

## PROTOTYPE ALAT UKUR KEKUATAN BEBAN MOTOR WESEL PORTABLE

### PROTOTYPE OF PORTABLE MEASUREMENT TOOL FOR TURNOUT MOTOR POWER

Hazmi Aji Kusumo Nasution<sup>1</sup>, Dr. Eng. Ahmad Sugiana, S.Si., M.T.<sup>2</sup>, Mohamad Ramdhani, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>hazmiajkn@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>sugianaa@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>mohamadramdhani @telkomuniversity.ac.id

---

#### Abstrak

Kereta api merupakan salah satu pilihan moda transportasi yang memiliki keunggulan dalam hal efisiensi biaya perjalanan. Guna meningkatkan pelayanan kepada masyarakat, PT Kereta Api Indonesia (Persero) melakukan penambahan relasi perjalanan kereta api. Seiring dengan meningkatnya frekuensi perjalanan kereta api, maka faktor keselamatan merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan.

Motor wesel merupakan salah satu perangkat pendukung perjalanan kereta api, perawatan secara berkala harus dilakukan agar dapat dipastikan motor wesel dalam keadaan layak digunakan. Salah satu parameter motor wesel dalam kondisi layak digunakan adalah kemampuannya dalam menggerakkan beban berupa lidah wesel harus dapat berjalan dengan baik. Oleh sebab itu, diperlukan instrumen yang tepat untuk dapat mengukur kekuatan motor wesel dalam menggerakkan beban. Alat ukur yang *portable* dapat memiliki nilai lebih karena dapat memudahkan petugas dalam melakukan perawatan.

Perancangan sistem alat ukur digital dapat dijadikan pilihan agar dapat menunjang kepraktisan dan bersifat *portable*. Dengan sistem digital, komponen yang digunakan dapat lebih ringkas karena saat ini sudah terdapat sensor pengukur berat (*loadcell*) dan mikrokontroler sebagai komponen untuk pengolahan data serta LCD sebagai keluaran untuk menampilkan hasil pengukuran.

Sebagai alat ukur, maka diperlukan metode yang efektif sehingga nilai keluaran hasil pengukuran dapat dipastikan kebenarannya. Penggunaan metode regresi linier dapat dilakukan agar mendapat hasil pengukuran dengan nilai toleransi kesalahan yang rendah. Oleh sebab itu diperlukan percobaan dalam pengambilan sampel data hasil pengukuran.

**Kata kunci :** *motor wesel, alat ukur, portable, regresi linier*

---

#### Abstract

*The train is one of the choices of transportation modes that have advantages in terms of cost efficiency. In order to improve services to the community, PT Kereta Api Indonesia (Persero) conducts railroad travel relations. Related to train travel, the safety factor is one of the things that must be considered.*

*Turnout motor is one of the devices that support train travel, complete maintenance must be ensured that the turnout motor is in proper condition for use. One of the parameters of the turnout motor in proper condition is its ability to move the tongue rail must be able to run properly. Therefore, the right instrument is needed to be able to measure the strength of the point motor in moving the load. Portable measuring devices can have more value because they can make it easier for officers to perform maintenance.*

*This digital device can be used as an option to support practicality and portable. With a digital system, components can be used simplicity because there is now a weight sensor (loadcell) and a microcontroller as a component for data processing and LCD as an output to display the measurement results.*

*As a measurement tool, we need an effective method to assess the measurement results can be ascertained. The use of linear regression method can be done in order to get the measurement results with a low error assessment value. Therefore an experiment is needed in sampling the measurement data.*

**Keywords : turnout motor, measuring instrument, portable, linear regression**

---

## 1. Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu pilihan moda transportasi yang memiliki keunggulan dalam hal efisiensi biaya perjalanan. Keunggulan tersebut memberi dampak kepada masyarakat untuk menjadikan kereta api sebagai pilihan ketika akan melakukan perjalanan darat.

Guna meningkatkan pelayanan kepada masyarakat, PT Kereta Api Indonesia (Persero) melakukan penambahan relasi perjalanan kereta api.<sup>1</sup> Bertambahnya relasi perjalanan kereta api tentunya akan meningkatkan frekuensi perjalanan kereta api.

Seiring dengan bertambahnya relasi perjalanan kereta api, keselamatan merupakan salah satu faktor penting yang juga harus diperhatikan. Untuk mengurangi resiko kecelakaan kereta api, maka kondisi perangkat pendukung perjalanan kereta api harus dapat dipastikan dalam kondisi layak digunakan.

Motor wesel merupakan salah satu perangkat pendukung perjalanan kereta api. Perawatan secara berkala harus dilakukan agar dapat dipastikan motor wesel dalam keadaan layak digunakan. Salah satu, parameter motor wesel dalam kondisi layak digunakan adalah kemampuannya dalam menggerakkan beban berupa lidah wesel harus dapat beroperasi dengan baik. Oleh sebab itu, diperlukan alat ukur yang tepat untuk dapat menentukan kekuatan motor wesel dalam menggerakkan beban yang berupa lidah wesel.

Saat ini sudah terdapat alat untuk mengukur kekuatan motor wesel dalam menggerakkan beban, namun sifatnya memiliki dimensi yang besar dan tidak bersifat *portable* serta masih bersifat analog. Kondisi tersebut memiliki kendala tersendiri dalam proses perawatan motor wesel, mengingat bahwa motor wesel juga memiliki dimensi yang besar dan juga berat, maka proses perawatan motor wesel akan menjadi proses yang membutuhkan waktu lama dan biaya yang besar.

Diperlukan alat ukur yang praktis agar proses perawatan motor wesel dapat dilakukan dengan lebih mudah. Penggunaan alat ukur digital dapat menjadi pilihan mengingat bahwa saat ini sudah tersedia komponen berupa sensor pendeteksi massa (*loadcell*) dan mikrokontroler untuk pengolahan data dengan dimensi ukuran perangkat keras yang relatif kecil. Penggunaan sistem digital dapat memungkinkan bahwa alat ukur kekuatan motor wesel dalam menggerakkan beban dapat bersifat *portable* sehingga proses pengukuran dapat dilakukan di lokasi motor wesel terpasang.

Dengan adanya adanya pengembangan terhadap alat ukur motor wesel ini menjadi digital, beberapa fitur lain juga dapat disematkan, diantaranya adalah nilai hasil pengukuran dapat disimpan ke dalam memori yang terdapat pada mikrokontroler sehingga petugas tidak perlu melakukan pencatatan hasil pengukuran secara manual. Selain itu fitur seperti komunikasi secara *wireless* juga dapat diterapkan sehingga hasil pengukuran dapat dikirimkan ke *maintenance center* agar *history* pemeriksaan dan perawatan motor wesel dapat terpantau dengan mudah.

**2. Konsep Dasar**

**2.1 Pengukuran dan Alat Ukur**

Seiring dengan perkembangan zaman, manusia sebagai makhluk yang memiliki kemampuan berpikir, telah mampu memberikan beberapa dampak dan perubahan di muka bumi. Perubahan tersebut tentunya dapat diketahui dengan membandingkan peradaban masa kini dengan masa lampau berdasarkan pengalaman dan pengetahuan sejarah. Sebagai contoh, dahulu manusia menggunakan bintang dan arah angin untuk mengetahui letak lokasi yang akan dituju ketika melakukan perjalanan, namun saat ini perilaku tersebut telah ditinggalkan dan beralih menggunakan alat yang disebut GPS (*Global Positioning System*). Perubahan tersebut dapat terjadi salah satunya adalah karena manusia telah mampu melakukan pengukuran.<sup>2</sup>

Pengukuran adalah keputusan atau hasil dari perbandingan kuantitatif diantara suatu objek dengan objek lain yang memiliki jenis yang sama sebagai acuan. Hasil dari pengukuran merupakan sebuah pernyataan berdasarkan perbandingan antara objek yang diukur dengan objek yang dijadikan sebagai acuan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.<sup>3</sup>

Suatu alat atau instrumen yang digunakan untuk membandingkan antara objek yang diukur dengan objek yang dijadikan acuan disebut dengan alat ukur. Nilai dari suatu objek yang diukur dapat diketahui baik secara langsung, maupun tidak langsung. Secara langsung misalnya, nilai hambatan dapat diketahui berdasarkan nilai yang ditampilkan pada ohmmeter, nilai daya dapat diketahui berdasarkan nilai yang ditampilkan pada wattmeter, dsb. Secara tidak langsung, misalnya kita dapat mengetahui nilai tegangan pada suatu rangkaian dengan cara melakukan pengukuran terhadap arus dan hambatan pada rangkaian tersebut terlebih dahulu, kemudian menentukan nilai tegangannya berdasarkan persamaan  $V=IR$ .<sup>3</sup>

Untuk mengurangi nilai *error* pada suatu alat ukur, maka diperlukan suatu tindakan yaitu, kalibrasi.<sup>4</sup> Nilai *error* merupakan nilai yang muncul akibat ketidaksesuaian hasil pengukuran pada suatu alat ukur dengan alat ukur lain yang dijadikan standar acuan. Tujuan dari dilakukannya kalibrasi adalah untuk menyesuaikan hasil pengukuran dari suatu alat ukur dengan alat ukur lain yang dijadikan standar acuan.

**2.2 Regresi Linier Sederhana**

Pada statistika, analisis regresi merupakan suatu teknik untuk membuat permodelan hubungan antara *dependent variable* (disebut juga sebagai variabel respon) dengan *independent variables* (disebut juga variabel penjelas). Pada regresi, variabel respon dimodelkan sebagai suatu fungsi yang terdiri dari variabel penjelas, *intercept*, dan *slope* yang merupakan perbedaan pada variabel respon yang tidak dapat dijelaskan menggunakan fungsi dari variabel respon dan koefisien. Variabel respon pada regresi linier dimodelkan sebagai fungsi linier yang merupakan kumpulan dari parameter regresi, *intercept* dan *slope*. Parameter diperlukan agar fungsi yang diberikan mampu memiliki kecocokan dengan data.<sup>5</sup>

Regresi linier sederhana pertama kali ditemukan pada tahun 1908, oleh Francis Galton seorang ilmuwan biologi dari Inggris. Regresi linier sederhana merupakan persamaan regresi yang berdasarkan parameter berupa satu variabel respon dan satu variabel penjelas.<sup>5</sup>

Persamaan regresi linear sederhana adalah seperti berikut ini :

$$y = mx + b \dots \dots \dots (1)$$

$$m = \frac{n * \sum x_i y_i - (\sum x_i) * (\sum y_i)}{n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$b = \frac{\sum y_i - (m * (\sum x_i))}{n} \dots \dots \dots (3)$$

$$r = \frac{n * \sum x_i y_i - (\sum x_i) * (\sum y_i)}{(n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) * (n * \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)} \dots \dots \dots (4)$$

$$r^2 = \left( \frac{n * \sum x_i y_i - (\sum x_i) * (\sum y_i)}{(n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) * (n * \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)} \right)^2 \dots \dots \dots (5)$$

- $y$  = variabel respon
- $x$  = variabel penjelas
- $n$  = banyak data
- $b$  = *intercept* (menunjukkan nilai variabel  $y$  ketika  $x = 0$ )
- $m$  = *slope* (menunjukkan kemiringan garis regresi linier sederhana)
- $r$  = koefisien korelasi (menunjukkan hubungan antara  $x$  dan  $y$ )
- $r^2$  = koefisien determinasi (menunjukkan pengaruh variabel  $x$  terhadap variabel  $y$ )<sup>6</sup>

**2.3 Motor Wesel**

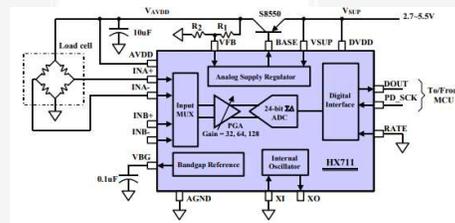
Merupakan komponen berupa aktuator yang digunakan untuk menggeser posisi rel dalam suatu persimpangan. Rel yang dapat digerakkan oleh motor wesel disebut dengan lidah wesel. Lidah wesel akan digerakkan dengan ditarik atau didorong, gerakan translasi ini didapat dari gerakan rotasi motor wesel yang telah terhubung dengan *gearbox*. Motor wesel dalam kondisi layak digunakan apabila mampu mendeteksi posisi lidah wesel serta dapat menggerakkannya ketika diperlukan untuk mengubah arah lintasan kereta api.

**2.4 Loadcell**

*Load cell* merupakan salah satu jenis sensor yang terdiri dari 4 buah *strain gauge* yang mampu mendeteksi tekanan atau berat.<sup>7</sup> *Strain gauge* merupakan suatu komponen yang bersifat elastis dan resistif yang nilai resistansinya dapat berubah berdasarkan kelengkungannya.<sup>8</sup> *Strain gauge* pada *load cell* saling terhubung menggunakan rangkaian *wheatstone bridge*.

**2.5 HX711**

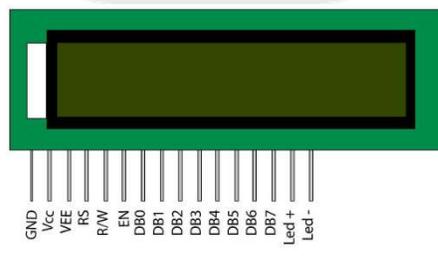
Modul HX711 merupakan modul penguatan yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal analog ke digital pada *load cell*.<sup>9</sup> Sinyal digital hasil konversi akan dikirimkan ke mikrokontroler agar nilainya dapat ditampilkan dan diproses sesuai kebutuhan. Memiliki resolusi ADC (*Analog to Digital Converter*) 24-bit, HX711 didesain untuk berbagai sensor yang berkaitan dengan rangkaian *wheatstone bridge*.



Gambar 1 Diagram Blok HX711 dan Loadcell

**2.3 LCD 16x2**

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu modul layar elektronik untuk menampilkan berbagai jenis karakter. 16x2 memiliki arti bahwa LCD dapat menampilkan karakter sebanyak 2 baris dan 16 kolom. Setiap karakter akan ditampilkan dalam matriks piksel 5x7. Karakter yang ditampilkan pada LCD merupakan hasil konversi dari kode ASCII bersumber dari pengiriman data oleh mikrokontroler.



Gambar 2 Pin Diagram LCD

**2.4 Arduino Uno**

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino Uno mempunyai 20 pin input/output (6 pin dapat difungsikan sebagai output PWM dan 6 pin dapat difungsikan sebagai input analog). Arduino Uno memiliki osilator 16 MHz. Arduino Uno dapat diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE.



**Gambar 3** Arduino Uno

**2.5 Regresi Linier Sederhana**

Baterai merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai catu daya dalam sebuah sistem. Baterai litium polimer pertama kali digunakan pada tahun 1999 dan disematkan pada perangkat telepon genggam Ericsson TS28, pada saat itu ukuran telepon genggam tersebut sudah tergolong kecil dan ringkas.<sup>10</sup>

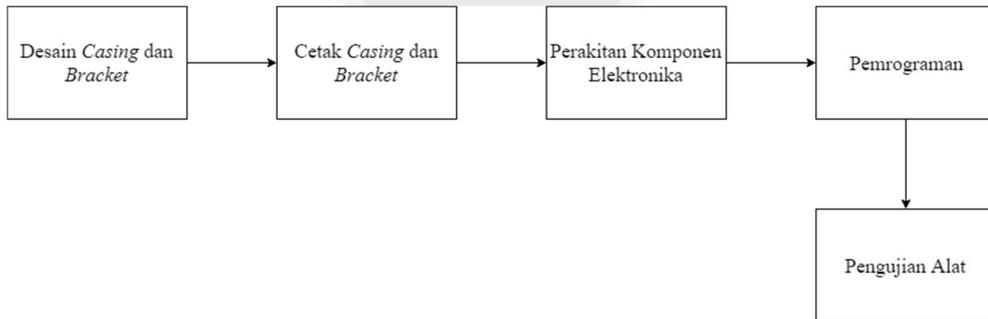


**Gambar 4** Baterai Litium Polimer

**3 Perancangan Sistem**

**3.1 Desain Sistem**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, sistem yang dirancang adalah suatu instrumen yang bertujuan untuk mengetahui nilai berupa massa beban yang dapat digerakkan secara translasi oleh motor wesel. Agar tujuan dari perancangan alat ini dapat dicapai, maka dilakukan beberapa tahapan pengerjaan seperti pada diagram blok berikut:

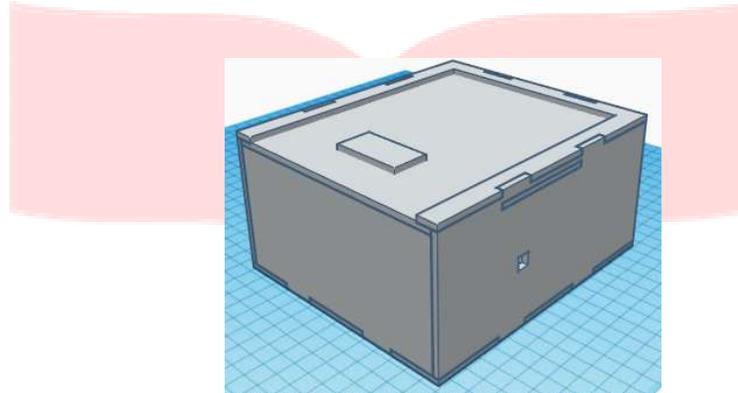


**Gambar 5** Diagram Blok Sistem

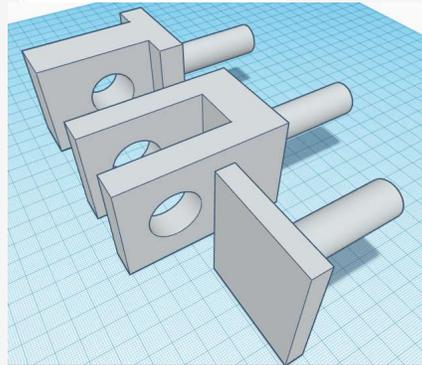
### 1. Desain *Casing* dan *Bracket*

*Casing* dan *Bracket* diperlukan untuk mendukung fungsi alat serta agar perangkat keras elektronika yang digunakan dapat terlindungi, selain itu dengan adanya *casing* dan *bracket* diharapkan akan mampu meningkatkan tingkat kepraktisan alat pada saat digunakan.

Pada tahap ini dilakukan perancangan desain *casing* dan *bracket* dengan tujuan untuk mengetahui dimensi *casing* dan *bracket* yang sesuai dengan fungsi alat dan perangkat keras yang digunakan, selain itu pada tahap ini juga ditentukan bahan material dari *casing* dan *bracket* yang dapat mendukung kerja alat.



**Gambar 6** Desain *Casing* 3 Dimensi



**Gambar 7** Desain *Bracket* 3 Dimensi

### 2. Cetak *Casing* dan *Bracket*

Setelah ditentukan desain dan bahan material dari *casing* dan *bracket*, tahap selanjutnya adalah mencetak *casing* dan *bracket* tersebut. Proses pencetakan dilakukan oleh jasa ahli di bidangnya setelah melalui diskusi berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya.

Beberapa parameter yang harus diperhatikan pada tahap ini diantaranya adalah:

- i. Mengetahui biaya jasa dan bahan material
- ii. Mengetahui lama pencetakan
- iii. Mengetahui secara fisik bahan material yang akan digunakan

### 3. Perakitan Komponen Elektronika

Pada tahap ini komponen elektronika dilakukan proses *wiring* agar dapat saling terhubung, serta perakitan dan pemasangan terhadap *casing* dan *bracket* yang telah selesai dicetak.

4. Pemrograman

Pada tahap ini komponen yang sudah selesai dirakit kemudian dilakukan pemrograman pada mikrokontroler Arduino Uno, pemrograman yang dilakukan bertujuan untuk mengolah *input* dari HX711 berupa tegangan dari sensor *load cell* menjadi *output* berupa tampilan besaran massa dengan satuan kilogram(kg) pada lcd 16x2.

5. Pengujian

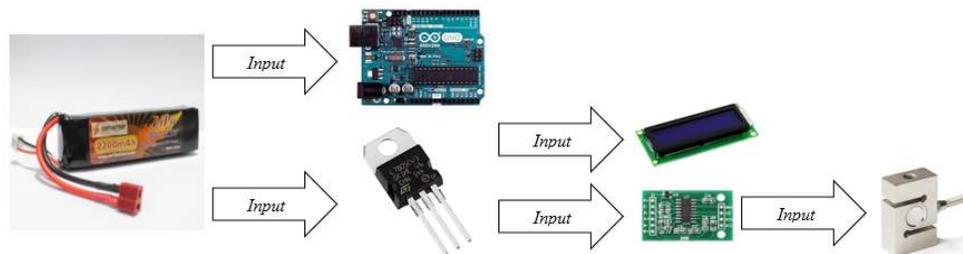
Pada tahap ini alat siap untuk dilakukan pengujian untuk mengetahui bahwa nilai yang keluaran dari sensor *loadcell* dapat dikonversi menjadi nilai dari besaran massa dengan satuan kilogram(kg) .

Suatu sistem dapat diketahui nilai keluarannya apabila segala perangkat yang mendukung fungsi kerja sistem tersebut telah saling terhubung dan saling terintegrasi. Adapun tahapan yang harus dilalui pada perancangan alat ukur kekuatan beban motor wesel adalah sebagai berikut:



Gambar 8 Diagram Alir Cara Kerja Sistem

3.2 Desain Perangkat Keras



Gambar 9 Desain Perangkat Keras

### 1. Baterai Litium Polimer

Baterai berfungsi sebagai catu daya pada sistem. Pada alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable* menggunakan baterai litium polimer dengan kapasitas 2200 mAh dengan tegangan baterai dalam kondisi penuh sebesar 12,45 V.

### 2. LM7805

LM7805 berfungsi untuk mengubah nilai tegangan dari baterai menjadi tegangan dengan nilai  $\pm 5V$ .

### 3. Load Cell

*Load cell* berfungsi untuk mendeteksi kekuatan dorongan oleh motor wesel dalam menggerakkan beban. Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis memilih untuk menggunakan *load cell* dengan tipe *S-Beam Load Cell* YZC-516.



**Gambar 10** *S-Beam Load Cell* YZC-516

Pertimbangan mengenai pilihan penulis menggunakan *S-Beam Load Cell* YZC-516 untuk pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- i. YZC-516 memiliki kekuatan menahan beban dengan massa maksimal 1000 kg. Hal tersebut memungkinkan untuk digunakan sebagai alat ukur kekuatan beban motor wesel, karena pada motor wesel tipe tertentu yang digunakan di Indonesia, kekuatan maksimalnya dalam menggerakkan beban adalah 700-800 kg.
- ii. *Load cell* dengan tipe *S-Beam* memiliki kemampuan untuk mendeteksi dorongan ataupun tarikan, hal tersebut memungkinkan untuk mengukur kekuatan motor wesel yaitu ketika sedang melakukan dorongan atau tarikan terhadap lidah wesel.
- iii. Perancangan *bracket* agar *load cell* bisa terhubung dengan alat ukur yang sudah ada saat kalibrasi lebih mudah dilakukan ketika menggunakan *load cell* tipe *S-Beam*.
- iv. *Load cell* tipe *S-Beam* YZC-516 memiliki harga yang lebih terjangkau dibanding *load cell* dengan tipe *S-Beam* merek lain.

### 4. HX 711

HX 711 berfungsi untuk menerima *output* berupa tegangan dari *load cell*, tegangan yang merupakan sinyal analog akan dikonversi menjadi sinyal digital oleh modul HX 711 yang kemudian akan dikirimkan ke mikrokontroler, tujuannya adalah supaya nilai hasil konversi tersebut dapat diolah oleh mikrokontroler berdasarkan program yang telah dibuat agar dapat menampilkan nilai *output* yang diinginkan yaitu berupa satuan kilogram(kg).

### 5. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan suatu *platform* berbasis mikrokontroler ATmega328 yang memungkinkan penggunaanya untuk dapat melakukan kendali yang berkaitan dengan sistem elektronika. Pada pengerjaan tugas akhir ini, Arduino Uno berfungsi untuk menerima data berupa nilai hasil konversi sinyal analog ke sinyal digital dari modul HX 711, yang kemudian nilai tersebut akan diolah agar dapat memberikan nilai keluaran dengan satuan kilogram (kg) menggunakan program yang telah dibuat pada *software* Arduino IDE.

## 6. LCD 16x2

LCD 16x2 memiliki fungsi untuk menampilkan karakter berdasarkan program yang telah dibuat pada mikrokontroler. Pada pengerjaan tugas akhir ini, LCD 16x2 akan menampilkan karakter berupa nilai dari besaran massa dengan satuan kilogram (kg) dan nilai hasil konversi sinyal analog ke sinyal digital dari modul HX711 yang terhubung dengan *loadcell*.

### 3.3 Desain Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk menunjang perancangan sistem adapun sebagai berikut:

#### 1. Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE digunakan untuk melakukan pemrograman terhadap perangkat keras Arduino Uno. Pemrograman dilakukan agar alat yang telah dirancang dapat melakukan dua tahap pengujian, yaitu:

##### 1.1 Pengujian Kalibrasi

Pada tahap ini, alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable* dilakukan kalibrasi dengan acuan berdasarkan alat ukur kekuatan beban motor wesel yang sudah ada.

##### 1.2 Pengujian Pengukuran Kekuatan Beban Motor Wesel pada Titik Motor Wesel di Sekitar Perlintasan Kereta Api

Pada tahap ini, dilakukan pengukuran kekuatan beban motor wesel yang telah terpasang agar bisa diketahui kesesuaian desain *bracket* yang telah dirancang terhadap objek yang akan diukur, serta agar dapat diketahui mengenai kesesuaian nilai dari hasil pengukuran kekuatan beban motor terhadap nilai kekuatan beban motor wesel yang tertera pada data spesifikasi motor wesel tersebut.

#### 2. Microsoft Excel

Microsoft Excel berfungsi untuk mencatat variabel yang dibutuhkan untuk melakukan metode statistika regresi linier yang dihasilkan dari kalibrasi menggunakan alat ukur kekuatan beban motor wesel yang sudah ada.

#### 3. GoodCalculators

GoodCalculators merupakan perangkat lunak dalam jaringan untuk melakukan perhitungan metode statistika regresi linier. Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan akan digunakan sebagai fungsi persamaan pada pemrograman menggunakan *software* Arduino IDE agar dapat menampilkan nilai hasil konversi dari sinyal analog oleh modul HX 711 dan besaran massa dengan satuan kilogram(kg) pada LCD 16x2.

#### 4. Tinkercad

Tinkercad merupakan suatu perangkat lunak dalam jaringan yang memungkinkan penggunaanya untuk melakukan desain dalam bentuk 3 dimensi. Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis menggunakan perangkat lunak Tinkercad untuk melakukan desain *casing* dan *bracket* yang dapat mendukung fungsi kerja alat.

### 3.4 Pengujian Sistem

Untuk mengetahui keberhasilan terhadap fungsi dan pencapaian tujuan dari sistem alat ukur yang telah dibuat, maka diadakan tiga jenis pengujian yaitu:

#### 3.4.1 Pengujian Ketahanan Baterai dan Pengukuran Tegangan Listrik pada Setiap Komponen yang Digunakan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya pengukuran yang dapat dilakukan berdasarkan kapasitas baterai dan tegangan baterai saat kondisi penuh, serta untuk mengetahui tegangan listrik DC yang terdapat pada setiap komponen yang digunakan.

Alat uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Charger* baterai litium polimer
2. Multimeter
3. Kalkulator

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Lakukan pengisian pada baterai hingga penuh.
2. Hubungan baterai pada sistem alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable*.
3. Arus listrik dari baterai ke alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable* diukur menggunakan multimeter.
4. Setelah diketahui arus listrik tersebut, maka dimasukkan ke dalam persamaan

$$\text{Lama penggunaan(jam)} = \frac{\text{kapasita baterai yang digunakan}}{\text{ arus listrik yang terukur}} \dots (6)$$

5. Kemudian dimasukkan ke dalam persamaan  
*Banyaknya pengukuran yang dapat dilakukan lama penggunaan(detik)*  

$$= \frac{\dots}{7 \text{ detik}} \dots \dots \dots (7)$$

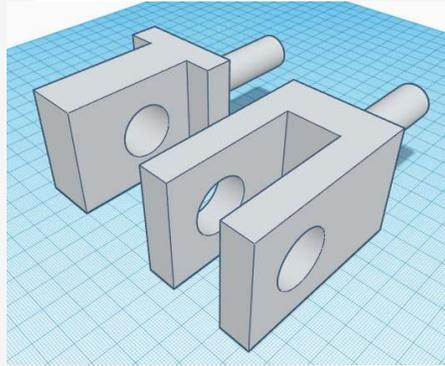
6. Untuk mengetahui tegangan listrik di setiap komponen, maka dilakukan pengukuran menggunakan multimeter pada setiap komponen sebanyak 10 kali dengan interval waktu antar pengukuran 10 detik.

### 3.4.2 Pengujian Kalibrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai yang tertera pada neraca dengan nilai hasil konversi dari sinyal analog oleh modul HX711.

Alat uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Neraca Salter 129
2. Tuas pendorong
3. Motor wesel
4. Alat ukur kekuatan beban motor wesel dengan *bracket* yang telah disesuaikan.
5. Laptop/komputer



**Gambar 11** *Bracket* Untuk Pengujian Kalibrasi

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengujian kalibrasi adalah sebagai berikut:

1. Motor wesel dihubungkan dengan neraca dan alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable*.
2. Motor wesel dalam keadaan mati dan tidak dapat digerakkan.
3. Tuas pendorong yang berfungsi untuk mendorong ke arah motor wesel diputar.
4. Semakin diputar, maka dorongan ke arah motor wesel akan semakin besar dan nilai pada neraca dan alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable* akan mengalami perubahan.

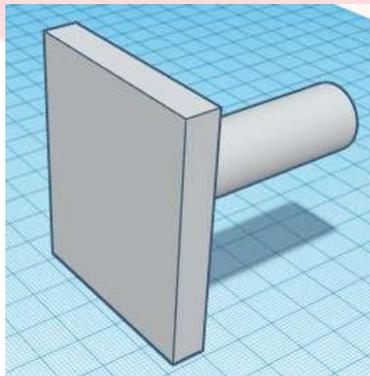
5. Perubahan nilai pada neraca dan alat ukur kekuatan beban motor wesel dicatat dan dibedakan berdasarkan variabel  $x$  dan  $y$ .
6. Variabel  $x$  untuk nilai yang tertera pada neraca dan variabel  $y$  untuk nilai yang tertera pada alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable*.
7. Variabel  $x$  dan  $y$  digunakan sebagai bahan referensi untuk menentukan persamaan regresi linier.

**3.4.3 Pengujian Pengukuran Kekuatan Beban Motor Wesel yang Terpasang di Sekitar Perlintasan Kereta Api**

Pengujian ini dilakukan pada motor wesel yang terpasang di sekitar perlintasan kereta api, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan motor wesel dalam menggerakkan beban.

Alat uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Alat ukur kekuatan beban motor wesel dengan *bracket* yang telah disesuaikan.
2. Motor wesel



**Gambar 12** *Bracket* Untuk Pengujian Pengukuran Kekuatan Beban Motor Wesel di Sekitar Perlintasan Kereta Api

Adapun tahapan yang dilakukan pada pengujian pengukuran kekuatan beban motor wesel yang terpasang di sekitar perlintasan kereta api adalah sebagai berikut:

1. Sensor *load cell* diletakkan pada bagian lidah wesel yang terbuka.
2. Motor wesel dinyalakan lalu kemudian bergerak dan memberi tekanan pada sensor *load cell*.
3. Nilai keluaran yang ditampilkan pada lcd berupa satuan massa dan nilai hasil konversi sinyal analog oleh modul HX711 dicatat.
4. Tahapan tersebut dilakukan sebanyak lima kali, pada tiap sisi lidah wesel.

**4 Hasil dan Analisis**

**4.1 Hasil Pengujian Ketahanan Baterai dan Pengukuran Tegangan Listrik pada Setiap Komponen yang Digunakan**

Pada pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Lama penggunaan(jam)} &= \frac{\text{kapasitas baterai yang digunakan}}{\text{arus listrik yang terukur}} \\
 \text{Lama penggunaan(jam)} &= \frac{2200 \text{ mAh}}{3 \text{ mA}} \\
 \text{Lama penggunaan(jam)} &= 733,33 \text{ jam} \\
 \text{Lama penggunaan(detik)} &= 733,33 \times 3600 \\
 \text{Lama penggunaan(detik)} &= 2639988 \text{ detik} \dots \dots \dots (8)
 \end{aligned}$$

Banyaknya pengukuran yang dapat dilakukan  

$$= \frac{\text{lama penggunaan(detik)}}{7 \text{ detik}} \dots \dots \dots (9)$$

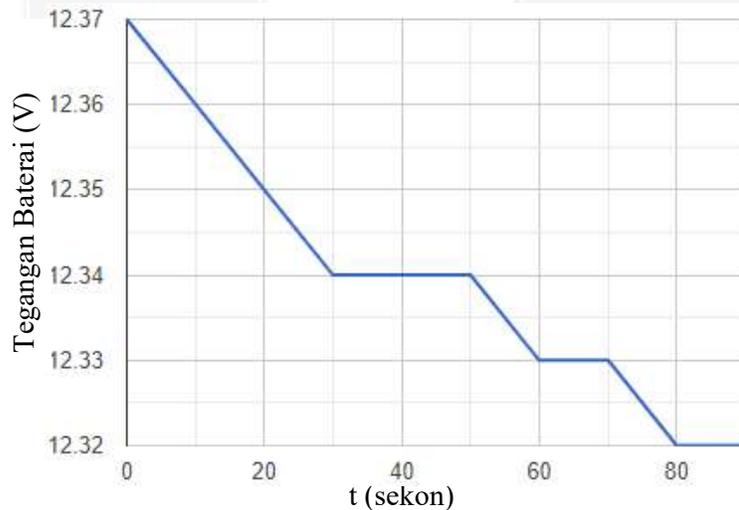
Banyaknya pengukuran yang dapat dilakukan  

$$= \frac{2639988 \text{ detik}}{7 \text{ detik}}$$

$$= 377141 \text{ kali} \dots \dots \dots (10)$$

**Tabel 1** Nilai Tegangan pada setiap Komponen dengan Interval Waktu Pengukuran 10 detik

$t_n$	$V_{\text{baterai}}$ (V)	$V_{\text{LCD}}$ (V)	$V_{\text{HX711}}$ (V)	$V_{\text{Arduino}}$ (V)	$V_{\text{LM7805}}$ (V)
$t_1$	12,37	4,94	3,62	6,55	4,94
$t_2$	12,36	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_3$	12,35	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_4$	12,34	4,95	3,63	6,55	4,95
$t_5$	12,34	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_6$	12,34	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_7$	12,33	4,96	3,62	6,55	4,96
$t_8$	12,33	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_9$	12,32	4,95	3,62	6,55	4,95
$t_{10}$	12,32	4,95	3,62	6,55	4,95
		$\bar{V}_{\text{LCD}} = 4,950$	$\bar{V}_{\text{HX711}} = 3,621$	$\bar{V}_{\text{Arduino}} = 6,550$	$\bar{V}_{\text{LM7805}} = 4,950$



**Gambar 13** Grafik Tegangan Baterai terhadap Waktu

#### 4.2 Hasil Pengujian Kalibrasi

Pada pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 2** Hasil Pengujian Kalibrasi

Data ke-	x (kg)	y (Nilai Keluaran <i>Load Cell</i> )	x*y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	140	6164	862960	19600	37994896
2	150	6535	980250	22500	42706225
3	160	6848	1095680	25600	46895104
4	170	7125	1211250	28900	50765625
5	180	7415	1334700	32400	54982225
6	190	7750	1472500	36100	60062500
7	200	8012	1602400	40000	64192144
8	210	8280	1738800	44100	68558400
9	220	8780	1931600	48400	77088400
10	230	9150	2104500	52900	83722500
11	240	9580	2299200	57600	91776400
12	250	10050	2512500	62500	101002500
13	260	10250	2665000	67600	105062500
14	270	10707	2890890	72900	114639849
15	280	10875	3045000	78400	118265625
16	290	11175	3240750	84100	124880625
17	300	11600	3480000	90000	134560000
18	310	12000	3720000	96100	144000000
19	320	12500	4000000	102400	156250000
20	330	12953	4274490	108900	167780209
21	340	13400	4556000	115600	179560000
22	350	14023	4908050	122500	196644529
23	360	14480	5212800	129600	209670400
<b>Σ</b>	<b>5750</b>	<b>229652</b>	<b>61139320</b>	<b>1538700</b>	<b>2431060656</b>

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa kenaikan nilai besaran massa (x) pada neraca, akan selalu diikuti dengan kenaikan nilai keluaran *load cell* (y).

Data pada tabel 2 digunakan untuk mencari fungsi persamaan regresi linier sederhana berikut:

$$m = \frac{n * \sum x_i y_i - (\sum x_i) * (\sum y_i)}{n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{(23 * 61139320) - (5750 * 229652)}{23 * 1538700 - (5750)^2} = 36,821 \dots \dots \dots (11)$$

$$b = \frac{\sum y_i - (m * (\sum x_i))}{n} = \frac{229652 - (36,821 * 5750)}{23} = 779,534 \dots \dots \dots (12)$$

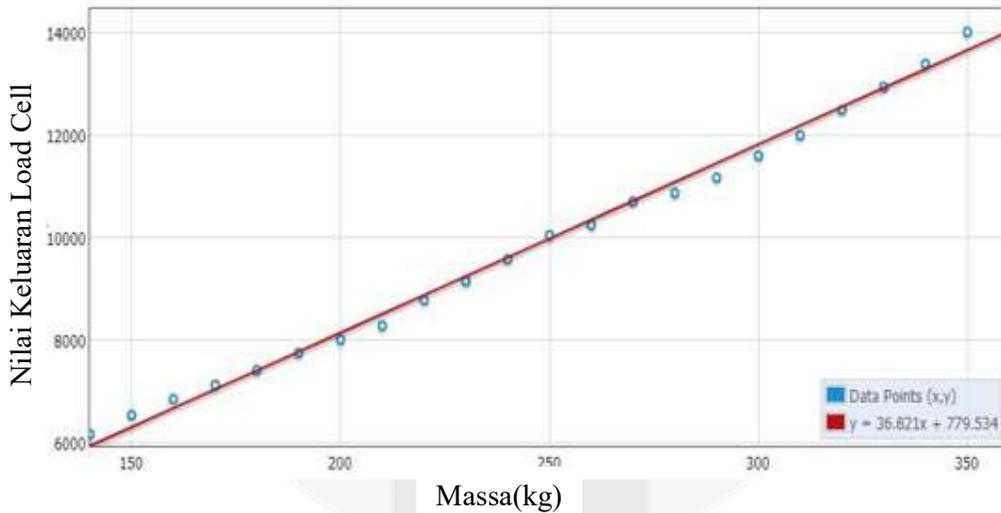
$$y = mx + b = 36,821x + 779,534 \dots \dots \dots (13)$$

$$x = \frac{y - 779,534}{36,821} \dots \dots \dots (14)$$

Pada persamaan (14), merupakan persamaan yang digunakan pada pemrograman ArduinoIDE yang dijadikan referensi pemrograman untuk pengujian selanjutnya.

Pada persamaan (13), dapat diketahui bahwa ketika nilai yang ditunjukkan pada neraca adalah 0 kg maka nilai keluaran dari sensor *load cell* adalah 779,534.

Pada persamaan (11), dapat diketahui bahwa gradien dari grafik regresi linier sederhana yang terbentuk adalah 36,821.



Gambar 14 Grafik Persamaan Regresi Linier Sederhana

**4.3 Hasil Pengujian Pengukuran Kekuatan Beban Motor Wesel yang Terpasang di Sekitar Perlintasan Kereta Api**

Lokasi Pengujian : Stasiun Kiara Condong Bandung (KAC)  
 Jam/Tanggal Pengujian : 09.30 WIB/ 25 Juli 2019  
 Label/Jenis Motor Wesel : 20122B/ T84M

**Tabel 3** Hasil Pengujian Lapangan

Posisi Awal	Posisi Akhir	Massa yang Dapat Didorong Motor Wesel (kg)	Nilai <i>Loadcell</i>	Keluaran
<b>1. Lurus</b>	Belok	255	8637	
	Belok	253	8539	
	Belok	259	8782	
	Belok	260	8799	
	Belok	256	8654	
<b>2. Belok</b>	Lurus	240	8420	
	Lurus	252	8534	
	Lurus	253	8538	
	Lurus	252	8536	
	Lurus	253	8558	

Dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan nilai pada hasil pengukuran yang dilakukan. Adapun perbedaan tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor, diantaranya:

1. Faktor kesalahan manusia / *human error* saat melakukan pengukuran.
2. Faktor kualitas komponen yang digunakan, sehingga belum mampu melakukan filter terhadap interferensi yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.
3. Faktor algoritma yang digunakan saat pemrograman, yang belum mampu melakukan filter terhadap interferensi yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.
4. Faktor kekuatan dorongan motor wesel yang memang berubah-ubah.

**5 Kesimpulan dan Saran**

**5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai besaran massa dengan satuan kilogram(kg) ditentukan dari keluaran *load cell* dengan menggunakan metode regresi linier.
2. Banyak pengukuran yang dapat dilakukan oleh alat ukur kekuatan beban motor wesel *portable* berdasarkan daya baterai 100% (2200 mAh) adalah 377141 kali.
3. Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui bahwa desain yang dirancang telah sesuai untuk dapat dilakukan pengukuran kekuatan beban motor wesel yang terpasang di sekitar perlintasan kereta api.

## 5.2 Saran

Tugas akhir ini dapat memiliki nilai hasil pengukuran yang lebih sedikit terpengaruh oleh interferensi saat pengukuran, yaitu dengan cara menambahkan filter pada algoritma pemrograman, menggunakan komponen dengan kualitas yang lebih baik.

Tugas akhir ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memanfaatkan teknologi IoT (*Internet of Things*) sehingga hasil pengukuran dapat disimpan dalam *database* serta dapat diketahui riwayat dari pengukuran yang telah dilakukan. Selain itu, dapat juga ditambahkan fitur GPS (*Global Positioning System*) sehingga dapat diketahui di titik mana sajakah pengukuran telah dilakukan. Penambahan fitur IoT dan GPS dapat memudahkan pekerjaan petugas perawatan dan pemeliharaan motor wesel sehinggaantisipasi dini ketika terjadi gangguan pada motor wesel dapat segera dilakukan tanpa harus mengeluarkan biaya besar.

## Daftar Pustaka

- [1]. Anonim. 2011. *Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*. Jakarta: Ditjen Perkeretaapian Kementerian Perhubungan.
- [2]. Sawhney, A.K. 1985. “*Electrical and Electronic Measurements and Instrumentation*”. New Delhi: Educational and Technical Publisher
- [3]. Prithwiraj Purkait, Budhaditya Biswas, dan Santanu Das. 2013. *Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation*. New Delhi: McGraw Hill Education.
- [4]. Liptak, Bela G. 2017. *Measurement and Safety*. USA: CRC Press.
- [5]. Yan, Xin dan Xiao Gang Su. 2009. *Linear Regression Analysis: Theory and Computing*. Singapore: World Scientific Publishing.
- [6]. Yuliara, I Made. 2016. *Regresi Linier Sederhana*. Bali: Universitas Udayana.
- [7]. Kusriyanto, Medilla dan Aditya Saputra. 2016. *Rancang Bangun Timbangan Digital Terintegrasi Informasi BMI dengan Keluaran Suara Berbasis Arduino Mega 2560*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [8]. Pisacic, K dkk. 2018. *The Development of an Experimental Beam Support with an Integrated Load Cell*. Croatia: IOP Publishing.
- [9]. Khakim, A. L. 2015. *Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis AVR Tipe ATmega32*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [10]. Anonim. 2018. *Introduction to Lithium Polymer Battery Technology*. Jerman: Jauch Quartz GmbH & Jauch Battery Solutions GmbH.