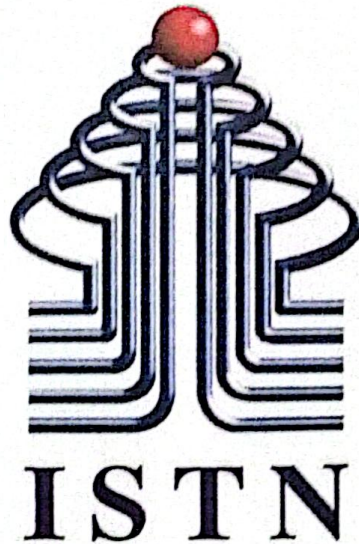


SKRIPSI
ANALISIS GAYA GESEK DUA BENDA HOMOGEN
SEBAGAI SUMBER ENERGI
(STUDI KASUS: GESEKAN RODA KERETA LISTRIK DENGAN REL)



DISUSUN OLEH:

NAMA : MURSALIM
NIM : 16211605
KONSENTRASI : KONVERSI ENERGI

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL (ISTN)
JAKARTA
2018

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
ANALISIS GAYA GESEK DUA BENDA HOMOGEN
SEBAGAI SUMBER ENERGI
(STUDI KASUS: GESEKAN RODA KERETA LISTRIK DENGAN REL)

Diajukan sebagai Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S-1)

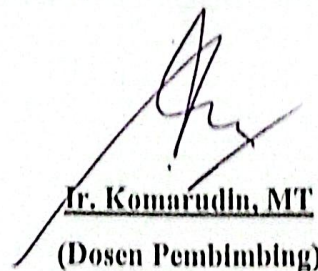
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta

Disusun Oleh:

Nama : Mursalim
NIM : 16211605
Konsentrasi : Konversi Energi

Jakarta, 26 Februari 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:


Ir. Komarudin, MT
(Dosen Pembimbing)

LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SKRIPSI
ANALISIS GAYA GESEK DUA BENDA HOMOGEN
SEBAGAI SUMBER ENERGI
(STUDI KASUS: GESEKAN RODA KERETA LISTRIK DENGAN REL)

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

Mursalim

No. Pokok: 16211605

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains dan Teknologi Nasional

Pada Hari, Senin Tanggal, 26 Februari 2018

Susunan Tim Penguji

1. KETUA : Ir. Margono Sugeng, MSc

2. ANGGOTA : Ir. Ucok Mulyo S, MT

3. ANGGOTA : Ir. Achmad Husen, MSc

.....
.....
.....

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin

Jakarta, 26 Februari 2018
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
Ir. Ucok Mulyo S. MT
Kepala Program Studi Teknik Mesin

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mursalim
NIM : 16211605
Program Studi : Teknik Mesin
Peminatan : Konversi Energi
Institusi : Institut Sains dan Teknologi Nasional
Judul Skripsi : Analisis Gaya Gesek Dua Benda Homogen Sebagai Sumber Energi (Studi Kasus: Gesekan Roda Kereta Listrik Dengan Rel)

Menyatakan bahwa skripsi yang telah saya buat ini, merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan duplikasi atau dibuatkan orang lain. Skripsi ini saya selesaikan dengan menggunakan referensi buku-buku sebagai acuan.

Apabila hasil pernyataan saya terbukti tidak benar, saya sebagai mahasiswa Institut Sains dan Teknologi Nasional bersedia menerima sanksi yang diberikan.

Jakarta, 26 Februari 2018


Mursalim
16211605

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“ANALISIS GAYA GESEK DUA BENDA HOMOGEN SEBAGAI SUMBER ENERGI (STUDI KASUS: GESEKAN RODA KERETA LISTRIK DENGAN REL)”**.

Adapun maksud dan tujuan dari pembuatan Skripsi ini ialah untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik, menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Komarudin M.T., dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Dra. B. S. Rahayu Purwanti, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dengan pembuatan ide Skripsi ini.
3. Barlin Herdian, Astri Listiani, Sikka Puriningsih, dan Ibadarrohman sebagai tim pendukung terwujudnya alat.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
5. Rekan-rekan ISTN Teknik Mesin S1 angkatan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan dan kekhilafan pada diri penulis, sehingga banyak terdapat kekurangan pada Skripsi ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat memperbaiki dan melengkapi agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik lagi di waktu yang akan datang serta berguna bagi semua pihak. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 26 Februari 2018

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, enclosed within a large, horizontal oval shape.

(Mursalim)

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Peneliitian.....	3
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Motor DC.....	6
2.2 Hubungan Kecepatan Sudut Motor dengan Kecepatan Translasi.....	7
2.3 Hubungan Kecepatan dengan Gaya Gesek.....	8
2.4 Konduktifitas Termal dengan Energi.....	10
2.5 Sensor Rotary Encoder.....	10

2.6 Minimum Sistem.....	11
2.7 Penampil Data	12
2.8 Sensor PIR (Passive Infrared)	13
BAB III METODE DAN PENGOLAHAN DATA.....	15
3.1 Metode Perancangan.....	15
3.2 Perancangan Alat.....	16
3.2.1 Deskripsi Alat.....	16
3.2.2 Blok Diagram.....	17
3.2.3 <i>Flowchart</i> Sistem Alat.....	19
3.2.4 <i>Wiring Diagram</i>	20
3.3 Alat yang Digunakan.....	20
3.4 Spesifikasi Data.....	21
3.5 Proses Pengambilan Data.....	22
BAB IV ANALISIS HASIL PENGUJIAN.....	45
4.1 Analisis Data RPM Motor CW/CCW.....	47
4.2 Analisis Data Gaya Gesek Terhadap Variasi Beban Massa.....	50
4.3 Analisa Data Hasil Sensor Suhu.....	52
BAB V KESIMPULAN.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Medan Magnet pada Motor DC.....	6
Gambar 2.2 (a) Hubungan Kecepatan Putar Motor dengan Kecepatan Linear (b) Kecepatan Putar Roda Sepusat.....	8
Gambar 2.3. (a) <i>Incremental Rotary Encoder</i> (b) piringan <i>Rotary Encoder</i>	11
Gambar 2.4 Mikrokontroler Arduino Mega.....	11
Gambar 2.5 Tampilan Karakter Huruf di LCD.....	12
Gambar 2.6 Sensor PIR.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode dan Pengolahan Data.....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan.....	16
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem.....	17
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Sistem.....	19
Gambar 3.5 Wiring Diagram.....	20
Gambar 3.6 Konstruksi Model Alat.....	22
Gambar 3.7 (a) Tampak Depan Alat.....	23
Gambar 3.7 (b) Tampak Samping Alat.....	23
Gambar 3.7 (c) Tampak Atas Alat.....	24
Gambar 3.8 (a) Diameter Ketiga Pejal.....	26
Gambar 3.8 (b) Pejal 1.....	26
Gambar 3.8 (c) Pejal 2.....	26
Gambar 3.8 (d) Pejal 3.....	26
Gambar 3.9 Pengambilan Data RPM dengan Tachometer.....	26
Gambar 3.10 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan.....	28

Gambar 3.11 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 1.....	29
Gambar 3.12 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 2.....	33
Gambar 3.13 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 3.....	35
Gambar 3.14 Pengukuran Suhu dengan <i>Infrared Temperature</i>	37
Gambar 3.15 Tampilan LCD Pengukuran Suhu dengan Pejal 1.....	38
Gambar 3.16 Tampilan LCD Pengukuran Suhu dengan Pejal 2.....	41
Gambar 3.17 Tampilan LCD Pengukuran Suhu dengan Pejal 3.....	43
Gambar 4.1 Langkah 1 dan 2 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi.....	45
Gambar 4.2 Langkah 3,4,5 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi	46
Gambar 4.3 Langkah 6,7,8,9,10 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi	46
Gambar 4.4 Grafik Nilai RPM Motor 1 dengan Arah CW/CCW.....	48
Gambar 4.5 Grafik Nilai RPM Motor 2 dengan Arah CW/CCW.....	49
Gambar 4.6 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 170 gr.....	50
Gambar 4.7 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 234 gr.....	50
Gambar 4.8 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 300 gr.....	51
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 1.....	52
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 2.....	52
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 3.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Daftar Alat yang Digunakan.....	20
Tabel 3.2 Pengujian Nilai RPM.....	27
Tabel 3.3 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 1.....	28
Tabel 3.4 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 2.....	32
Tabel 3.5 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 3.....	34
Tabel 3.6 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 1.....	38
Tabel 3.7 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 2.....	40
Tabel 3.8 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 3.....	42
Tabel 4.1 Pengujian Nilai RPM.....	47

Abstrak

Jumlah penumpang kereta api Jabodetabek (commuter line) pernah mencapai 1 juta orang per hari. Commuter line melayani 6 rute dengan 80 stasiun, padatnya jadwal kereta perlu diimbangi dengan performa kereta api salah satunya saat pengereman. Pengereman melibatkan benda berbahan logam; blok rem, roda dan lintasan (rel). Gesekan antara roda kereta dan rel saat pengereman menimbulkan energi panas. Energi yang timbul dari pengereman kereta berpeluang untuk diteliti lebih lanjut. Penulis menganalisa timbulnya energi panas sebagai energi yang terbuang saat pengereman. Proses analisa menggunakan model pengereman kereta api. Penggerak kereta api dimodelkan dengan motor Direct Current (DC), pejal baja sebagai blok rem, roda dan lintasan (rel). Sensor kecepatan terkopel dengan motor DC, hasil deteksi sensor sebagai nilai kecepatan kereta (km/jam). Pulsa luaran sensor kecepatan diinput ke kontroler Arduino Mega, bersamaan dengan mussa pejal didapatkan nilai gaya gesek (F_k) pengereman. Perubahan suhu permukaan pejal mempengaruhi besar energi yang timbul saat gesekan. Suhu pejal awal (T_0) dipengaruhi suhu ruangan dan suhu pejal setelah gesekan (T_1), perubahan suhu dikonversi ke bentuk energi. Analisa hubungan F_k dengan energi, pengujian data pada tiga jenis pejal berbeda massa. Data kecepatan dan suhu tiap pejal dibandingkan satu sama lain. Jika gaya gesek bernilai 1,864 Newton maka nilai Energi yang dihasilkan yaitu 37,31 Joule.

Kata kunci: Arduino, Energi, F_k , Pengereman, Sensor

Abstract

The number of the Jabodetabek railway (commuter line) passengers in Mei 2017 up to 1 million people. Commuter line serves 6 routes with 80 stations. The density of train schedule needs to be balanced with good performance of the train, such as braking system. The braking system involves metal objects; brake blocks, wheel and railway track. The friction between wheels of train and railway track during braking generates thermal energy. Thermal energy due to braking as research opportunity of the energy which lost. This study using train braking models. The train braking system modeled by Direct Current (DC) motor as drive, solid steel as a brake block, wheel and railway track. The speed sensor coupled with DC motor and temperature changes at solid surface detected by temperature sensor (PIR). Output speed sensor pulses are inputted to the Arduino Mega controller, as the train speed value (km/h). The mass of steel influence the friction force (F_k) that appear during braking. The PIR sensor using infrared light to obtain temperature changes of solid steel. First temperature (T_0) of solid steel is affected by room temperature. The temperature of solid steel later (T_1), ΔT ($T_1 - T_0$) converted to energy. Railway braking model using three different types mass of solid steel. Analysis relationship between F_k and energy, compares all of data from three types solid steel. If the friction force is worth 1.864 Newton then the value of energy produced is 37.31 Joule.

Keywords: Arduino, Energy, F_k , Braking, Sensor

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Moda transportasi darat Kereta Rel Listrik (KRL) Jabodetabek meningkatkan layanannya menjadi *Commuter Line* ditahun 2011. Badan Pusat Statistik menyebutkan tahun 2006 pengguna KRL Jabodetabek 8.774 orang dan 27,7 juta orang di tahun 2017. Bertambahnya penumpang menyebabkan beban gerbong meningkat, mengurangi laju kereta dan meningkatkan gaya gesek akibat pengereman. Pengereman pada KRL berkaitan dengan bagian berbahan logam: blok rem; roda; dan rel/lintasan kereta. Akibat gaya gesek saat pengereman (roda dan rem), menyebabkan terjadinya perubahan suhu. Percikan api kerap timbul akibat energi panas gesekan blok rem dengan roda KRL. Kualitas blok rem KRL juga mempengaruhi suara bising yang timbul saat pengereman. Suara bising sebagai polusi udara berpeluang mengganggu kesehatan pendengaran. Panas dan suara bising merupakan hasil energi akibat pengereman. Energi panas yang terbuang melalui pengereman berpeluang untuk diteliti dan dikembangkan. Penelitian dimodelkan dengan gesekan dua buah logam homogen. Sumber energi panas hasil gesekan dapat dimanfaatkan sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT).

Pengereman kereta terbagi menjadi rem udara tekan dan rem udara tekan otomatis. Pengereman berkaitan dengan gaya gesek, panas yang ditimbulkan, dan kebisingan yang dihasilkan. Kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api saat melintas di atas rel meliputi suara mesin, klakson, dan gesekan antara roda dengan rel. Gesekan pada saat pengereman terjadi, menimbulkan perubahan energi kinetik menjadi panas (Lutiyatmi dan Tri Daryanto, 2013). Energi panas dari gesekan tersebut dapat dijadikan energi baru terbarukan. Motor *Direct Current* (DC) sebagai penggerak laju benda dapat diatur kecepatannya. Kecepatan

motor DC diatur berdasarkan arah gerak putarnya *Clock Wise* (CW) dan *Counter Clock Wise* (CCW) atau besaran nilai kecepatannya.

Energi panas hasil gaya gesek antara dua buah logam penting diteliti. Pemanfaatan energi panas yang terbuang akibat gesekan dapat disimpan/dikembangkan. Gaya gesek antara dua logam dimodelkan dengan pejal homogen sebagai roda kereta (Motor CW), rem (Motor CCW) dan lintasan. Gaya gesek timbul akibat gerakan tiap motor DC secara CW dan CCW. Gaya gesek yang ditimbulkan dapat dikembangkan menjadi energi baru terbarukan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mendeteksi suhu di sekitar motor DC menggunakan sensor suhu. Pemodelan sistem pengereman kereta ini menggunakan motor DC sebagai penggerak dan Arduino Mega sebagai pengolah data. Data berupa kecepatan translasi motor, gaya gesek, dan energi dapat ditampilkan di LCD. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa; gaya gesek mempengaruhi energi panas yang ditimbulkan akibat pengereman.

2. Perumusan Masalah

Pengereman kereta rel listrik menimbulkan gaya gesek antara roda dan relnya. Gaya gesek antara roda dan rel yang terus menerus dapat menimbulkan energi. Energi didapat dari panas yang timbul saat roda dan rel bergesekan. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk membuktikannya dengan membuat pemodelan pengereman kereta. Model pengereman menggunakan pejal sebagai roda dan rel.

3. Batasan masalah

- a. Instalasi dua motor DC sebagai penggerak.
- b. Menghitung kecepatan putar motor 1 dan 2.
- c. Membandingkan kecepatan putar motor 1 dan 2 dengan gerak berlawanan arah.
- d. Menghitung gaya gesek dua logam sejenis dengan kecepatan berlawanan arah.
- e. Mendeteksi perubahan suhu yang timbul akibat gaya gesek dua logam.
- f. Memprediksi energi yang dihasilkan dari gesekan logam sejenis.

g. Metode Analisis nilai korelasi linear

4. Tujuan

Menganalisis gaya gesek dua logam sejenis untuk memprediksi besar energi yang dihasilkan sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT).

5. Metodologi

Artikel ilmiah yang membahas tentang sistem pengereman telah dipelajari untuk menelusuri data dari penelitian sebelumnya. Selain itu, artikel lain yang dipelajari yaitu tentang gaya gesek yang ditimbulkan akibat pengereman, dan energi panas yang dapat dijadikan sumber EBT. Beberapa metode dalam penelitian ini adalah:

a. Perancangan

1. Menentukan dimensi dari pemodelan sistem pengereman kereta
2. Merencanakan *display* pada LCD berupa nilai kecepatan kedua motor DC dan energi yang dihasilkan
3. Mendesain pemodelan sistem pengereman kereta api; letak motor DC yang dijadikan roda kereta, rem dan lintasannya
4. Memasang sensor suhu (*infrared*) pada lintasan

b. Realisasi Alat

1. Menginstalasi motor DC, mikrokontroler, sensor suhu dan LCD
2. Membuat program untuk pengukuran kecepatan motor DC
3. Membuat program untuk pengukuran perubahan suhu yang ditimbulkan akibat gesekan
Menguji hasil deteksi dan konversi
4. Penyempurnaan/perealisasi sistem

c. Pengujian Alat

1. Uji elektrik

Setiap *hardware* diuji menggunakan alat pengukur, pengujian tersebut dilakukan dengan metode-metode berikut:

- a) Mengukur output *power supply* (5V) sesuai kebutuhan alat
- b) *Rotary Encoder, infrared, step down converter, adjustable* dan Arduino Mega, sensor suhu diuji menggunakan catu daya dan voltmeter.

Saat *hardware* tidak berfungsi dengan baik, maka identifikasi masalah tersebut dengan pengecekan terhadap tegangan input dan output *hardware*, apabila terjadi kerusakan dilakukan penggantian *hardware* baru.

2. Uji mekanik

Pengujian mekaniknya dengan menguji kecepatan putar, arah putar motor DC, dan gesekan logam sejenis

d. Pengukuran dan Pengambilan Data

Dilakukan dengan cara observasi dan didapat dari hasil pengujian rancang bangun alat. Data berupa kecepatan translasi motor, gaya gesek dan energi yang ditimbulkan dapat ditampilkan di LCD.

e. Analisis Data

Data berupa kecepatan translasi motor didapat untuk menentukan gaya gesek logam sejenis. Data perubahan suhu yang ditimbulkan akibat gesekan untuk menentukan energi yang dihasilkan. Gaya gesek logam sejenis dapat dianalisis hubungannya dengan energi yang ditimbulkan akibat pengereman.

f. Pelaporan

Penulisan laporan disesuaikan dengan pedoman penulisan skripsi dan sesuai dengan arahan pembimbing.

6. Sistematika Penulisan

Untuk lebih mudah memahami isi tulisan maka penulisan skripsi disusun dalam urutan penulisan yang sistematis, yang terbagi kedalam lima bab yaitu:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab I pendahuluan berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan serta sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab II landasan teori berisi tinjauan pustaka, dasar teori dalam merancang **“ANALISIS GAYA GESEK DUA BENDA HOMOGEN SEBAGAI SUMBER ENERGI (STUDI KASUS: GESEKAN RODA KERETA LISTRIK DENGAN REL)”**.

BAB III. METODE DAN PENGOLAHAN DATA

Bab III menjelaskan proses-proses yang dilakukan dalam pembuatan rancang bangun alat, dimulai dari perencanaan konsep desain, pembuatan alat dan cara pengoperasiannya.

BAB IV. ANALISA HASIL

Bab IV berisi data hasil pembuatan dan pengujian rancang bangun alat.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari pelaksanaan perancangan dan pembuatan alat, untuk mengembangkan perencanaan selanjutnya.

REFERENSI

Memuat daftar literatur yang digunakan dalam penyusunan skripsi.

LAMPIRAN

Memuat data penunjang yang tidak representatif jika disajikan dalam teks utama.

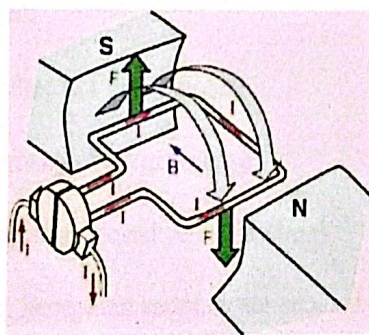
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengereman pada KRL berkaitan dengan bagian berbahan logam: blok rem; roda; dan rel/lintasan kereta. Akibat gaya gesek saat pengereman (roda dengan rem) dan (roda dengan rel), menyebabkan terjadinya perubahan suhu. Perubahan suhu dapat dikonversi menjadi sumber energi. Studi kasus ini memerlukan pustaka pendukung dalam pembuatan analisis gaya gesek sebagai sumber energi. Pemodelan menggunakan motor DC, sensor *Rotary Encoder*, Arduino Mega, dan lain-lain. Konfigurasi tiap perangkat dipelajari dan ditelusuri antara lain:

2.1 Motor DC

Sumber tegangan searah pada koil kumparan motor DC menimbulkan medan magnet. Perubahan arah medan menimbulkan polaritas gaya magnet (Gambar 2.1) yang menyebabkan perubahan energi listrik menjadi energi mekanik¹. Kecepatan motor DC diatur berdasarkan arah gerak putarnya (CW/CCW) atau besaran nilai kecepatannya².



Keterangan Gambar 2.1:

- N= Kutub Utara Magnet
- S= Kutub Selatan Magnet
- B= Medan Magnet (T)
- I= Arus (A)
- F= Gaya (N)

Gambar 2.1 Medan Magnet pada Motor DC

Sumber: <https://perangkatelektronik.wordpress.com>

¹ N, Nalaprana dan Sri A. 2015. "Analisa Motor DC Sebagai Penggerak Mobil Listrik". *Jurnal Mikrokontroler, Robotika, Telekomunikasi dan Informasi, Tenaga Listrik (Mikrotiga)*. vol. 2, no.1, 28-34, ISSN: 2355 - 0457

² Hidayati, Qory. 2012. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Poltekba* 2012, Hal. 2.

2.2 Hubungan Kecepatan Sudut Motor dengan Kecepatan Translasi

Berdasarkan lintasannya, benda bergerak dibedakan menjadi tiga yaitu benda bergerak pada garis lurus (linear), gerak parabola, dan benda bergerak pada garis melingkar (berputar). Gerak melingkar beraturan, kecepatan sudut untuk selang waktu yang sama selalu konstan. Kecepatan sudut (ω) didefinisikan sebagai besar sudut yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Kecepatan linier (v) merupakan arah garis singgung lingkaran pada titik-titik, salah satunya titik A (Gambar 2.2a). Selain itu, kecepatan sudut memiliki arah ke atas, tegak lurus bidang lingkaran. Jika posisi sudut sangat kecil, yaitu $\Delta\theta$ lintasan busurnya (Δs) juga sangat kecil. Sehingga didapat (2.1)

$$\Delta s = \Delta\theta \cdot R \quad (2.1)$$

Kecepatan sudut dapat dikonversi menjadi kecepatan linear (2.2). Besarnya nilai R pada putaran berpengaruh terhadap kecepatan linear (Gambar 2.2a)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta s}{\Delta t} &= \frac{\Delta\theta \cdot R}{\Delta t} \\ v &= \omega \cdot R \end{aligned} \quad (2.2)$$

Keterangan:

Δs = Perubahan Posisi (meter)

R = Jari-Jari (meter)

Δt = Perubahan Waktu (sekon)

v = Kecepatan Linear (m/s)

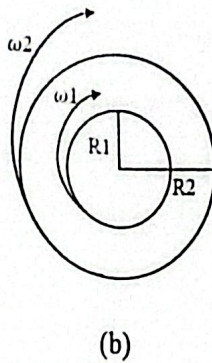
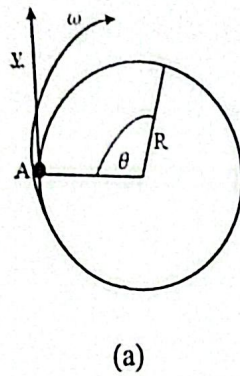
$\Delta\theta$ = Perubahan posisi sudut (Radian)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

Hubungan kecepatan sudut motor sebagai penggerak roda yang sepusat (Gambar 2.2b) nilai kecepatan putarnya sama (2.3) tetapi kecepatan linearnya berbeda (2.4)

$$\omega_1 = \omega_2 \quad (2.3)$$

$$\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2} \quad (2.4)$$



Keterangan Gambar 2.2:

R = Jari-Jari (meter)

v = Kecepatan Linear (m/s)

θ = Posisi Sudut (radian)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

Gambar 2.2 (a) Hubungan Kecepatan Putar Motor dengan Kecepatan Linear

(b) Kecepatan Putar Roda Sepusat

2.3 Hubungan Kecepatan dengan Gaya Gesek

Gaya gesek merupakan gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek timbul apabila dua buah benda bersentuhan³. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya gaya gesek statis dan kinetis. Gaya gesek kinetis atau dinamis (F_k) adalah gesekan yang terjadi ketika dua benda bergerak relatif satu sama lainnya dan saling bergesekan. Gaya gesek kinetis terjadi saat benda dalam keadaan bergerak.

$$F_k = \mu_k \cdot N \quad (2.5)$$

Keterangan:

F_k = Gaya gesek kinetis maksimum (Kgf atau N)

μ_k = Koefisien gesekan kinetis (tanpa satuan)

N = Gaya normal

³ Fitrianto, M. Bahar., Darmanto, Imam Syafa'at. 2015. Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja ST 37 pada Bidang Miring terhadap Viskositas Pelumas dan Kekasaran Permukaan. Momentum, Vol.11, No.1, April 2015, Hal. 13-18, ISSN: 0216-7395, e-ISSN 2406-9329.

Roda kereta berputar dengan radius tertentu, terdapat salah satu gaya yang bekerja pada kereta berupa gaya sentrifugal. Berikut merupakan rumus yang menggambarkan gaya sentrifugal (linier) pada kereta⁴.

$$F = \frac{mv^2}{R} \quad (2.6)$$

Selain gaya sentrifugal, roda kereta juga mengalami gaya akibat rotasi. Penurunan rumus dari persamaan 3 menjadi persamaan 4.

$$F = \frac{I\omega^2}{R} \quad (2.7)$$

$$F = k m \omega^2 R \quad (2.8)$$

Ditinjau gerak translasi pada bola yang bergerak pada lintasan lurus, dengan asumsi bahwa semua gaya luar bekerja di pusat massa bola maka hukum II Newton menjadi seperti persamaan 5.

$$\Sigma F_x = ma$$

$$F - F_k = ma$$

$$F - F_k = I\alpha \quad (2.9)$$

Keterangan:

F = Gaya (N)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

m = Massa (kg)

I = Momen inersia (kg m²)

v = Kecepatan (m/s)

k = konstanta inersia

R = Jari-jari (m)

α = percepatan sudut (rad/s²)

⁴ Valentino, Jean Mario. 2015. *Analisa Resistance, Tractive Effort dan Gaya Sentrifugal pada Kereta Api Taksaka di Tikungan Karangandul*. Jurnal Puspitek Serpong. Volume 1 Nomor 1, April 2015.

2.4 Konduktifitas Termal dengan Energi

Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas (termal)⁵, nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir. Misalnya selembar pelat memiliki tampang lintang A dan tebal Δx , kedua permukaannya dipertahankan pada suhu yang berbeda. Kemudian, dilakukan pengukuran panas Q yang mengalir tegak lurus terhadap permukaan selama waktu t.

$$\frac{Q}{t} = kA \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (2.10)$$

Keterangan:

Q = Energi (J)

k = Konduktivitas termal (W/m °C)

t = Waktu (s)

T = Suhu (°C)

A = Luas penampang lintang (m²)

L = Panjang (m)

2.5 Sensor *Rotary Encoder*

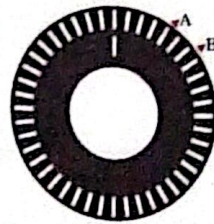
Rotary Encoder (Gambar 2.3a) mendeteksi kecepatan motor. Pulsa yang dihasilkan merupakan representasi ruang gelap/hitam (*high voltage*) dan ruang terang/putih (*low voltage*). Pulsa tersebut diindikasikan sebagai gerakan motor yang dideteksi melalui celah pada piringan modul sensor *Rotary Encoder* (Gambar 2.3b)⁶.

⁵ Astuti, Imin Agustina Dwi. 2015. Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan dan Besi dengan Metode Gendongan. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6 2015, ISSN: 2302-7827 Volume 6 Nomor 1 2015.

⁶ Santoso, Amien., Eru Puspita dan Ressa Akbar. 2010. Argometer pada Ojek Motor Berbasis Mikrokontroler. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya, Hal 2



(a)



(b)

Keterangan Gambar 2.3:

A= celah gelap piringan

Rotary Encoder

B= celah terang piringan

Rotary Encoder

Gambar 2.3. (a) *Incremental Rotary Encoder*

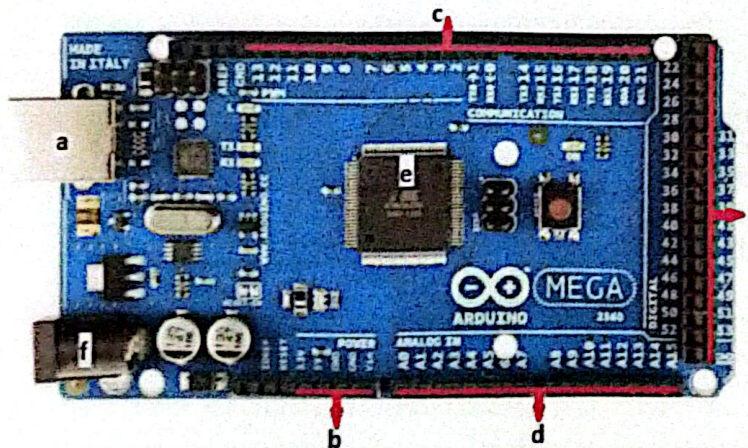
(b) piringan *Rotary Encoder*

Sumber: <http://www.directindustry.com/prod/us-digital/product>

Ketika benda berputar terhadap celah piringan *Rotary Encoder* menimbulkan efek cahaya gelap-terang secara bergantian sehingga menimbulkan pulsa digital sebagai keluaran sensor.

2.6 Minimum Sistem

Mikrokontroler Arduino Mega (lihat gambar 2.4) *compatible* dan fleksibel terhadap *open source software Integrated Development Environment (IDE)*. Arduino Mega diprogram dengan *software IDE*, hasil pemrograman di-*upload* ke memori mikrokontroler⁷.



Keterangan:

- a. Port koneksi ke PC
(*Personal Computer*)
- b. Pin Power
- c. Pin Input dan Output
- d. Pin Analog
- e. *Chip* ATmega 2560
- f. Port Catu Daya

Gambar 2.4. Mikrokontroler Arduino Mega

Sumber: <https://www.electroschematics.com/7963/arduino-mega-2560-pinout/>

⁷ Sidehahi, Sitti Wetenriajeng., St Nurhayati Jabir. 2014. Pengontrolan Genset Jarak Jauh Melalui *Website* Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560-16AU. Seminar Nasional ke-9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta 249.

Penjelasan singkat:

Port berfungsi untuk koneksi mikrokontroler Arduino Mega 2560 ke PC (*Personal Computer*) melalui kabel USB. Arduino Mega 2560 dilengkapi 54 pin digital input/output dan 15 pin diantaranya sebagai output digital *Pulse Width Modulation* (PWM)⁸. Catu daya eksternal (otomatis) mensuplai tegangan mikrokontroler Arduino Mega melalui adaptor/baterai. Adaptor dikoneksikan dengan *plug jack* berdiameter 2.1 mm ke sumber tegangan. Pin output harus stabil, tegangan yang disarankan 6V - 20V.

2.7 Penampil Data

LCD merupakan *display dot matrix* (Gambar 2.5) untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf. Karakter huruf dan angka pada layar LCD mempermudah penyampaian informasi tertentu.



Gambar 2.5 Tampilan Karakter Huruf di LCD

Sumber: <http://arduino-projects-cool.blogspot.co.id/2013/10/arduino-lcd-i2c-tutorial-ywrobot.html>

Ukuran tampilan LCD 4x20 mengartikan 4 baris x 20 kolom (kapasitas karakter yang muncul). Instalasi LCD, perlu mengkonfigurasi pin-pin LCD dengan mikrokontroler. Pin-

⁸ Peryoga, Laksana Widya., Ir. Retnowati, M. T., Dr. Ir. Bambang Siswoyo M.T. 2014. Pengendalian Suhu Kelembaban Ruang Ekstraksi Metode Maserasi Minyak Atsiri Melati Kontroler PID berbasis Arduino Mega. Jurnal Penelitian Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

pin tersebut diantaranya D0-D7, *Read/Write*, *Register selector* dan *chip enable*⁹. *Inter Integrated Circuit* (I2C) standar komunikasi serial dua arah yang didesain khusus untuk mentransmisikan maupun menerima data.

2.8 Sensor PIR (*Passive Infrared*)

Sensor PIR (*Passive Infrared*) merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi suhu. Sesuai namanya, *Passive Infrared*, sensor ini bersifat pasif (Hartika, 2013). Sensor ini menerima sinyal infrared yang dipancarkan oleh suatu objek (dalam hal ini pejal). Saat ini dipasaran banyak terdapat jenis sensor PIR (Gambar 2.6), seperti halnya peralatan elektronik yang lainnya, harganya tergantung dari negara pembuat, kualitas dan juga merk-nya.



Gambar 2.6. Sensor PIR

Sumber: <https://widuri.raharja.info/index.php/SI1233473132>

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor PIR:

1. Tegangan operasi 4.7 – 10 Volt
2. Resolusi pengukuran yaitu 0,02°C
3. Suhu yang dideteksi antara -70 – 38°C
4. Jangkauan deteksi 5 meter
5. Kecepatan deteksi 0.5 detik

⁹ Hartika, Ruri Zain. 2013. Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor *Passive Infra Red* (PIR) Dilengkapi Kontrol Penerangan pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dan Real Time Clock. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan, ISSN: 2086 – 4981 Vol. 6 No. 1, Hal 146-162.

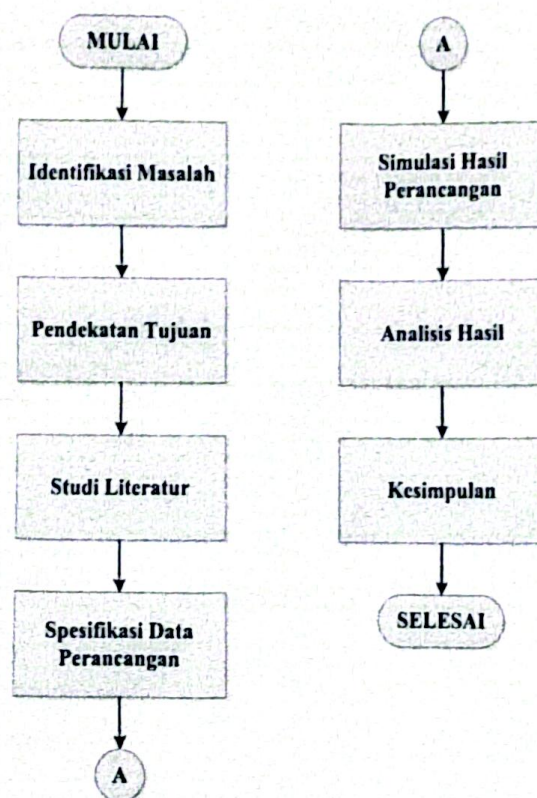
Selain itu, sensor PIR juga sangat mudah digunakan karena hanya menggunakan dua pin I/O sebagai penerima informasi sinyal gelombang infra merah yang dapat dihubungkan ke Mikrokontroler.

BAB III

METODE DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Metode Perancangan

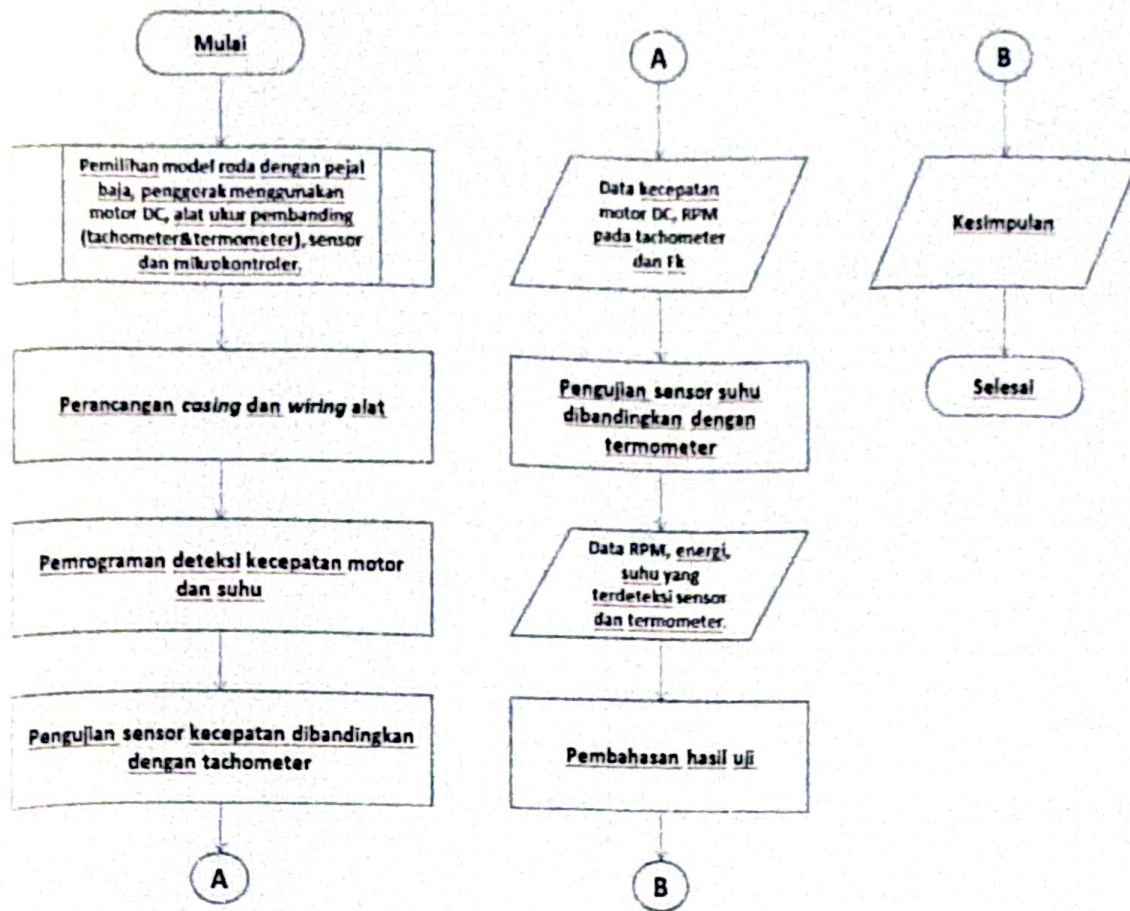
Metode perancangan dan pengolahan data sebaiknya terstruktur dengan baik. Hal ini bertujuan supaya hasil pengolahan datanya sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut ini merupakan diagram alir dari metode dan pengolahan data (Gambar 3.1):



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode dan Pengolahan Data

Studi kasus gesekan roda kereta dengan rel didukung dengan model pengereman yang tepat. Motor 1 dimodelkan sebagai roda, nilai RPM lebih besar dari motor 2 sebagai rem. Ketelitian dan perencanaan yang matang penting pada proses perancangan model pengereman kereta. Komponen-komponen elektronika diintegrasikan dan instruksi program

disisipkan ke kontroler sistem sesuai rancangan. Berikut diagram alir perancangan model pengereman kereta api (Gambar 3.2);



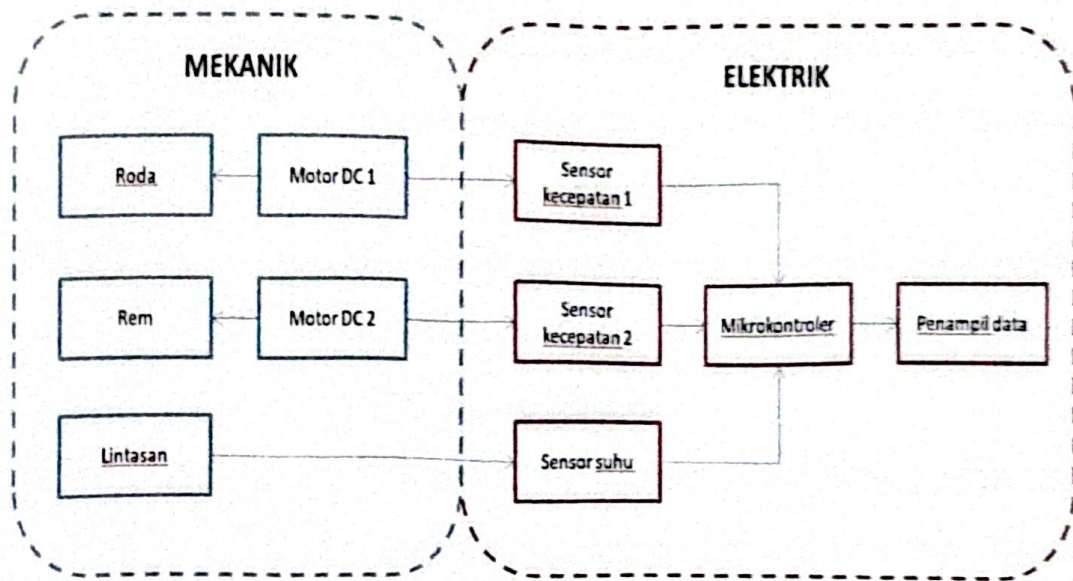
Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan

3.2 Perancangan Alat

3.2.1 Deskripsi Alat

- a) Nama Alat : Model pengereman kereta menggunakan dua pejal homogen dan motor DC sebagai penggerak, roda, blok rem dan lintasan (rel).
- b) Fungsi Alat : Analisis energi panas yang terbuang disekitar permukaan pejal (model lintasan) saat pengereman.

3.2.2 Blok Diagram



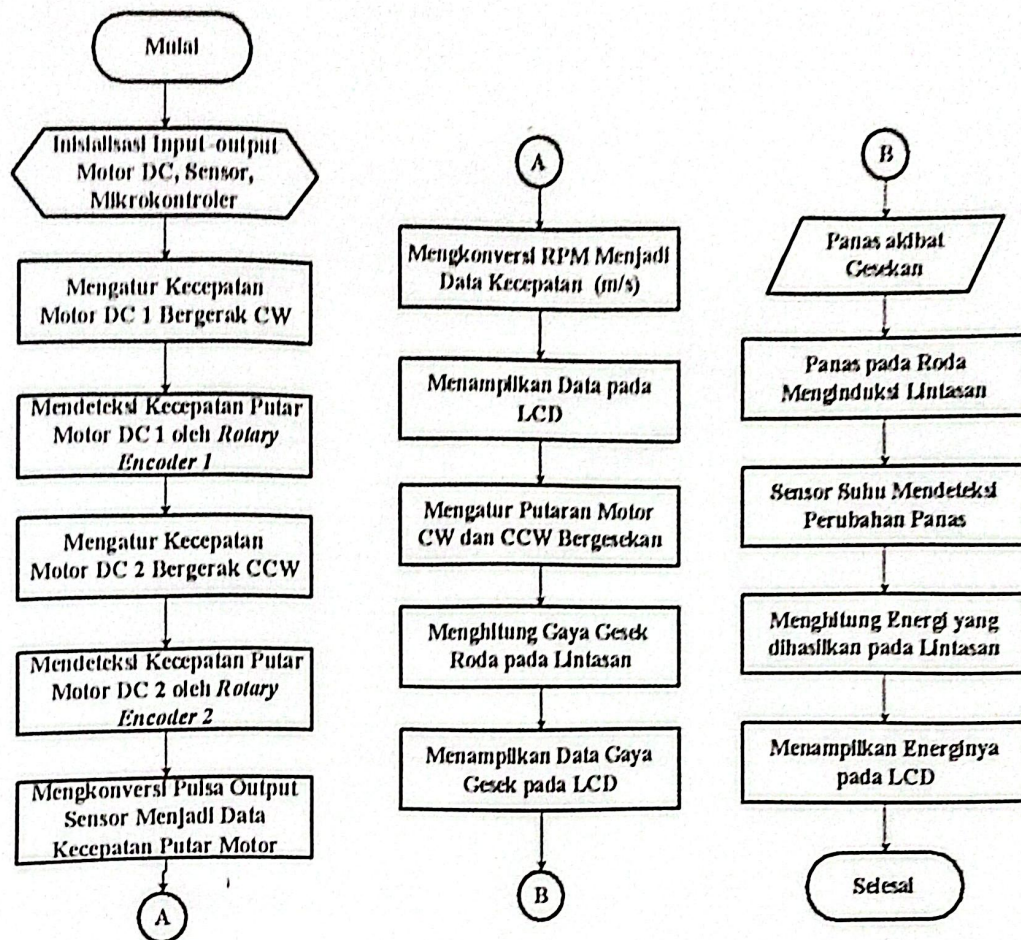
Gambar 3.3 Blok Diagram Alat

Penjelasan dari blok diagram (Gambar 3.3)

- Roda : Analisa ini menggunakan logam (pejal) homogen sebagai model roda, blok rem dan jalur lintasan (rel). Pejal dikopel dengan as motor DC, berputar sesuai kecepatan putar motor.
- Rem : Pemodelan blok rem kereta menggunakan pejal yang berputar berlawanan arah dengan model roda.
- Motor DC 1&2 : Penggerak yang digunakan untuk analisa gaya gesek pejal adalah motor DC. Motor DC 1 bergerak *clock wise* dan motor DC 2 *counter clock wise*. Kecepatan motor dapat diatur dengan *adjuster*.
- Sensor kecepatan 1&2 : Kecepatan putar dideteksi sensor kecepatan (*rotary encoder*) motor DC. Luaran sensor (pulsa) diinput ke mikrokontroler sebagai nilai kecepatan.

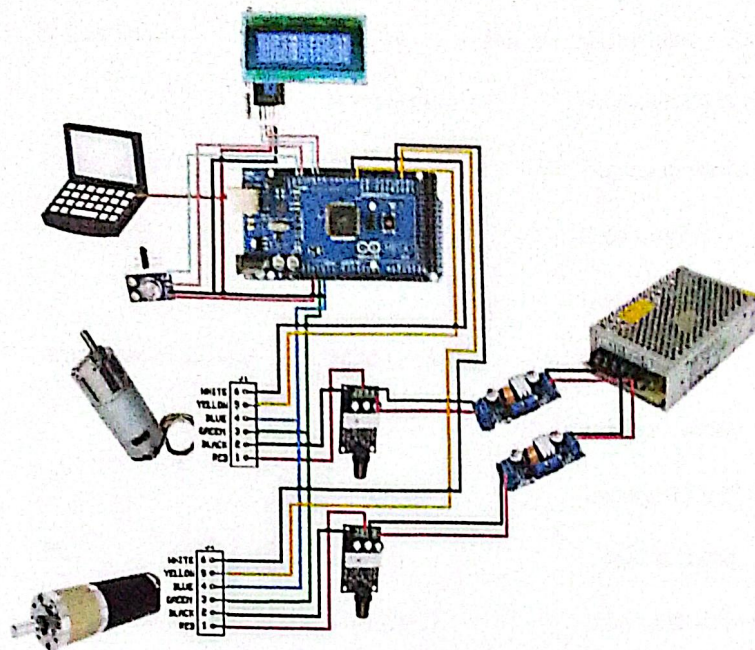
- Sensor suhu** : Jenis sensor suhu yang digunakan adalah *Passive Infrared* (PIR). Gelombang cahaya inframerah timbul disekitar pejal yang berputar. Panas yang timbul dari sinar inframerah dikonversi menjadi suhu yang timbul dipermukaan pejal.
- Penampil data** : LCD 4x20 berfungsi sebagai penampil data suhu, kecepatan dan energi. Penggunaan I2C berfungsi sebagai komunikasi serial LCD dengan mikrokontroler.
- Mikrokontroler** : Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega, data kecepatan dan suhu diproses. Proses konversi data, formula-formula perhitungan disisipkan pada program arduino. Hasil deteksi dan konversi ditampilkan ke LCD.

3.2.3 Flowchart Sistem Alat



Gambar 3.4 Flowchart Sistem

3.2.4 Wiring Diagram



Gambar 3.5 Wiring Diagram

3.3 Alat yang digunakan

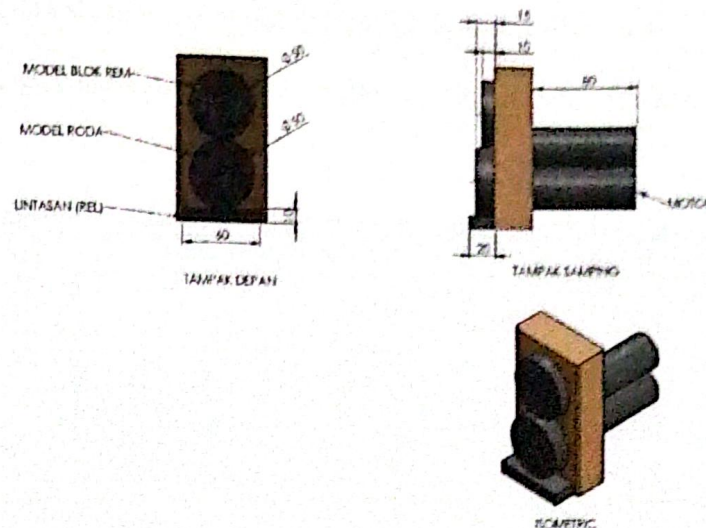
Tabel 3.1 Daftar Alat yang Digunakan

No	Nama Alat	Jenis/Merk	Fungsi
1.	Motor DC <i>with encoder</i>	6-15V Gear Motor <i>with Encoder</i>	Memodelkan rem pada kereta api
2.	Motor DC <i>with encoder</i>	24V Gear Motor <i>with Encoder</i>	Memodelkan kecepatan gerak translasi pada kereta
3.	Mikrokontroler Arduino Mega	Arduino Mega 2560 R3 <i>with</i> ATmega 16u2	Pengkonversi data kecepatan putar motor, suhu, dan pengolah data

			sensor menjadi gaya gesek dan energi
4.	Sensor suhu	GY-906 <i>Infrared</i> <i>Temperature</i>	Mendeteksi suhu pada lintasan (rel) kereta api
5.	<i>Power supply</i>	24V, 3 A	Tegangan sumber
6.	<i>Adjustable</i>	Potensio	Pengkondisi kecepatan motor
7.	<i>Stepdown converter</i>	24 V to 15 V	Menurunkan tegangan sumber sesuai kebutuhan tegangan input motor
8.	PC	Laptop	Serial monitor
9.	<i>Thermometer Digital</i>	GM320 IR <i>Thermometer</i>	Alat ukur suhu sebagai pembanding

3.4 Spesifikasi Data

Spesifikasi data yang digunakan adalah data kuantitatif dengan data diskrit. Data disajikan kedalam dua tabel; tabel pengujian sensor kecepatan dan tabel pengujian sensor suhu. Tabel pengujian sensor kecepatan dengan kolom; tegangan (v) input motor 1 dan 2 konstan, RPM motor 1, RPM motor 2, tachometer motor 1 (RPM), tachometer motor 2 (RPM), kecepatan motor 1 (v) m/s, kecepatan motor 2 (v) m/s dan gaya gesek (F_k). Tabel pengujian sensor suhu dengan kolom; RPM 1, RPM 2, waktu (s) pengereman konstan di berbagai nilai kecepatan, sensor suhu (T_0 dan T_1), suhu terdeteksi termometer (T_0 dan T_1), nilai *error* dan energi. Berikut ini merupakan gambar konstruksi dari pemodelan pengereman kereta (Gambar 3.6):



Gambar 3.6 Konstruksi Model Alat

3.5 Proses Pengambilan Data

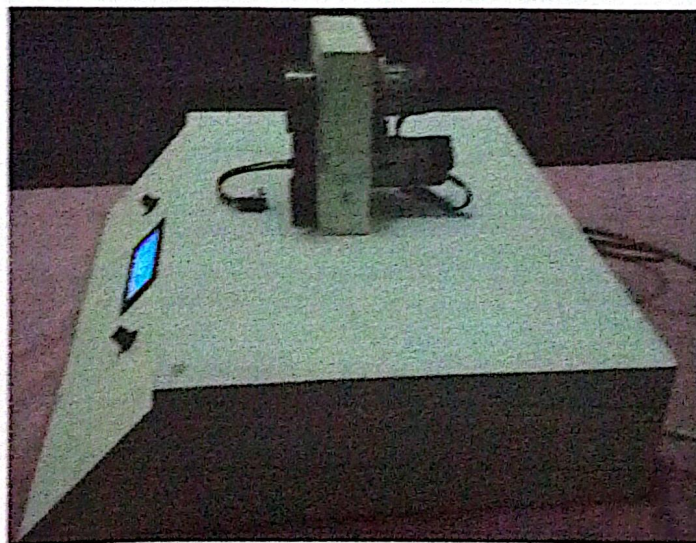
Panas yang timbul akibat gesekan berhubungan dengan nilai energi yang terbuang. Pemodelan menggunakan kontroler Arduino Mega dan diprogram dengan *software* arduino. Dua motor DC yang terkopel pejal, saling berputar berlawanan arah dan kecepatannya berbeda-beda. Hal ini untuk mendapatkan efek pengereman, hingga salah satu pejal (sebagai roda) berhenti. Pejal pada motor DC lainnya berfungsi sebagai blok rem dengan putaran lebih lambat dari pejal roda. Panas yang terdeteksi sensor PIR dikonversi kontroler ke energi. Penulis menganalisa nilai suhu sebagai energi yang terbuang akibat gesekan dua pejal homogen. Proses pengambilan data alat ini melalui beberapa tahap pengujian.

Target dari pengujian model pengereman kereta adalah data hasil pengukuran akurasi dan presisi. Pengujian terhadap cara kerja alat dan sistem untuk memastikan fungsi modul pendeteksi kecepatan dan suhu telah sesuai dengan perancangan sehingga model pengereman dapat direalisasikan. Tahapan pengujiannya; menghitung mengukur kecepatan (RPM), mencatat besaran kecepatan hasil deteksi sensor *rotary encoder*, mengukur

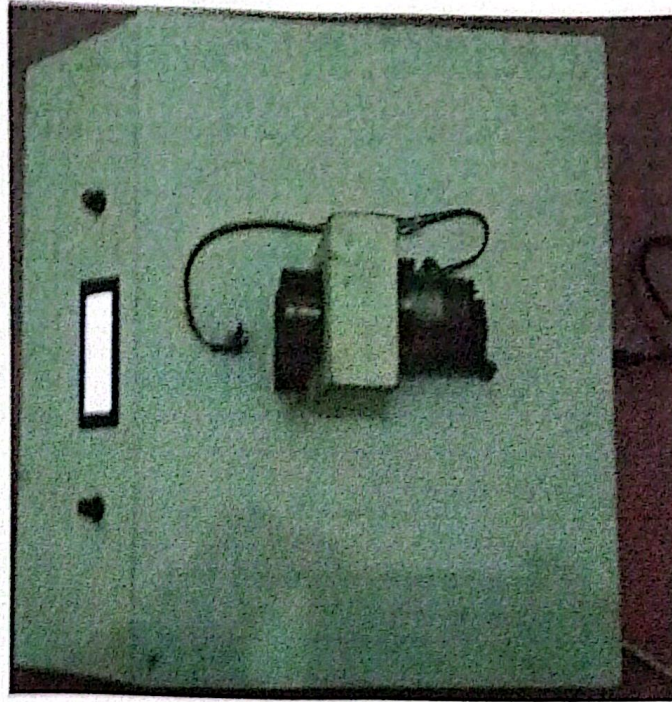
perubahan suhu, dan menghitung energi dan gaya gesek yang ditimbulkan. Variabel-variabel yang dapat terukur diuji berdasarkan teori perhitungan atau perbandingan dengan alat ukur.



Gambar 3.7 (a) Tampak Depan Alat



Gambar 3.7 (b) Tampak Samping Alat



Gambar 3.7 (c) Tampak Atas Alat

A. Pengujian Sensor Kecepatan

Tegangan output sensor berupa pulsa digital. Pulsa yang dihasilkan merupakan representasi ruang gelap/hitam (*high voltage*) dan ruang terang/putih (*low voltage*). Pulsa tersebut diindikasikan sebagai gerakan motor yang dideteksi melalui celah pada piringan modul sensor. Perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa atau nilai lebar pulsa positif. Besarnya RPM pada motor dapat diukur menggunakan *Tachometer*.

1) Tujuan Pengujian

Membandingkan output sensor *rotary encoder* (pulsa) dan pengukuran RPM dengan tachometer.

2) Target Pengujian

- a. Hasil pengukuran nilai output sensor *rotary encoder* berbanding terbalik terhadap nilai RPM.

- b. Nilai RPM yang tertampil relatif sama dengan pengukuran menggunakan *tachometer*.

3) Lokasi Pengujian

Lokasi : Jl. Gongseng Raya
Tanggal Pelaksanaan : Sabtu, 30 Desember 2017
Pelaksana : Mursalim

4) Langkah-langkah Pengujian

- a. Sambungkan *power supply* ke listrik AC
- b. Atur tegangan input motor 1 sebagai roda (24V) dan motor 2 sebagai rem (15V) melalui *step down converter*.
- c. Putar *adjustable* modul untuk mendapatkan beberapa *sample* nilai RPM motor 1 dan 2.
- d. Bandingkan nilai RPM 1 dan 2 dengan nilai RPM yang terukur tachometer.
- e. Nilai kecepatan (hasil konversi dari RPM) dan massa pejal mempengaruhi gaya gesek (F_k) yang timbul antara rel dan roda.
- f. Pengujian sensor kecepatan menggunakan tiga pejal yang massa dan ketebalan yang berbeda, sedangkan ketiga diameternya 5 cm (Gambar 3.8 (a)); pejal 1 mempunyai massa 170 gram dan tebal 1 cm (Gambar 3.8 (b)), pejal 2 mempunyai massa 234 gram dan tebal 1,5 cm (Gambar 3.8 (c)) sedangkan pejal 3 mempunyai massa 300 gram dan tebal 2 cm (Gambar 3.8 (d)).



Gambar 3.8 (a) Diameter Ketiga Pejal



Gambar 3.8 (b) Pejal 1



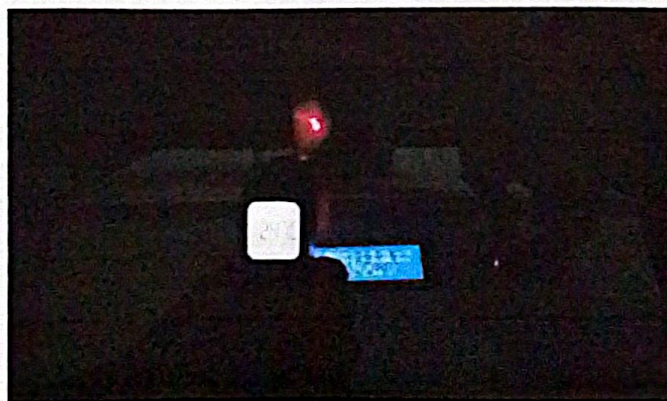
Gambar 3.8 (c) Pejal 2



Gambar 3.8 (d) Pejal 3

5) Data Hasil Pengujian Sensor Kecepatan

- a. Pengujian sensor kecepatan dilakukan ketika pemodelan pengereman kereta telah selesai dirancang. Data hasil pengujian output sensor *rotary encoder* (Tabel 3.2, 3.3, 3.4, dan 3.5) sebagai berikut:



Gambar 3.9 Pengambilan Data RPM dengan Tachometer

Tabel 3.2 Pengujian Nilai RPM

Waktu (s)	Tegangan Input (V)	<i>Clock Wise (CW)</i>		<i>Counter Clock Wise (CCW)</i>	
		RPM Motor	RPM Motor	RPM Motor	RPM Motor
		1	2	1	2
0	0	0	0	0	0
5	3	75	40	75	40
10	3	74	41	75	41
15	6	167	86	167	86
20	6	167	84	167	85
25	9	250	131	250	131
30	9	249	133	250	133
35	10	278	148	278	148
40	10	277	146	277	146
45	12	334	178	333	178
50	12	334	177	334	178
55	14	399	211	398	211
60	14	399	211	399	211

Berikut ialah rumus RPM motor diubah ke kecepatan (m/s):

$$v = \omega \cdot R$$

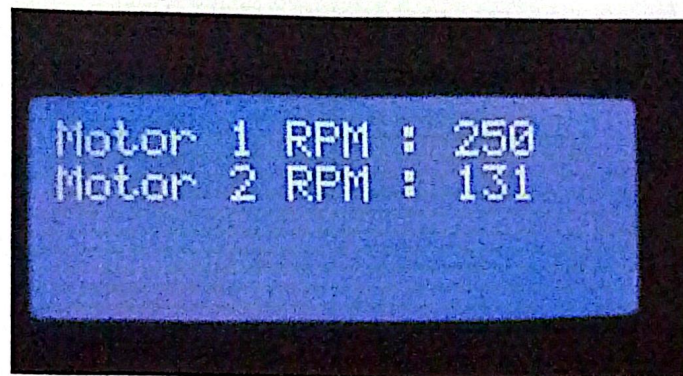
$$v = \frac{2\pi}{60} \cdot RPM \cdot R$$

Keterangan:

v = Kecepatan (m/s)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

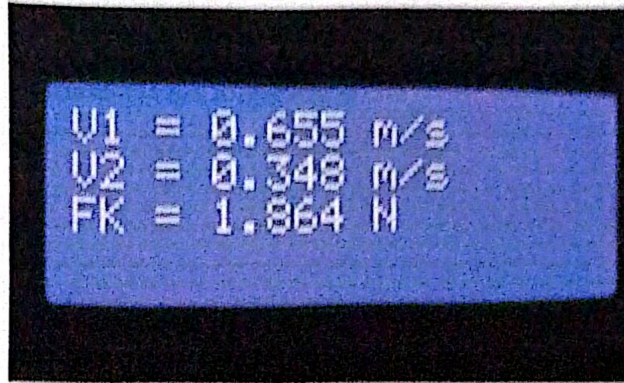
R = Jari-jari (m)



Gambar 3.10 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan

Tabel 3.3 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 1

No.	Tegangan Input (V)	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Tachometer 1 (RPM)	Tachometer 2 (RPM)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	Fk (N)
1.	3	75.1	40	74.8	39.7	0.197	0.105	0,168
2.	3	74.9	40	74.6	40.1	0.196	0.105	0,167
3.	6	167.1	86.1	167.2	86.2	0.437	0.225	0,845
4.	6	167.1	84.3	167.1	84.1	0.437	0.221	0,853
5.	9	250.3	131.3	250.1	130.9	0.655	0.344	1,879
6.	9	250.2	133.1	250	112.9	0.655	0.348	1,864
7.	10	277.7	148.1	278,1	148.2	0.727	0.388	2,294
8.	10	277.9	146.7	277,3	146.5	0.727	0.384	2,309
9.	12	334.2	178.3	333.9	177.9	0.874	0.467	3,321
10.	12	334.4	177.1	334.3	177.1	0.875	0.463	3,338
11.	14	398.8	210.6	398.7	210.2	1.044	0.551	4,755
12.	14	399.1	210.6	339	211	1.044	0.551	4,764



Gambar 3.11 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 1

Untuk mengetahui nilai gaya gesek seperti pada tabel diatas, maka digunakan rumus seperti dibawah ini.

$$\Sigma F = m \cdot a \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.1})$$

$$F_1 - F_2 - fk_1 - fk_2 = m \cdot a \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.2})$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - \mu k N_1 - \mu k N_2 = m \cdot a \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.3})$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - \mu k (N_1 + N_2) = m \cdot a \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.4})$$

$$\mu k = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - m \cdot a}{N_1 + N_2} \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.5})$$

$$\mu k = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - m \cdot a}{g (m_1 + m_2)} \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.6})$$

$$Fk = \mu k \cdot N \dots \dots \dots (\text{Rumus 3.7})$$

*Catatan: $N = m \cdot g$

Cara menghitung nilai Fk dengan data dari Tabel 3.3:

Sebelum mencari F_k , terlebih dahulu cari a nya. Untuk mencari nilai a perlu dihitung $\Delta v \text{ rata - rata}$. $\Delta v \text{ rata - rata}$ yang dicari ialah dari kecepatan motor 1 atau kolom v_1 pada tabel. Waktu pada Δt ialah perbedaan waktu ketika tegangan input diubah.

$\Delta v_1 \text{ rata - rata}$:

$$= \frac{(0,197 - 0,196) + (0,437 - 0,437) + (0,655 - 0,655) + (0,727 - 0,727) + (0,875 - 0,874) + (1,044 - 1,044)}{6}$$

$$a = \frac{\Delta v_1 \text{ rata - rata}}{\Delta t} = \frac{0,00033}{5 \text{ sekon}} = 6,6 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

Diketahui

$$m_1 = 0,234 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,17 \text{ kg}$$

$$v_1 = 0,655 \text{ m/s} \dots \dots \dots (\text{lihat table 3.3})$$

$$v_2 = 0,348 \text{ m/s} \dots \dots \dots (\text{lihat tabel 3.3})$$

$$R_1 = R_2 = 0,025 \text{ m}$$

$$N = m_1 \cdot g = 0,234 \cdot 10 = 2,34 \text{ Newton}$$

Kemudian, masukkan nilai yang sudah diketahui ke dalam rumus:

$$\mu k = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - m \cdot a}{g (m_1 + m_2)}$$

$$\mu k = \frac{\frac{0,234 \cdot 0,655^2}{0,025} - \frac{0,17 \cdot 0,348^2}{0,025} - 0,234 \cdot 6,6 \times 10^{-5}}{10 (0,234 + 0,17)}$$

$$F_k = \mu k \cdot N = 0,797 \cdot 2,34 = 1,86 \text{ Newton}$$

Berikut ini penjelasan mengenai perhitungan untuk analisis nilai korelasi terdapat pada tabel berikut:

No	x v1 (m/s)	y Fk (N)	x ²	y ²	xy
1	0.197	0.048	0.039	0.002	0.009
2	0.196	0.047	0.038	0.002	0.009
3	0.437	0.249	0.191	0.062	0.109
4	0.437	0.257	0.191	0.066	0.112
5	0.655	0.542	0.429	0.294	0.355
6	0.655	0.529	0.429	0.280	0.346
7	0.727	0.648	0.528	0.420	0.471
8	0.727	0.661	0.529	0.437	0.481
9	0.874	0.938	0.765	0.881	0.821
10	0.875	0.952	0.766	0.906	0.833
11	1.044	1.361	1.089	1.852	1.420
12	1.044	1.365	1.091	1.862	1.425
Jumlah	7.868	7.597	6.084	7.064	6.392

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = 1.52492$$

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = -0.36675$$

Persamaan dapat ditulis menjadi:

$$Fk = 1.52492 * v - 0.36675$$

Keterangan:

y= Sumbu Ordinat

x= Sumbu Absis

a= Slope

b= Intercept

Sedangkan untuk perhitungan nilai kolerasi sebagai berikut:

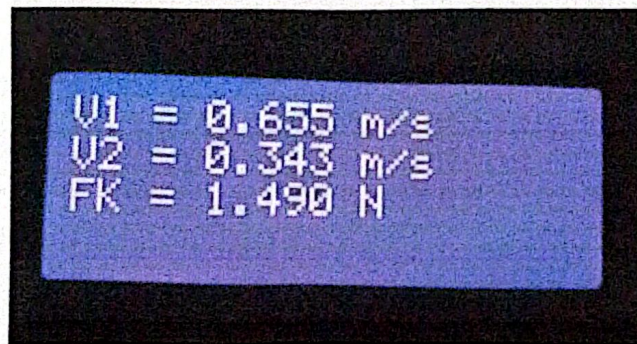
$$R^2 = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n\sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2)(n\sum_{i=1}^n y^2 - (\sum_{i=1}^n y)^2)}} = 0.9541$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa adanya keterkaitan antara kecepatan dengan gaya gesek. $R^2 = 0,9541$ berarti kecepatan 95,41 % mempengaruhi gaya gesek.

Tabel 3.4 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 2

No.	Tegangan Input (V)	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Tachometer 1 (RPM)	Tachometer 2 (RPM)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	F _k (N)
1.	3	75.2	37.7	75,1	38.7	0.197	0.099	0,136
2.	3	74.8	37.6	74,9	37.5	0.196	0.098	0,134
3.	6	166.9	84.8	165.8	84.7	0.437	0.222	0,662
4.	6	167.1	85.5	166.4	85.3	0.437	0.224	0,660
5.	9	250.1	129.8	250.6	130.1	0.654	0.340	1,464
6.	9	250.3	130.9	250.9	130.5	0.655	0.343	1,490
7.	10	276.8	149.5	276,7	149.5	0.724	0.391	1,739
8.	10	276.8	148.6	276.9	149.3	0.724	0.389	1,748
9.	12	334.4	177.7	333,7	177.3	0.875	0.465	2,571
10.	12	334.2	178.8	333.9	178.1	0.874	0.468	2,555

No.	Tegangan Input (V)	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Tachometer 1 (RPM)	Tachometer 2 (RPM)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	F _k (N)
11.	14	398.9	208.2	398,8	208.4	1.044	0.545	3,710
12.	14	399	208.1	398,9	208.1	1.044	0.545	3,714



Gambar 3.12 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 2

Cara menghitung nilai F_k dengan data dari Tabel 3.4:

Sebelum mencari F_k, terlebih dahulu cari *a* nya. Untuk mencari nilai *a* perlu dihitung Δv rata – rata. Δv rata – rata yang dicari ialah dari kecepatan motor 1 atau kolom v₁ pada tabel. Waktu pada Δt ialah perbedaan waktu ketika tegangan input diubah.

Δv_1 rata – rata:

$$= \frac{(0,197 - 0,196) + (0,437 - 0,437) + (0,655 - 0,654) + (0,724 - 0,724) + (0,875 - 0,874) + (1,044 - 1,044)}{6}$$

$$a = \frac{\Delta v_1 \text{ rata} - \text{rata}}{\Delta t} = \frac{0,0005}{5 \text{ sekon}} = 0,0001 \text{ m/s}^2$$

Diketahui

$$m_1 = 0,234 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,234 \text{ kg}$$



$$v_1 = 0,655 \text{ m/s} \dots \dots \dots (\text{lihat tabel 3.4})$$

$$v_2 = 0,343 \text{ m/s} \dots \dots \dots (\text{lihat tabel 3.4})$$

$$R_1 = R_2 = 0,025 \text{ m}$$

$$N = m_1 \cdot g = 0,234 \cdot 10 = 2,34 \text{ Newton}$$

Kemudian, masukkan nilai yang sudah diketahui ke dalam rumus:

$$\mu k = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - m \cdot a}{g (m_1 + m_2)}$$

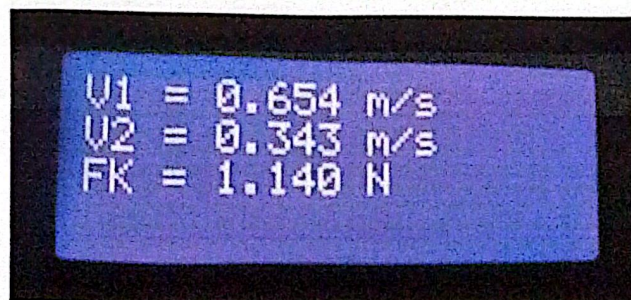
$$\mu k = \frac{\frac{0,234 \cdot 0,655^2}{0,025} - \frac{0,234 \cdot 0,343^2}{0,025} - 0,234 \cdot 0,0001}{10 (0,234 + 0,234)}$$

$$Fk = \mu k \cdot N = 0,64 \cdot 2,34 = 1,49 \text{ Newton}$$

Tabel 3.5 Pengujian Sensor Kecepatan dengan Beban Massa Pejal 3

No.	Tegangan Input (V)	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Tachometer 1 (RPM)	Tachometer 2 (RPM)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	Fk (N)
1.	3	75.4	20.7	76,1	20.9	0.197	0.054	0,144
2.	3	75.1	21.1	75,8	21.1	0.197	0.055	0,142
3.	6	166.9	83.2	167.1	82.9	0.437	0.218	0,533
4.	6	166.7	83.6	166.9	83.2	0.436	0.219	0,529
5.	9	249.8	131.2	248.3	130,9	0.654	0.343	1,133
6.	9	250.1	130.9	248.2	130,4	0.654	0.343	1,140
7.	10	277.3	147.2	277,9	147.2	0.726	0.385	1,379
8.	10	277.2	146.5	278.1	146.8	0.725	0.383	1,385

No.	Tegangan Input (V)	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Tachometer 1 (RPM)	Tachometer 2 (RPM)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	Fk (N)
9.	12	333.9	179.1	332,7	178.8	0.874	0.469	1,976
10.	12	334.1	178.8	333.1	178.2	0.874	0.468	1,984
11.	14	399.1	206.2	398,8	206.3	1.044	0.540	2,942
12.	14	399.2	206.1	398,9	206.2	1.045	0.539	2,946



Gambar 3.13 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Kecepatan dengan Pejal 3

Cara menghitung nilai Fk dengan data dari Tabel 3.5:

Sebelum mencari Fk, terlebih dahulu cari a nya. Untuk mencari nilai a perlu dihitung $\Delta v \text{ rata-rata}$. $\Delta v \text{ rata-rata}$ yang dicari ialah dari kecepatan motor 1 atau kolom v_1 pada tabel. Waktu pada Δt ialah perbedaan waktu ketika tegangan input diubah.

$\Delta v_1 \text{ rata-rata}$:

$$= \frac{(0,197 - 0,197) + (0,437 - 0,436) + (0,655 - 0,654) + (0,726 - 0,725) + (0,875 - 0,874) + (1,045 - 1,044)}{6}$$

$$a = \frac{\Delta v_1 \text{ rata-rata}}{\Delta t} = \frac{0,00083}{5 \text{ sekon}} = 0,000166 \text{ m/s}^2$$

Diketahui

$$m_1 = 0,234 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,3 \text{ kg}$$

$$v_1 = 0,654 \text{ m/s} \dots\dots\dots (\text{lihat tabel 3.5})$$

$$v_2 = 0,343 \text{ m/s} \dots\dots\dots (\text{lihat tabel 3.5})$$

$$R_1 = R_2 = 0,025 \text{ m}$$

$$N = m_1 \cdot g = 0,234 \cdot 10 = 2,34 \text{ Newton}$$

Kemudian, masukkan nilai yang sudah diketahui ke dalam rumus:

$$\mu k = \frac{\frac{m_1 v_1^2}{R_1} - \frac{m_2 v_2^2}{R_2} - m \cdot a}{g (m_1 + m_2)}$$

$$\mu k = \frac{\frac{0,234 \cdot 0,654^2}{0,025} - \frac{0,3 \cdot 0,343^2}{0,025} - 0,234 \cdot 0,000166}{10 (0,234 + 0,3)}$$

$$Fk = \mu k \cdot N = 0,48 \cdot 2,34 = 1,136 \text{ Newton}$$

B. Pengujian Sensor Suhu

Besarnya nilai suhu dipengaruhi kecepatan dan lamanya motor DC berputar. Kecepatan linear dipengaruhi besarnya RPM, keliling roda dan beban tambahan. Pejal besi dengan variasi massa, digunakan sebagai beban putaran motor. Suhu yang terdeteksi sensor PIR dibandingkan dengan alat ukur termometer.

1) Tujuan Pengujian

Membandingkan output sensor *infrared temperature* (pulsa) dan pengukuran suhu dengan thermometer digital.

2) Target Pengujian

Mendeteksi suhu yang terjadi akibat gaya gesek

3) Lokasi Pengujian

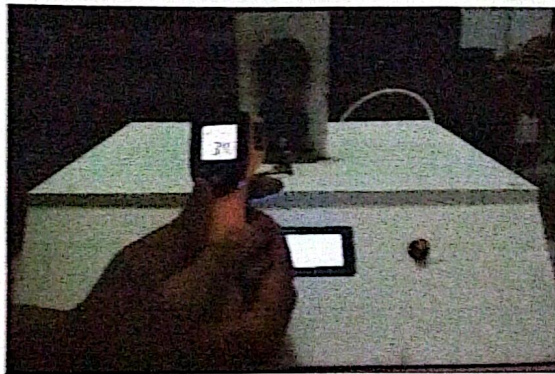
Lokasi : Jl. Gongseng Raya

Tanggal Pelaksanaan : Sabtu, 30 Desember 2017

Pelaksana : Mursalim

4) Langkah-langkah Pengujian

- a. Pastikan sistem alat aktif.
- b. Ukur suhu lintasan (rel) menggunakan termometer dan catat suhu yang terdeteksi sensor maupun termometer (perbandingan).



Gambar 3.14 Pengukuran Suhu dengan *Infrared Temperature*

5) Data Hasil Pengujian Sensor Suhu

Tabel 3.6 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 1

No.	M ₁	M ₂	Waktu (s)	Sensor Suhu		Termometer		Error (%)		ΔT (°C)	Energi (Joule)
	(RPM)	(RPM)		(°C)		(°C)					
				T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁		
1	75.1	40	29,87	32.3	32.72	32.5	32.92	1%	1%	0.42	33.34
2	74.9	40	29,87	32.3	32.73	32.5	32.93	1%	1%	0.43	34.14
3	167.1	86.1	29,87	32.4	32.84	32.6	33.04	1%	1%	0.44	34.93
4	167.1	84.3	29,87	32.5	32.95	32.8	33.25	1%	1%	0.45	35.73
5	250.3	131.3	29,87	32.6	33.06	32.9	33.36	1%	1%	0.46	36.52
6	250.2	133.1	29,87	32.6	33.07	32.9	33.37	1%	1%	0.47	37.31
7	277.7	148.1	29,87	32.7	33.18	33	33.48	1%	1%	0.48	38.11
8	277.9	146.7	29,87	32.9	33.39	33.3	33.79	1%	1%	0.49	38.90
9	334.2	178.3	29,87	32.9	33.41	33.3	33.81	1%	1%	0.51	40.49
10	334.4	177.1	29,87	33.1	33.62	33.5	34.02	1%	1%	0.52	41.28
11	398.8	210.6	29,87	33.1	33.63	33.5	34.03	1%	1%	0.53	42.08
12	399.1	210.6	29,87	33.2	33.74	33.7	34.24	1%	1%	0.54	42.87



Gambar 3.15 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Suhu dengan Pejal 1

Untuk mengetahui salah satu nilai energi seperti pada tabel 3.6, maka digunakan rumus seperti dibawah ini.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} \dots\dots\dots(\text{rumus konduktivitas thermal di bab 2})$$

Diketahui:

- k (konduktivitas baja) = 50 W/m °C
- A (luas penampang) = 0,0033 m²
- t (waktu terjadinya gesekan) = 29,89 sekon
- l (panjang lintasan) = 0,06 m
- ΔT (perubahan suhu) = 0,47 °C

Nilai konduktivitas baja dapat dilihat di bawah ini:

Nama Zat	Konduktivitas Termal (W/m°C)
Udara	0,024
Hidrogen	0,14
Oksigen	0,023
Bata Merah	0,6
Beton	0,8
Kaca	0,8
Es	1,6
Batu	0,04
Kayu	0,12-0,14
Tembaga	385
Baja	50,2
Aluminium	205

Kemudian, masukkan variabel yang telah diketahui ke dalam rumus.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} = 37,31 \text{ Joule}$$

Pada perhitungan rumus tersebut, dinyatakan bahwa $t = 29,89$ sekon.

(<https://sites.google.com/a/semboyan35.com/kakominfo/home/art001>).

Kecepatan Awal (v_0) km/jam	Jarak Pengereman (l) meter
60	249
70	332
80	420
90	527
100	650

Penelitian ini menggunakan kecepatan 60 km/jam dengan jarak pengereman 249 meter.

$$v_1^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$$

Tentukan dahulu percepatannya. Kecepatan dan jarak harus dalam satuan Internasional.

$$0^2 = 16,67^2 + 2 \cdot a \cdot 249$$

$$a = -0,558 \text{ m/s}^2$$

Selanjutnya, hitunglah waktu:

$$v_1 = v_0 + a \cdot t$$

$$0 = 16,67 \text{ m/s} + (-0,558) \cdot t$$

$$t = 29,87 \text{ sekon}$$

Tabel 3.7 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 2

No.	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Waktu (s)	Sensor Suhu		Termometer		Error (%)		ΔT (°C)	Energi (Joule)
				(°C)		(°C)					
				T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁		
1	75.2	37.7	29,87	32.1	32.65	32.3	32.85	1%	1%	0.55	45.18
2	74.8	37.6	29,87	32.1	32.65	32.3	32.85	1%	1%	0.55	45.18

3	166.9	84.8	29,87	32.1	32.65	32.3	32.85	1%	1%	0.55	45.18
4	167.1	85.5	29,87	32.3	32.86	32.6	33.16	1%	1%	0.56	46.00
5	250.1	129.8	29,87	32.3	32.87	32.6	33.17	1%	1%	0.57	46.82
6	250.3	130.9	29,87	32.3	32.87	32.6	33.17	1%	1%	0.57	46.82
7	276.8	149.5	29,87	32.4	32.98	32.7	33.28	1%	1%	0.58	47.64
8	276.8	148.6	29,87	32.4	32.98	32.8	33.38	1%	1%	0.58	47.64
9	334.4	177.7	29,87	32.5	33.09	32.9	33.49	1%	1%	0.59	48.46
10	334.2	178.8	29,87	32.6	33.19	33	33.59	1%	1%	0.59	48.46
11	398.9	208.2	29,87	32.7	33.3	33.1	33.7	1%	1%	0.6	49.29
12	399	208.1	29,87	32.7	33.31	33.2	33.81	2%	1%	0.61	50.11



Gambar 3.16 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Suhu dengan Pejal 2

Untuk mengetahui salah satu nilai energi seperti pada tabel 3.7, maka digunakan rumus seperti dibawah ini.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} \dots\dots\dots(\text{rumus konduktivitas thermal di bab 2})$$

Diketahui:

k (konduktivitas baja) = 50

A (luas penampang) = 0,0033 m²

t (waktu terjadinya gesekan) = 29,87 sekon

l (panjang lintasan) = 0,06 m

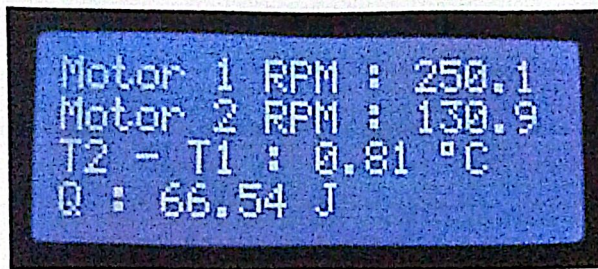
$$\Delta T \text{ (perubahan suhu)} = 0,57 ^\circ\text{C}$$

Kemudian, masukkan variable yang telah diketahui ke dalam rumus.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} = 46,82 \text{ Joule}$$

Tabel 3.8 Pengujian Sensor Suhu dengan Beban Massa Pejal 3

No.	M ₁ (RPM)	M ₂ (RPM)	Waktu (s)	Sensor Suhu		Termometer		Error (%)		ΔT (°C)	Energi (Joule)
				(°C)		(°C)					
				T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁		
1	75.4	20.7	29,87	32.5	33.18	32.7	33.38	1%	1%	0.68	55.86
2	75.1	21.1	29,87	32.5	33.22	32.8	33.52	1%	1%	0.72	59.14
3	166.9	83.2	29,87	32.6	33.35	32.8	33.55	1%	1%	0.75	61.61
4	166.7	83.6	29,87	32.6	33.37	32.9	33.67	1%	1%	0.77	63.25
5	249.8	131.2	29,87	32.7	33.48	33	33.78	1%	1%	0.78	64.07
6	250.1	130.9	29,87	32.8	33.61	33.1	33.91	1%	1%	0.81	66.54
7	277.3	147.2	29,87	32.9	33.75	33.2	34.05	1%	1%	0.85	69.82
8	277.2	146.5	29,87	33.1	33.98	33.5	34.38	1%	1%	0.88	72.29
9	333.9	179.1	29,87	33.2	34.11	33.6	34.51	1%	1%	0.91	74.75
10	334.1	178.8	29,87	33.3	34.21	33.8	34.71	1%	1%	0.91	74.75
11	399.1	206.2	29,87	33.4	34.33	33.8	34.73	1%	1%	0.93	76.39
12	399.2	206.1	29,87	33.4	34.34	33.9	34.84	1%	1%	0.94	77.21



Gambar 3.17 Tampilan LCD pada Pengujian Sensor Suhu dengan Pejal 3

Untuk mengetahui salah satu nilai energi seperti pada tabel 3.8, maka digunakan rumus seperti dibawah ini.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} \dots\dots\dots(\text{rumus konduktivitas thermal di bab 2})$$

Diketahui:

- k (konduktivitas baja) = 50
- A (luas penampang) = 0,0033 m²
- t (waktu terjadinya gesekan) = 29,87 sekon
- l (panjang lintasan) = 0,06 m
- ΔT (perubahan suhu) = 0,81 °C

Kemudian, masukkan variable yang telah diketahui ke dalam rumus.

$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} = 66,54 \text{ Joule}$$

Pada data tersebut, diketahui bahwa energi yang dihasilkan akibat gaya gesek dapat dihitung nilai potensi energinya sehingga dapat dimanfaatkan selanjutnya. Berikut ialah rumus potensi energi:

$$P = Fk. \omega. R$$

$$P = Fk \cdot v$$

Sebagai contoh, masukkan nilai Fk dan v_1 (lihat pada tabel 3.3).

$$P = 1,86 \cdot 0,655 = 1,21 \text{ Watt}$$

Keterangan:

p = Potensi Energi (Watt)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Fk = Gaya Gesek (N)

R = Jari-jari (m)

v = Kecepatan (m/s)

BAB IV

ANALISIS HASIL PENGUJIAN

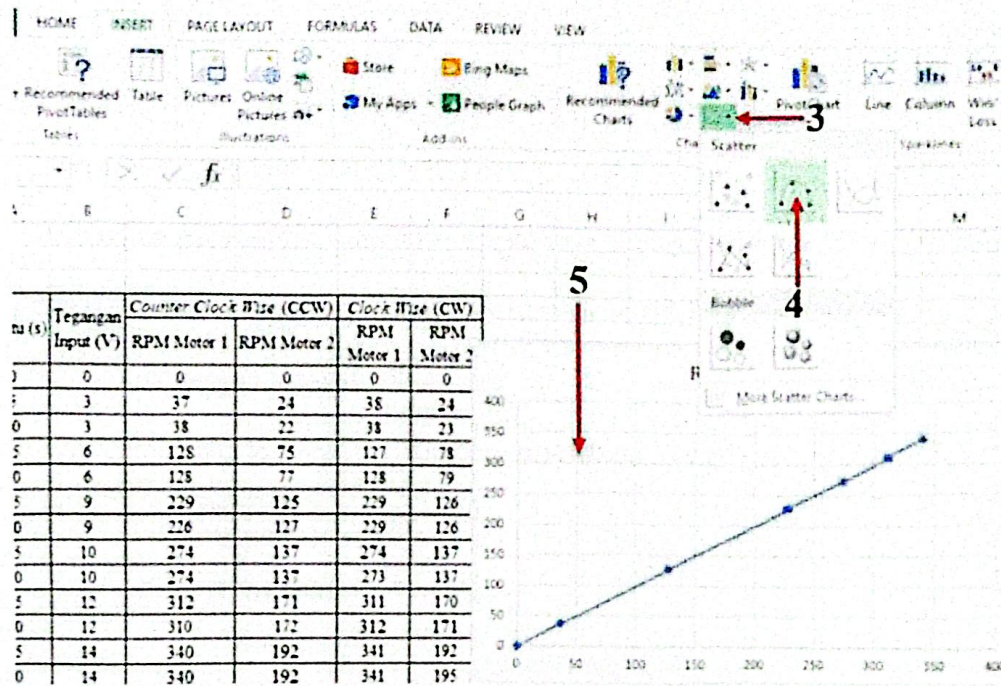
Analisis data menggunakan metode korelasi untuk mencari keterkaitan suatu data dengan data lain. Selain itu linearitas data dapat diuji dengan metode korelasi. Dengan menggunakan Microsoft Excel koefisien korelasi dan nilai korelasi dapat dimunculkan bila mana kedua data telah di tabulasi. Berikut langkah-langkah untuk menentukan koefisien korelasi ($y=ax+b$) dan nilai korelasi (R^2):

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The 'INSERT' menu is highlighted in the top ribbon. A red arrow labeled '2' points to the 'INSERT' menu. Another red arrow labeled '1' points to the 'RPM Motor 2' cell in the table below.

Waktu (s)	Tegangan Input (V)	Counter Clock Wise (CCW)		Clock Wise (CW)	
		RPM Motor 1	RPM Motor 2	RPM Motor 1	RPM Motor 2
0	0	0	0	0	0
5	3	37	24	38	24
10	3	38	22	38	23
15	6	128	75	127	78
20	6	128	77	128	79
25	9	229	125	229	126
30	9	226	127	229	126
35	10	274	137	274	137
40	10	274	137	273	137
45	12	312	171	311	170
50	12	310	172	312	171
55	14	340	192	341	192
60	14	340	192	341	195

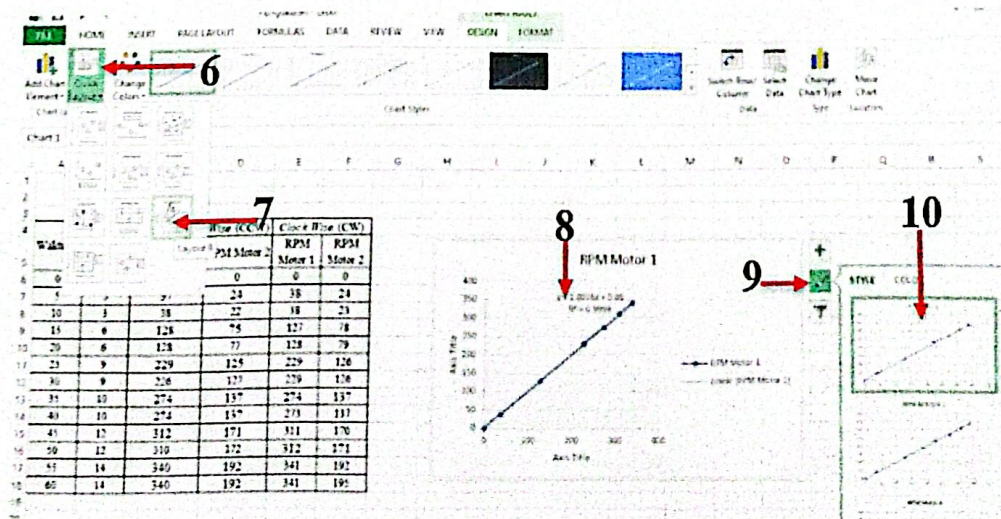
Gambar 4.1 Langkah 1 dan 2 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi

1. Blok/sorot data nilai RPM motor yang akan diuji pada tabel
2. Klik *Insert* pada menu bar excel



Gambar 4.2 Langkah 3,4,5 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi

3. Lihat ke arah grafik di menu *insert* klik *scatter*
4. Klik grafik yang memiliki titik dan garis agar terlihat jelas
5. Tampilan Grafik hasil pengukuran RPM motor



Gambar 4.3 Langkah 6, 7, 8, 9, 10 Membuat Grafik dan Koefisien Korelasi

6. Klik *Quick Layout* untuk mengatur *layout* dari grafiknya
7. Pilih layout yang memiliki icon $f(x)$
8. Perhatikan pada grafik yang telah dibuat akan muncul nilai koefisien korelasi dan nilai kolerasi untuk pengukuran rpm motor $y=1,0016x+0,006$ dengan $R=0,999$
9. Edit grafik dengan mengklik ikon kuas
10. Pilih grafik yang terbaca jelas dan berwarna sesuai aturan

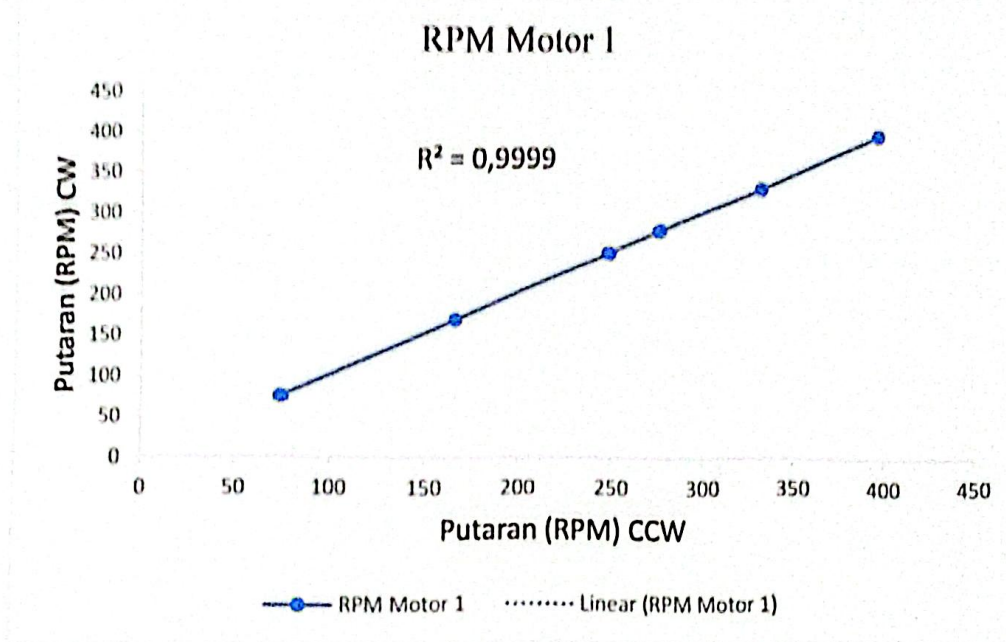
4.1 Analisis Data RPM Motor CW/CCW

Tabel 4.1 Pengujian Nilai RPM

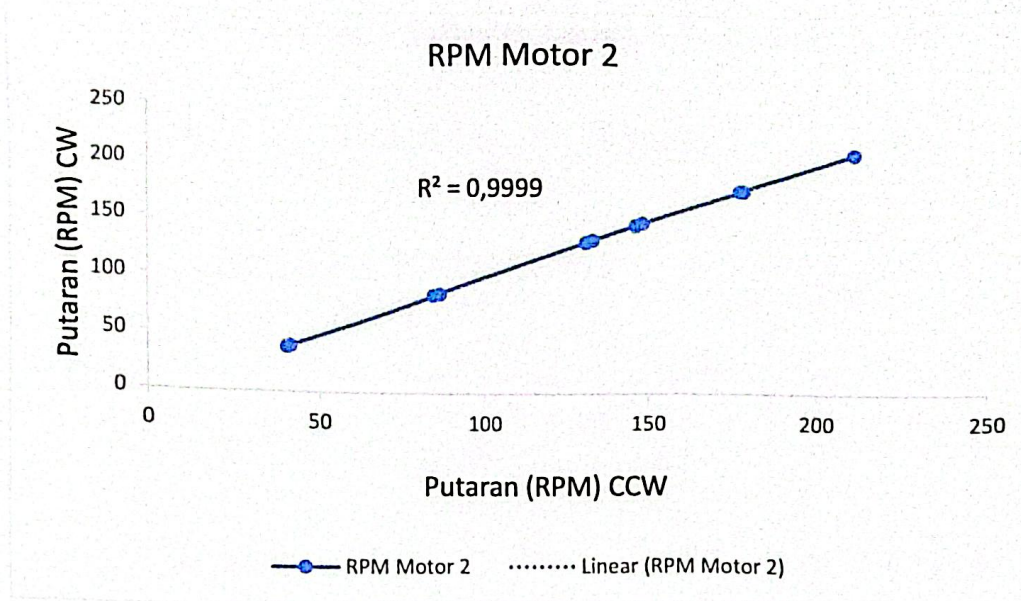
Waktu (s)	Tegangan Input (V)	Counter Clock Wise (CCW)		Clock Wise (CW)	
		RPM Motor	RPM Motor	RPM Motor	RPM Motor
		1	2	1	2
0	0	0	0	0	0
5	3	75	40	75	40
10	3	74	41	75	41
15	6	167	86	167	86
20	6	167	84	167	85
25	9	250	131	250	131
30	9	249	133	250	133
35	10	278	148	278	148
40	10	277	146	277	146
45	12	334	178	333	178
50	12	334	177	334	178

55	14	399	211	398	211
60	14	399	211	399	211

Berikut ini ialah grafik pengujian nilai RPM motor dengan arah yang berlawanan jarum jam (CCW) dan searah jarum jam (CW):



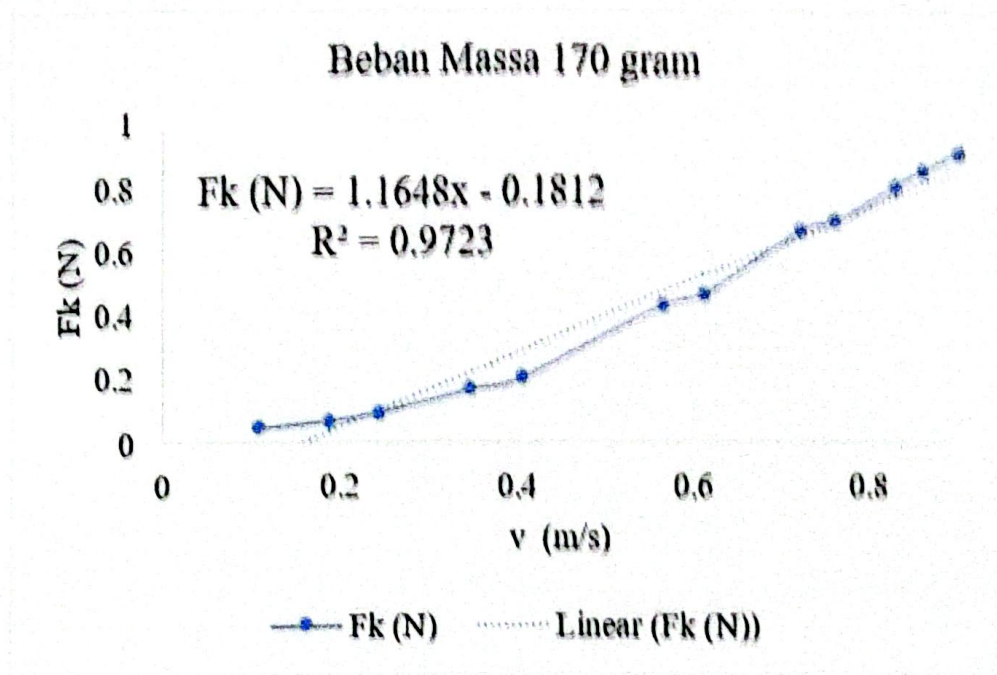
Gambar 4.4 Grafik Nilai RPM Motor 1 dengan Arah CW/CCW



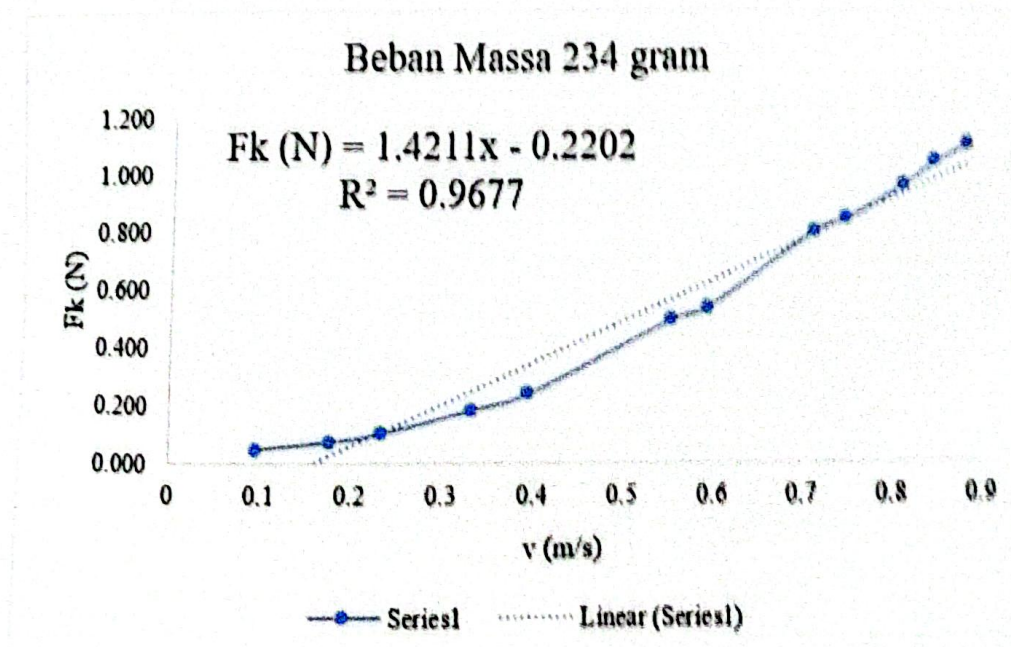
Gambar 4.5 Grafik Nilai RPM Motor 2 dengan Arah CW/CCW

Berdasarkan grafik 4.4 dan grafik 4.5, dapat dianalisa bahwa ketika motor 1 berputar dengan arah CW maupun CCW menghasilkan nilai RPM yang sama. Begitu juga dengan grafik nilai RPM motor 2. Hal ini dapat dibuktikan dengan metode korelasi. Jika hasil koefisien korelasi menunjukkan nilai R^2 yang berkisar antara $0,8 < R^2 < 1$ maka kedua variabel berhubungan erat (Ayyasy, ELINVO 2016, 5), nilai RPM arah CW sesuai dengan CCW dengan $R^2 = 0.9$

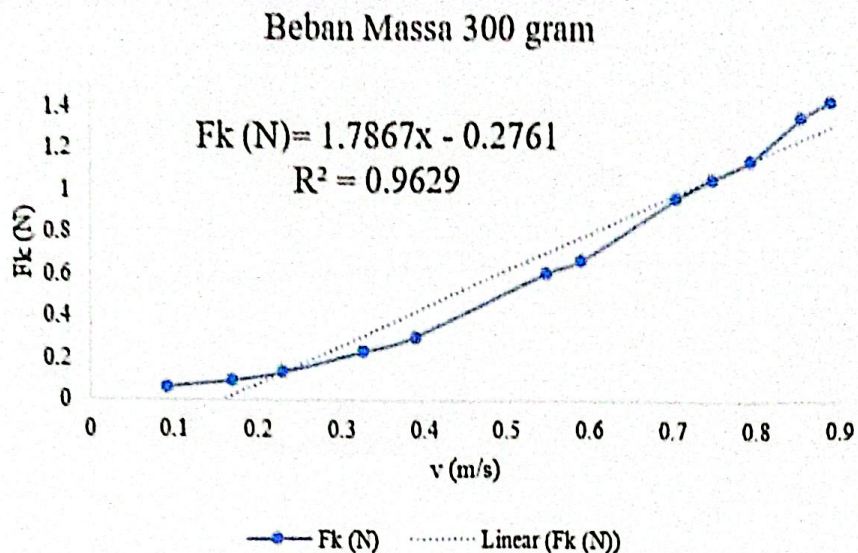
4.2 Analisis Data Gaya Gesek Terhadap Variasi Beban Massa



Gambar 4.6 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 170 gr



Gambar 4.7 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 234 gr



Gambar 4.8 Grafik Korelasi dari Gaya Gesek pada Beban 300 gr

Perbedaan gaya gesek yang dipengaruhi oleh kecepatan dan beban massa terlihat pada hasil perhitungan korelasinya. Beban massa 170 gram memiliki persamaan $F_k = 1.1648x - 0.1812$, Beban massa 234 gram memiliki persamaan $F_k = 1.4211x - 0.2202$, Beban massa 300 gram memiliki persamaan $F_k = 1.7867x - 0.2761$.

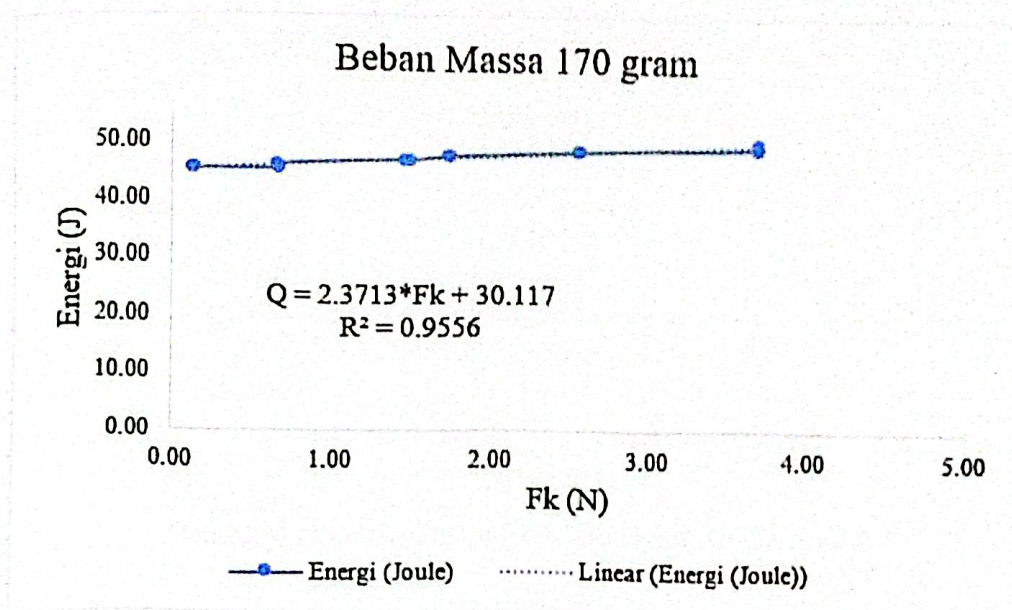
Keterangan:

F_k = Gaya Gesek (N)

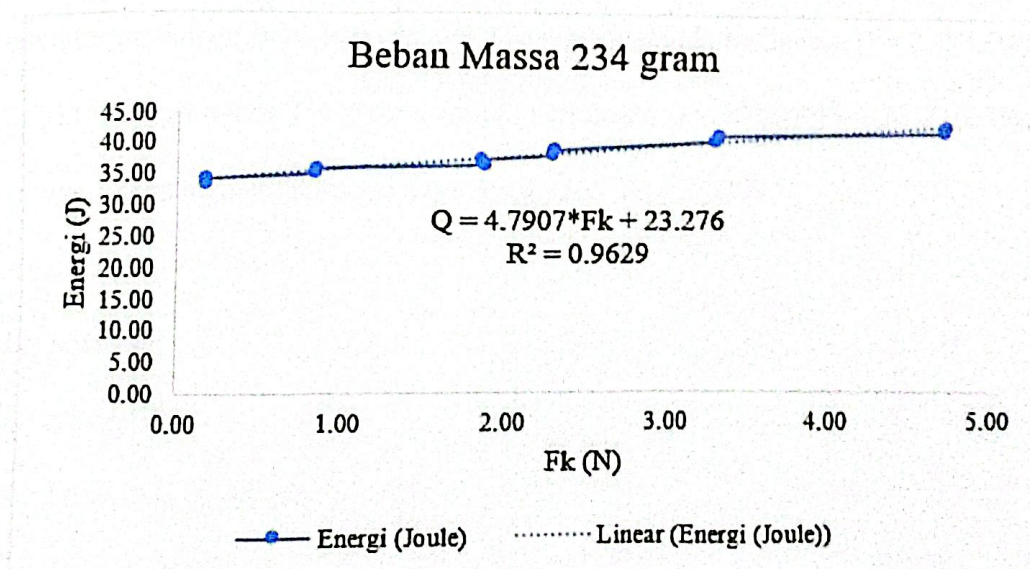
$x = v$ = Kecepatan Motor (m/s)

Jadi, dalam keadaan kecepatan yang sama gaya gesek bernilai besar pada beban massa yg lebih berat. Nilai - nilai kolerasi R^2 menunjukan bahwa diantara range $0,8 < R^2 < 1$, mengartikan bahwa ada keterkaitan antara kecepatan motor dengan gaya gesek. Kecepatan berbanding lurus dengan gaya gesek.

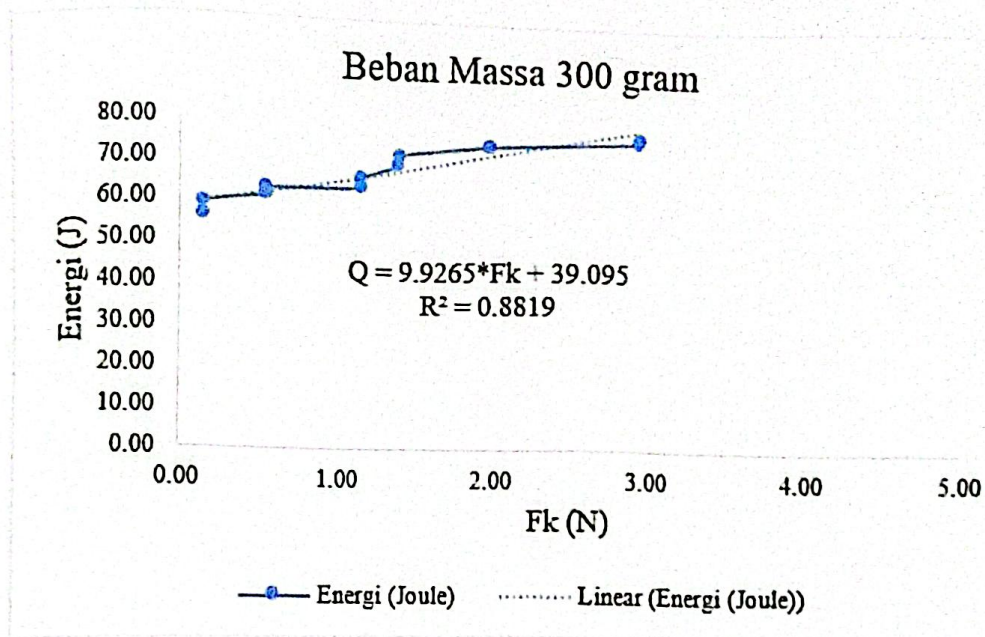
4.3 Analisa Data Hasil Sensor Suhu



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 1



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 2



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Gaya Gesek dengan Energi 3

Besarnya Energi yang dipengaruhi oleh gaya gesek dan beban massa terlihat pada hasil perhitungan korelasinya. Beban massa 170 gram memiliki persamaan $Q = 2.3713 \cdot Fk + 30.117$, Beban massa 234 gram memiliki persamaan $Q = 4.7907 \cdot Fk + 23.276$, Beban massa 300 gram memiliki persamaan $Q = 9.9265 \cdot Fk + 39.095$.

Keterangan:

$Q = \text{Energi (J)}$

$x = Fk = \text{Gaya Gesek (N)}$

Seperti terlihat pada grafik diatas, nilai korelasi pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa hasil data linier karena $R^2 = 0.9556$. Nilai korelasi yang paling linier ada pada Gambar 4.9. Perbedaan hasil korelasi ini dikarenakan variasi beban massa yang diberikan. Grafik-grafik tersebut membuktikan bahwa semakin besar nilai gaya gesek maka semakin besar pula energinya.

BAB V

KESIMPULAN

Kecepatan putar motor terdeteksi oleh sensor *Rotary encoder* dan telah teruji dengan pembanding alat ukur *Tachometer*. Putaran motor 1 dan motor 2 yang berlawanan arah menyebabkan gesekan. Gesekan antara lintasan dengan pejal yang terjadi terus menerus menimbulkan perubahan suhu. Perubahan suhu yang terdeteksi pada lintasan dapat dikonversi menjadi energi. Suhu pada lintasan dideteksi dengan *infrared temperature* dan thermometer digital sebagai pembanding. Dari hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai korelasi yang dihasilkan dari gaya gesek dan energi yaitu diantara $0,8 < R^2 < 1$, maka dapat dikatakan bahwa data yang dihasilkan merupakan linier. Hal ini sesuai dengan jurnal yang telah disebutkan sebelumnya, jika data pengujian linier maka gaya gesek mempunyai hubungan dengan energi.
2. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa gaya gesek yang timbul dari pengereman kereta menghasilkan energi (Joule) yang dapat digunakan pada pemanfaatan energi selanjutnya.
3. Pejal yang dimodelkan sebagai beban yang ketika bebannya ditambahkan maka energi yang dihasilkan juga bertambah. Hal ini dapat dikorelasikan jika beban tersebut ialah penumpang, maka energi yang dihasilkan dari penambahan penumpang/beban semakin besar.
4. Gaya gesek yang ditimbulkan juga dipengaruhi oleh kecepatan motor. Semakin bertambah kecepatannya maka semakin besar pula gaya geseknya.
5. Nilai korelasi dari data yaitu di antara $0,8 < R^2 < 1$. Jika hasil korelasi yang diperoleh kurang dari 0,8 atau lebih dari 1, maka variabel – variabelnya tidak berhubungan erat.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Imin Agustina Dwi. 2015. Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan dan Besi dengan Metode Gendongan. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6 2015, ISSN: 2302-7827 Volume 6 Nomor 1 2015.
- Ayyasy, Abdurrahman, dkk. 2016. Penggunaan Sensor LM35 Pada Kupluk Bayi Sebagai Pendeteksi Suhu dan Informasi Perubahannya Via SMS. PROSIDING SEMINAR NASIONAL ELINVO (Tema: Transformation of Electronics and Information in Daily Life: Challenges and Opportunities for Asean Economic Community). Hal 1-8.
- Fitrianto, M. Bahar., Darmanto, Imam Syafa'at. 2015. Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja ST 37 pada Bidang Miring terhadap Viskositas Pelumas dan Kekasaran Permukaan. Momentum, Vol.11, No.1, April 2015, Hal. 13-18, ISSN: 0216-7395, e-ISSN 2406-9329.
- Hartika, Ruri Zain. 2013. Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor *Passive Infra Red* (PIR) Dilengkapi Kontrol Penerangan pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dan Real Time Clock. Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan, ISSN: 2086 – 4981 Vol. 6 No. 1, Hal 146-162.
- Hidayati, Qory. 2012. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. Jurnal Poltekba 2012, Hal. 2.
- Lutiyatmi dan Tri Daryanto. 2013. Karakteristik Produk Rem Blok Metalik untuk Kereta Api pada Industri Kecil Pengecoran Logam. Jurnal Foundry Vol. 3 No.2 Oktober 2013, ISSN: 2087-2259.

- N, Nalaprana dan Sri A. 2015. "Analisa Motor DC Sebagai Penggerak Mobil Listrik". *Jurnal Mikrokontroler, Robotika, Telekomunikasi dan Informasi, Tenaga Listrik (Mikrotiga)*. vol. 2, no.1, 28-34, ISSN: 2355 - 0457
- Peryoga, Laksana Widya., Ir. Retnowati, M. T., Dr. Ir. Bambang Siswoyo M.T. 2014. Pengendalian Suhu Kelembaban Ruang Ekstraksi Metode Maserasi Minyak Atsiri Melati Kontroler PID berbasis Arduino Mega. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro Universitas Brawijaya*.
- Santoso, Amien., Eru Puspita dan Ressa Akbar. 2010. Argometer pada Ojek Motor Berbasis Mikrokontroler. *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya*, Hal 2.
- Sidehabi, Sitti Wetenriajeng., St Nurhayati Jabir. 2014. Pengontrolan Genset Jarak Jauh Melalui *Website* Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560-16AU. Seminar Nasional ke-9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta 249.
- Valentino, Jean Mario. 2015. *Analisa Resistance, Tractive Effort* dan Gaya Sentrifugal pada Kereta Api Taksaka di Tikungan Karanggandul. *Jurnal Puspitek Serpong*. Volume 1 Nomor 1, April 2015.

RESUME

MURSALIM

SENIOR WELL INTERVENTION SPV



Memiliki pengalaman luas di bidang pengelolaan migas khususnya terkait perawatan sumur dan pengeboran. Banyak mengikuti *training* profesional di bidang migas maupun *training soft skill* lainnya di dalam dan luar negeri. Hobi bermain basket, berenang dan pernah melatih pencak silat. Supel dan berpengalaman menangani berbagai macam karakter orang.

PENGALAMAN KERJA

National Gobel

1999 – 2000

Staff Incoming Quality Control yang bertanggung jawab terhadap barang-barang yang masuk ke sistem produksi.

Mitsubishi Motor

2000 – 2001

Staff Technical Service yang bertanggung jawab terhadap *after sales service*.

Total E&P Indonesia

2001 – 2017

Memulai karier sebagai Junior Supervisor Well Intervention hingga saat ini sebagai Kepala Lapangan Offshore Area (RSES-D) di Blok Mahakam Kalimantan Timur.

Pertamina Hulu Mahakam

2018 – sekarang

Melanjutkan posisi sebagai Kepala Lapangan Offshore Area (RSES-D) di Blok Mahakam Kalimantan Timur.

Kemampuan Lain

Microsoft Office
Bahasa Inggris
Auto Cad



Photoshop
Corel Draw



BIODATA

PENDIDIKAN

Politeknik UI

1999

- Ahli Madya Teknik Mesin, Program Studi Produksi
- IPK : Memuaskan

Total E&P Indonesia

2001-2003

- Pre Employee Training (Indonesia, Perancis, UK & Skotlandia)

ISTN Cikini

2018

- Sarjana Teknik Mesin, Program Studi Konversi Energi
- IPK : Memuaskan

DATA DIRI

Tanggal Lahir : 5 Agustus 1977

Tempat Lahir : Jakarta

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Warga Negara : Indonesia

Status : Menikah

KONTAK

Jl. Gongseng Raya No. 1, Jak-tim

mursalimasab@gmail.com
mursalim.mursalim@pertamina.com

0811-9503948