

# Arduino Based Disc Brake Dynamometer for Premium Fuel Four Stroke Motorcycle Engine

<sup>1</sup>Nixon Wibisono Sumarta, <sup>2</sup>Frederik Palallo, <sup>3</sup>Godly Theo Marshal

[nixonwibisono76@gmail.com](mailto:nixonwibisono76@gmail.com)

<sup>1,2,3</sup>Universitas Atma Jaya Makassar

**Abstrak-- Penelitian ini bertujuan:** (1) Dapat menggunakan mikrokontroler arduino, sensor kecepatan dan sensor berat ke Dinamometer rem cakram. (2) Untuk mengukur torsi dan daya dari motor bakar 4 langkah berbahan bakar premium pada dynamometer rem cakram yang menggunakan mikrokontroler Arduino beserta sensor kecepatan dan sensor berat. Penelitian ini dimulai pada bulan Mei sampai September 2021 bertempat di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yang merupakan bagian dari penelitian kuantitatif. penelitian ini berfokus pada pemanfaatan mikrokontroler Arduino Uno, sensor kecepatan dan sensor berat dalam melakukan pengukuran torsi dan daya mesin 4 langkah berbahan bakar bensin. Penggunaan mikrokontroler Arduino (Arduino Uno), Sensor kecepatan (LM 393) dan sensor beban (load cell) berkuat piranti amplifier (HX 711). Pengukuran putaran dan pengukuran beban dari mikrokontroler Arduino (Arduino Uno), Sensor kecepatan (LM 393) dan sensor beban (load cell) berkuat piranti amplifier (HX 711) untuk menghasilkan torsi dan daya sesuai dengan spesifikasi mesin motor bakar merek Korobe GX 160 berbahan bakar premium

Kata kunci: Arduino; Dinamometer rem cakram; mikrokontroler; pengukuran torsi dan daya; sensor

## I. PENGANTAR

Teknologi otomasi memudahkan penggunaannya dalam melakukan aktifitas sehari-hari. Teknologi otomasi telah digunakan hampir ada seluruh bidang keteknikan dan bidang lain yang membutuhkannya.

Penggunaan piranti *Mikrokontroler (Microcontroller)* pada system pengukuran digital sangatlah diperlukan. *Mikrokontroler* merupakan chip berupa IC (Sirkuit Terpadu) yang dapat menerima sinyal masukan, mengolahnya, dan memberikan sinyal keluaran sesuai dengan program yang dimuat ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yaitu informasi dari lingkungan, dan sinyal output dikirim ke aktuator yang dapat berdampak pada lingkungan. Oleh karena itu, secara sederhana, *Mikrokontroler* dapat diibaratkan sebagai otak dari sebuah perangkat / produk yang Piranti pengukuran analog telah dikembangkan menjadi piranti pengukuran digital menggunakan system otomasi sehingga beberapa variable-variabel yang diukur dan komputasi dapat dilakukan secara simultan sehingga dapat mempersingkat waktu dan memiliki akurasi yang tinggi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Torsi

Torsi, juga disebut momen puntir, adalah ekuivalen rotasi gaya linier. Torsi yang diterapkan ke tuas dikalikan dengan jarak dari pusat tuas disebut torsi. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai gaya sentrifugal sebesar  $F$  pada porosnya dengan jari-jari  $b$ , maka torsinya adalah ....

$$T = F_{cf} \cdot b \dots\dots\dots (2.1)$$

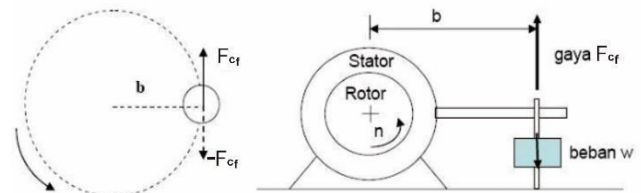
Dimana:

$T$  : Torsi atau momen (N.m).

$F_{cf}$  : Gaya sentrifugal pada benda yang berputar (N).

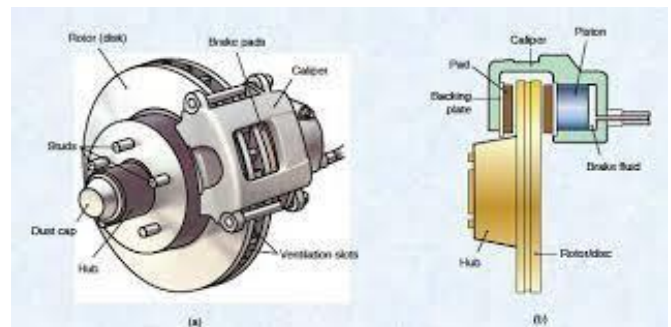
$b$  : pajang lengan gaya (m).

Karena torsi ini, benda berputar melawan porosnya, dan jika gaya reaksi terhadap torsi sama dengan arah yang berlawanan, benda akan berhenti berputar.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Perhitungan Torsi  
B. Rem Cakram

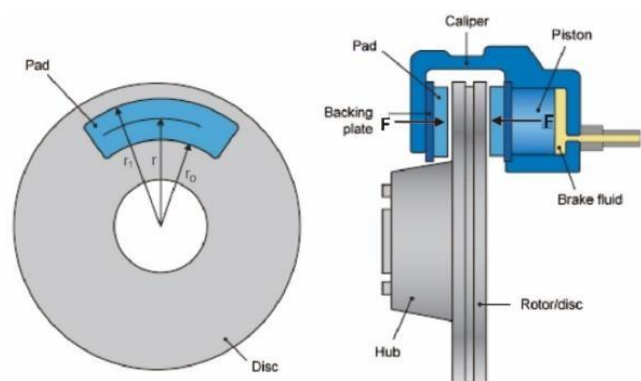
Rem cakram (Gambar 2.2), putaran roda dikurangi atau dihentikan dengan cara penjepitan cakram (disc rotor) oleh dua bilah sepatu rem (pads).



Gambar 5.3 Rem Cakram

(<https://www.trp.org.in/wp-content/uploads/2017/06/ARME-Vol.6-No.1-January-June-2017-pp.31-37.pdf>)

Rem cakram mempunyai sebuah plat disc (plat piringan) yang terbuat dari stainless steel (baja) yang akan berputar bersamaan dengan roda. Pada saat rem digunakan plat disc tercekam dengan gaya bantalan piston yang bekerja secara hidrolik.



Gambar 2.4 Gaya pengereman pada permukaan cakram

(<https://www.mathworks.com/help/physmod/sdl/ref/discbrake.html>)

Torsi yang bekerja pada sebuah rem cakram berdasarkan gambar 2.2 dan dengan memperhatikan notasi-notasi dalam gambar tersebut dapat diekspresikan dengan persamaan:

$$T = 2 \cdot \mu_k \cdot F \cdot R_m \quad (2.2)$$

Dimana :

T = Torsi pada cakram (N. m)

$\mu_k$  = koefisien gesek kinetis kampas rem (0,25 – 0,55)

F = gaya tekan hidrolis pada pelat kampas rem (Pa)

$R_m$  = jarak rata – rata titik tekan kampas rem dari pusat cakram (m)

#### A. Daya Mesin

Untuk menghitung nilai power dengan satuan W (Watt) atau Horse Power (HP) yang berhubungan dengan torque. Power dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Power (P)} = \text{torque (T)} \cdot \text{angular speed } (\omega) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

T = torsi (Nm)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad /s)

P = daya (Watt)

Bila persamaan 3, variable kecepatan dinyatakan dalam rotasi per menit (Rpm) dan daya yang dihasilkan dalam kiloWatt (kW) maka persamaan 3 diekspresikan dalam bentuk:

$$P = T \cdot 2\pi \cdot \text{Rpm} / 6000 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

P = Daya (kW)

T = Torsi (Nm)

(Sumber : Rochman, Taufiqur. 2012. *Menghitung Torsi dan Daya pada Mesin*)

#### C. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan pengembangan yang menggunakan mikrokontroler Atmega328 (Gambar 2.9). Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, konektor daya, konektor ICSP dan sakelar reset. Arduino Uno berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup hubungkan ke komputer melalui USB, atau berikan tegangan DC melalui baterai atau adaptor AC ke DC untuk membuatnya berfungsi. Arduino Uno menggunakan Atmega16U2 yang diprogram sebagai konverter USB-serial untuk berkomunikasi secara serial dengan komputer melalui port USB.



Gambar 2.5 Arduino Uno

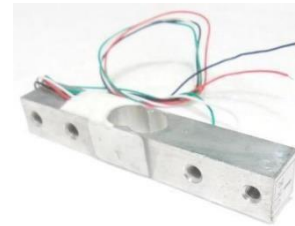
(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>)

“Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai versi rilis Arduino 1.0. Versi 1.0 adalah versi referensi Arduino di masa mendatang. Arduino Uno R3 adalah versi terbaru dari seri

papan pengembangan Arduino dan model referensi untuk platform Arduino.

#### D. Load Cell

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan. ([www.ricelake.com](http://www.ricelake.com) *Load Cell and Weight (AmericaModule H : 2010)*)

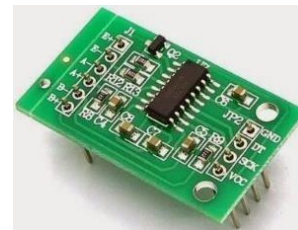


Gambar 2.1 Bentuk fisik *load cell*.

(Sumber: [www.lapantech.com](http://www.lapantech.com) “Load-133”cell.2013)

#### E. Modul Penguat HX711

HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari “AVIA SEMICONDUCTOR”, HX711 presisi 24-bit *analog to digital converter* (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital dal industrial control aplikasi yang terkoneksi sensor jembatan. HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrocontroller melalui TTL232. Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan reliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat. HX711 biasanya digunakan pada bidang *aerospace*, mekanik, elektrik, kimia, konstruksi, farmasi dan lainnya, digunakan untuk mengukur gaya, gaya tekanan, perpindahan, gaya tarikan, torsi, dan percepatan.



Gambar 2.7. Modul Penguat HX711

([www.indo-ware.com](http://www.indo-ware.com))

#### 1. Arduino Software (IDE)

Perangkat keras yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa perangkat lunak lain yang sangat berguna dalam pengembangan arduino. Integrated Development Environment (IDE), program khusus komputer yang digunakan untuk membuat program desain atau sketsa untuk papan Arduino. IDE arduino adalah perangkat lunak yang sangat kompleks yang ditulis di Java. IDE arduino terdiri dari :

##### a. Editor Program

Jendela yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrosesan.

### b. Compiler

Fungsinya untuk mengkompilasi sketsa tanpa mengunggahnya ke papan sirkuit, dan dapat digunakan untuk memeriksa kesalahan kode sintaks sketsa. Modul yang mengubah kode program menjadi kode sedemikian rupa sehingga mikrokontroler tidak dapat memahami bahasa pemrosesan.

#### a. Uploader

Digunakan untuk mengunggah hasil kompilasi sketsa ke papan sasaran. Jika papan tidak dipasang atau alamat port COM tidak dikonfigurasi dengan benar, pesan kesalahan akan muncul. Modul yang digunakan untuk memuat kode dari komputer ke dalam memori pada papan arduino.



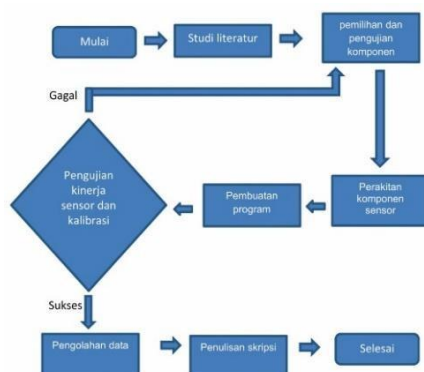
Gambar 2.6 Tampilan Software Arduino IDE  
(Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>)

## III. METODE PENELITIAN

### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yang merupakan bagian dari penelitian kuantitatif yaitu sebuah penelitian yang sifatnya membuat suatu instalasi peralatan atau suatu bentuk yang menggambarkan secara lengkap mengenai setting sistem atau lebih banyak mengarah ke analisis. Pelaksanaan penelitian ini berfokus pada pemanfaatan mikrokontroler Arduino Uno, sensor kecepatan dan sensor berat dalam melakukan pengukuran torsi dan daya mesin 4 langkah berbahan bakar bensin .

### B. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

1. Proses pemasangan sensor berat (Load cell) dan sensor kecepatan LM 393 dan papan Arduino Uno ke Dinamometer rem cakram.

Sebelum melakukan penelitian pengukuran beban dan putaran dari Dinamometer rem cakram, perlu dilakukan pengujian awal dari masing – masing sensor dan papan Arduino uno dalam keadaan normal.

Langkah-langkah pemasangan sensor-sensor ke Dinamometer rem cakram, penyambungan sensor-sensor ke papan Arduino Uno dan penyambungan papan Arduino Uno ke Laptop atau PC dilakukan sebagai berikut :

- a. Pemasangan sensor kecepatan LM 393 ke rangka Dinamometer rem cakram



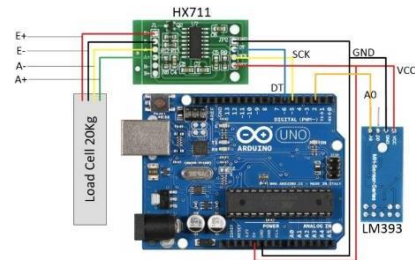
Gambar 3.14 Pemasangan sensor kecepatan LM 393

- b. Pemasangan sensor berat Load cell ke tatakannya.



Gambar 3.15 Pemasangan sensor berat

- c. Penyambungan sensor berat dan sensor kecepatan ke papan Arduino Uno menggunakan kabel jumper.

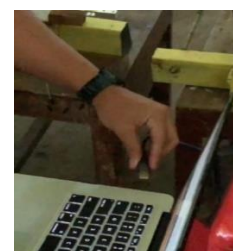


Gambar 3.16 Penyambungan sensor berat Load Cell, penguat signal HX711, dan sensor kecepatan LM 393

Tabel 3.1 Pin koneksi Arduino Uno ke sensor.

Pin Arduino	HX711	LM393
3,3v		VCC
5v	VCC	
GND	GND	GND
Digital 6	DT	
Digital 5	SCK	
Digital 2		A0

- d. Penyambungan papan Arduino Uno yang sudah terintegrasi dengan sensor-sensor ke laptop atau Pc menggunakan kabel USB.



Gambar 3.17 Peyambungan papan Arduino Uno ke Laptop

- e. Pengujian awal unjuk kerja sensor berat Load Cell dan sensor kecepatan LM 393 tanpa pembebanan menggunakan IDE.



Gambar 3.18 Pengujian untuk kerja sensor

2. Proses Kalibrasi sensor berat dan sensor kecepatan.  
Proses kalibrasi terhadap sensor beban dan sensor kecepatan dilakukan sebagai berikut:
  - a. Papan Arduino Uno, sensor berat Load Cell dan sensor kecepatan LM 393 dalam keadaan aktif dan terhubung ke Laptop atau PC.
  - b. Letakkan beban 0,5 kg di sensor beban Load Cell dan perhatikan penunjukkan berat di layar monitor. Bila di layar monitor tidak menunjukkan berat yang sesuai dengan berat beban di Load Cell maka lakukan kalibrasi pada sketch untuk sensor Beban. Ulangi kegiatan ini untuk beban 2kg, 4kg, 8kg, 12kg, dan 20 kg.
  - c. Bila penunjukkan berat pada layar monitor sesuai maka langkah kalibrasi dilanjutkan ke kalibrasi sensor kecepatan, bila tidak sesuai dengan beban yang ditunjukkan layar monitor, maka lakukan kalibrasi pada sketch di IDE.
  - d. Hidupkan mesin motor bakar dalam keadaan idling selama 2 menit. kemudian lakukan kalibrasi pada sensor kecepatan LM 393 dengan membandingkan nilai kecepatan putar yang ditampilkan di layar monitor dengan hasil yang didapat menggunakan tachometer digital yang dikoneksikan ke sumbu tengah poros yang berputar.
  - e. Bila hasil yang ditunjukkan di layar monitor Laptop atau PC berbeda dengan hasil yang ditunjukkan oleh layar tachometer digital maka lakukan kalibrasi lewat sketch di IDE.
3. Prosedur pengukuran beban pengereman dan kecepatan putar poros Dynamometer rem cakram.
  - a. Periksa kesiapan seluruh elemen mesin dynamometer, dan pastikan dalam keadaan baik dan berfungsi dengan normal. Bila ada elemen mesin yang tidak terpasang dengan baik, longgar atau rusak, lakukan perbaikan hingga seluruh masalah terselesaikan.
  - b. Periksa kesiapan sensor-sensor dan papan Arduino Uno, dan pastikan dalam keadaan baik dan berfungsi dengan normal. Bila ada komponen sensor atau papan Arduino Uno tidak terpasang dengan baik, longgar atau rusak, lakukan perbaikan hingga seluruh masalah terselesaikan.
  - c. Hidupkan motor bakar yang akan diukur beban dan torsi selama 2 menit agar seluruh pelumas sudah bersirkulasi dengan baik dan suhu operasional motor bakar telah tercapai.
  - d. Sensor kecepatan, sensor berat dan mikrokontroler Arduino Uno diaktifkan dengan cara disambungkan menggunakan kabel USB ke Laptop.
  - e. Jalankan program Arduino IDE, pastikan mikrokontroler

Arduino terbaca di program Arduino IDE lalu upload sketch sensor Berat Load cell dan sensor kecepatan LM

- f. Tempatkan putaran mesin sesuai yang diinginkan, lalu lakukan pengereman pada Dinamometer . Ambil data beban pengereman dan pengukuran kecepatan putar. Ulangi pengambilan data pada setiap tingkatan putaran sesuai yang diinginkan.
- g. Data beban pengereman dan kecepatan putar Dinamometer rem cakram diolah menggunakan persamaan matematis untuk menghasilkan Torsi dan Dayamesin

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Penelitian

1. Rangkaian sensor Arduino pada Dinamometer rem cakram Rangkaian pengukuran kecepatan putar menggunakan sensor LM 393 dan Load cell berkuat amplifier HX 711 ke mainboard Arduino Uno dan dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Instalasi Dynamometer rem cakram

Bila gaya pengereman  $F$  yang terjadi pada cakram yang yang berjarak  $r$  dari sumbu cakram, akan menghasilkan torsi  $T_1$  pada lengan beban. Momen torsi  $T_1$  akan menggerakkan lengan beban sehingga lengan beban dengan panjang  $R$  dari sumbu poros Dynamometer akan menekan Load Cell dengan gaya pembebanan  $P$ . Besar gaya pengereman  $F$  sebanding dengan gaya pembebanan  $P$  pada Load cell yang merupakan momen lawan  $T_2$  pada pangkal lengan beban yang melawan arah putaran dari torsi  $T_1$  yang diekspresikan dengan persamaan :

$$T_1 - T_2 = 0 \dots \dots \dots (4.1)$$

Sehingga :

$$T_1 = T_2 \dots \dots \dots (4.2)$$

bila :

$$T_1 = P \times R \dots \dots \dots (4.3)$$

$$T_2 = F \times r \dots \dots \dots (4.4)$$

Berdasarkan persamaan (4.4) dan persamaan (4.3) dimasukkan ke persamaan (4.1) menjadi :

$$P \times R = F \times r \dots \dots \dots (4.5)$$

Sehingga besar gaya pengereman  $F$  didapat dengan persamaan :

$$F = P \times R / r \dots \dots \dots (4.6)$$

Keterangan :

$P$  = Beban yang ditunjukkan oleh load cell (N)

$F$  = Gaya pengereman pada pelat cakram (N)

$R$  = Panjang lengan beban dynamometer (m)

$r$  = Panjang lengan beban pengereman (m)

$T$  = Torsi (N.m)

Untuk contoh perhitungan nilai gaya pengereman  $p$ , diambil data nomor 5 dari table 4.2 dan menggunakan persamaan 4.5 didapat:

$$F = \frac{6,192(N) \times 0,301(m)}{0,0102(m)} = 182,695 (N)$$

393 yang sudah dibuat.

Sehingga nilai torsi  $T$  dan daya  $P$  berdasarkan persamaan 2.2 dan 2.4 adalah :

$$T = 2 \mu F r$$

$$= 2 \times 0,38 \times 182,695 \times 0,0102$$

$$= 1,416 \text{ N.m}$$

$$P = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot \text{rpm} / 6000$$

$$= 1,416 \times 2 \times 3,14 \times 3511 / 6000$$

$$= 5,203 \text{ kW}$$

Berdasarkan prosedur yang sama seperti contoh perhitungan data nomor 5 dari table 4.2 dilakukan pula perhitungan terhadap data yang lain dalam Tabel 4.2 untuk mendapatkan nilai Torsi  $T$  dan Daya  $P$  dari setiap putaran mesin dari motor bakar 4 langkah berbahan bakar premium. Hasil perhitungannya ditunjukkan dalam table 4.2.

#### 1. Hasil pengujian Dinamometer rem cakram

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, hasil pengukuran dari alat yang telah di buat dapat dilihat pada tabel table 4.1:

Table 4.1 Tabel Hasil Percobaan

Putaran mesin (RPM)	Beban (N)	Putaran mesin (RPM)	Beban (N)
1260	2,695	3100	5,949
2160	4,036	3511	6,191
2503	4,467		

#### B. Perhitungan

Perhitungan Daya berdasarkan persamaan 2.4 menggunakan satuan kW (KiloWatt) , perhitungan yang dilakukan menggunakan notasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 :

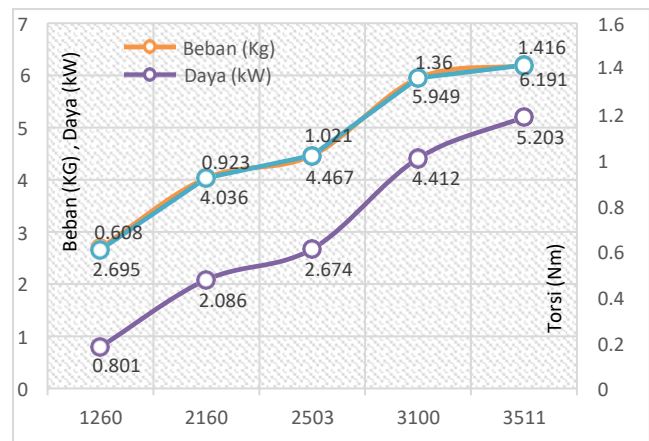


Gambar 4.3 Notasi lengan beban Dinamometer rem cakram dan lengan gaya pengereman

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan

Putaran mesin (Rpm)	Beban pengereman $p$ (N)	Torsi $T$ (N.m)	Daya $P$ (kWatt)
1260	2,695	0,608	0,801
2160	4,036	0,923	2,086
2503	4,467	1,021	2,674
3100	5,949	1,36	4,412
3500	6,191	1,416	5,1453

Hasil perhitungan beban pengereman terhadap putaran yang menghasilkan Torsi dan Daya yang digambarkan secara grafik dalam gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai putaran, dan beban pengereman yang menghasilkan torsi dan daya sesuai dengan spesifikasi (Gambar 4.2) mesin motor bakar 4 langkah berbahan bakar premium yaitu Korobe GX 160. Hal ini menunjukkan bahwa sensor kecepatan LM 393 dan sensor beban Load cell yang berpukuat modul HX 711 yang disambungkan ke mikrokontroler Arduino Uno sudah bekerja sesuai dengan tujuan peneliti.



Gambar 4.4 Grafik RPM vs Beban (KG), Torsi(Nm) dan Daya (kWatt)

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Penggunaan mikrokontroler Arduino (Arduino Uno), Sensor kecepatan (LM 393) dan sensor beban (load cell) berpukuat piranti amplifier.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] [https://www.engineersedge.com/mechanics\\_machines/disk-brake-calculations.htm](https://www.engineersedge.com/mechanics_machines/disk-brake-calculations.htm). (Diakses tanggal 12 September 2021)
- [2] <https://www.mathworks.com/help/physmod/sdl/ref/discbrake>
- [3] .html. (Diakses tanggal 12 September 2021)
- [4] [https://www.trp.org.in/wp-content/uploads/2017/06/ARME- Vol.6-No.1-January-June-2017-pp.31-37.pdf](https://www.trp.org.in/wp-content/uploads/2017/06/ARME-Vol.6-No.1-January-June-2017-pp.31-37.pdf). Diakses tanggal 12 September 2021)
- [5] ILearningMedia. 2020. *Pengertian Arduino UNO*. <https://illearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>. (diakses tanggal 21 Agustus 2021).
- [6] MassimoBanzi, Michael Shiloh, 2014. *Getting Started withArduino*, ISBN 1-4493-6333-4.
- [7] Mekanik, Johan, 2019. Sistem Rem Sepeda Motor. [www.johanmekanik.com/2019/10/sistem-rem-sepeda-motor- 1.html](http://www.johanmekanik.com/2019/10/sistem-rem-sepeda-motor-1.html).(Diakses tanggal 11 September 2021).
- [8] Rochman, Taufiqur. 2012. Menghitung Torsi dan Daya padaMesin. [https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2012/01/27/menghitung-torsi-dan-daya- mesin-pada-motor-bakar](https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2012/01/27/menghitung-torsi-dan-daya-mesin-pada-motor-bakar).(Diakses tanggal 1 Agustus 2021).
- [9] Sadri., 2009. Definisi Rem. [http://www.google.com/Rem-Cakram/Sadri\\_zone.html](http://www.google.com/Rem-Cakram/Sadri_zone.html) (Diakses tanggal 15 September 2021)
- [10] Sumarta. Nixon Wibisono. 2002. Analisa Kekuatan Dinamometer Rem Tromol di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar. Universitas Atma Jaya Makassar