

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 ALAT DAN BAHAN

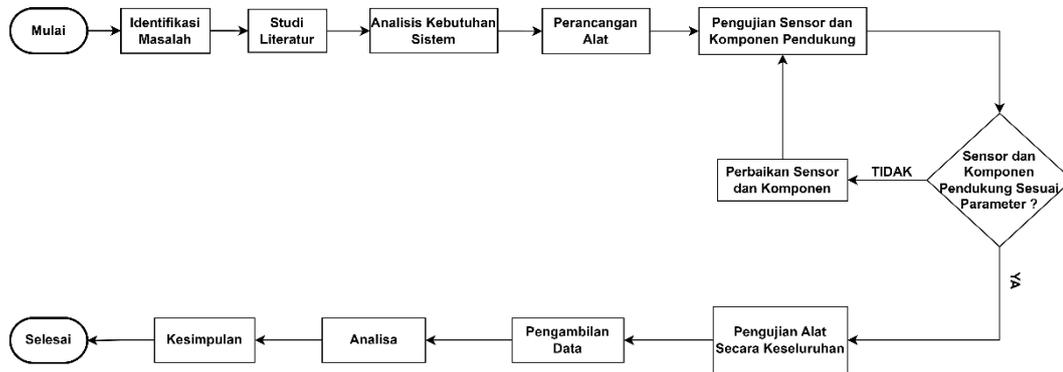
Pada penelitian terdapat alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan monitoring pada jembatan yaitu seperti pada Tabel 3.1 berikut:

**Tabel 3.1 Alat dan Bahan**

NO	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	ESP 32	1
2.	MPU 6050	1
3.	<i>Load cell &amp; HX711</i>	1
4.	Motor Servo	3
5.	ESP 32 Cam	1
8.	LCD 16X2	1
9.	<i>Step Down DC-DC</i>	1

Penelitian ini menggunakan EPS32 sebagai mikrokontroler untuk mengolah data seperti data dari pembacaan sensor *load cell* yang berguna sebagai pemantau tonase dari kendaraan yang akan melintasi jembatan dan juga pembacaan dari sensor MPU6050 untuk melihat sudut kemiringan *roll* dan *pitch* yang terjadi pada jembatan. ESP 32 cam digunakan untuk dapat melakukan pemantauan secara tidak langsung pada jembatan yang nantinya akan dipasang sebuah kamera, ini berfungsi sebagai monitoring keadaan jembatan dan kepada pengendara khususnya yang membawa muatan berlebih agar dapat dilakukan tindakan lanjut oleh petugas terkait dengan bukti yang ditangkap melalui ESP 32 cam. *Load cell* juga dapat digunakan dalam melakukan monitoring mengenai beban yang melewati jembatan dalam melakukan fungsionalnya.

### 3.2 ALUR PENELITIAN



**Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian**

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.1 dari alur penelitian yang dirancang. Didapatkan bahwa penelitian ini tersusun dengan beberapa tahap. Berawal dari melakukan identifikasi suatu masalah yang ada yaitu mengenai jembatan penyeberangan yang difungsikan sebagai perlintasan untuk pengguna berbagai jenis kendaraan-kendaraan lalu lintas, lalu selanjutnya terdapat studi literatur terhadap identifikasi masalah yang ada dengan melakukan pemahaman dan perbandingan pada penelitian yang sudah pernah ada sebelumnya. Studi literatur juga menjadi tolak ukur dalam perancangan perangkat. Perancangan perangkat nantinya akan terdapat perancangan alat dan perancangan *prototype* mengenai jembatan dan akan menghasilkan data untuk dilakukan analisa. Pada penelitian untuk lebih jelasnya mengenai tahap alur penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian masalah yang terjadi pada kurangnya pengawasan atau dalam melakukan monitoring pada suatu jembatan mengenai kendaraan yang melanggar dan menurunnya kualitas dari suatu jembatan.

#### 2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi yang terdapat dalam sumber-sumber tertulis seperti jurnal ilmiah, buku dan lainnya dimana berkaitan dengan masalah penelitian yang akan dilakukan. Pada tahap ini penulis setelah mengumpulkan berbagai informasi selanjutnya mencari kekurangan dari penelitian yang sebelumnya sudah ada ataupun perbedaan-perbedaan dari penelitian yang sudah ada.

### 3. Analisa Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisa kebutuhan ini, dilakukan serangkaian langkah-langkah sistematis untuk mengidentifikasi dan memahami kebutuhan, baik secara fungsional maupun non-fungsional. Hasil yang diperoleh dari analisa kebutuhan sistem ini kemudian digunakan untuk merumuskan spesifikasi dan tahap dalam perancangan kebutuhan desain.

### 4. Perancangan Alat

Tahap perancangan alat ini berupa proses desain dari *prototype* sistem monitoring keamanan jembatan. Proses ini akan membuat sebuah *prototype* jembatan sebagai media pengamatan dan membuat kode pemrograman yang sesuai berdasarkan hasil identifikasi masalah, lalu melakukan *upload* program pada mikrokontroler agar sistem dapat berjalan sesuai dengan perintah pada program yang telah dibuat.

### 5. Pengujian Sensor dan Komponen Pendukung

Pada tahap ini melakukan uji terhadap sensor-sensor yang digunakan seperti pada sensor *load cell*, MPU 6050 dan komponen pendukung seperti ESP32 Cam beserta mikrokontroler yang akan digunakan. Pada pengujian komponen juga memperhatikan *prototype* jembatan yang akan dibuat untuk dilakukan tahap pengujian, untuk selanjutnya sensor diuji dengan menggunakan parameter pembanding seperti pada *load cell* akan menggunakan timbangan lain sebagai pembanding nilai yang dihasilkan sudah sesuai atau sama dengan parameter pembanding. Jika mendapatkan ketidak sesuaikan dengan parameter pembanding maka akan dilakukan perbaikan sensor dan komponen untuk selanjutnya dilakukan kembali pengujian pada sensor dan komponen tersebut.

### 6. Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Setelah perancangan dan implementasi selesai, kinerja sistem akan dievaluasi pada tahap pengujian alat secara keseluruhan dan pengambilan data. Jika sistem masih belum menghasilkan pembacaan sensor yang sesuai dengan program yang telah dibuat, maka sistem akan diperbaiki berulang kali hingga hasil yang diharapkan sebelumnya tercapai.

### 7. Analisa Data

Pada tahap ini, penulis mendapatkan data dari pengujian dan pengambilan data yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya, langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan analisa pada data yang sudah didapatkan, untuk mencari tahu apakah sudah memenuhi algoritma dari program atau belum.

## 6. Kesimpulan

Pada bagian akhir, penulis memberikan pernyataan singkat tentang hasil analisis dan diskusi tentang pengujian alat. Kesimpulannya mencakup jawaban atas pertanyaan rumusan masalah, yang sebagian besar berfokus pada ruang lingkup pertanyaan dan disesuaikan dengan jumlah rumusan masalah.

## 3.3 RANCANGAN SISTEM

Pada rancangan sistem meliputi beberapa hal seperti pengenalan mengenai keunggulan dari *prototype* sistem keamanan pada jembatan, dan pada rancangan sistem juga meliputi beberapa hal pendukung agar *prototype* dapat dilakukan rancangan, diantaranya terdapat perancangan sistem *software* yang berisikan mengenai diagram blok sistem, terdapat perancangan perangkat yang berisikan alur dari sistem agar bekerja dengan baik, dan untuk yang terakhir terdapat perancangan *prototype* jembatan yang berisikan gambaran sistem saat diaplikasikan secara langsung yang dimana pada penelitian ini sistem jembatan merupakan sebuah *prototype*.

### 3.3.1 FITUR *PROTOTYPE* KEAMANAN JEMBATAN

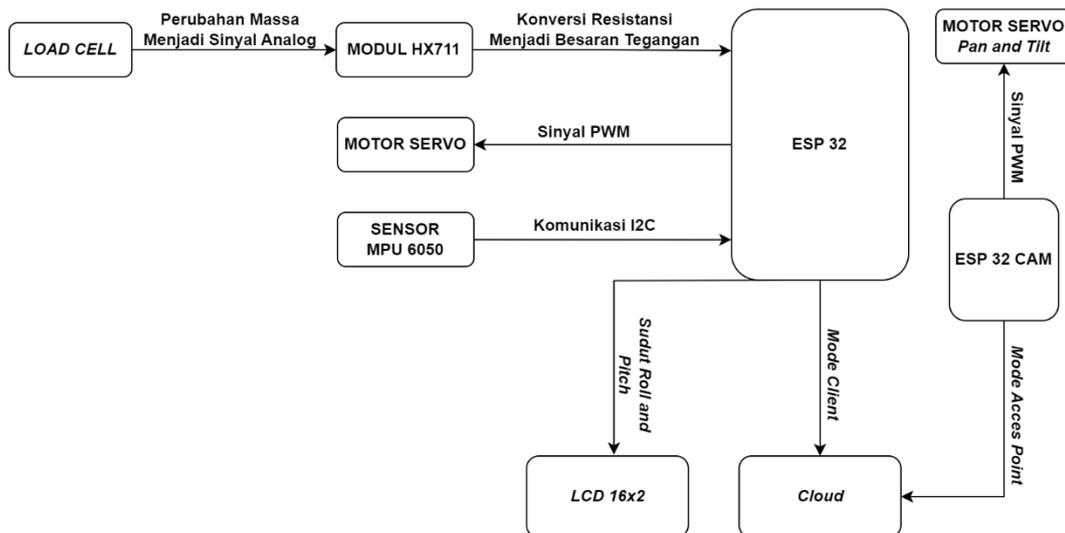
Sistem dirancang dengan memperhatikan kebutuhan dari hasil studi literatur mengenai permasalahan dalam melakukan pemantauan atau monitoring pada suatu jembatan, sistem ditambahkan agar dapat melakukan pendataan mengenai beban kendaraan yang akan melintasi jembatan tersebut dengan batas maksimum beban kendaraan secara *prototype* dapat diperbolehkan melintasi sebesar 175 gram. Untuk mengukur beban kendaraan, sensor beban sel akan mengubah ukuran beban menjadi tegangan. Kemudian, tegangan ini akan diubah menjadi perubahan resistansi yang diukur, dan kemudian akan dikonversi ke besaran tegangan melalui rangkaian saat ini.

Keamanan ditambahkan saat kendaraan sedang melakukan proses penimbangan beban berat, selanjutnya akan ada tambahan sistem sebagai indikasi bahwa kendaraan tersebut diperbolehkan melewati dengan tanda-tanda yang akan didapatkan seperti adanya lampu indikator dan palang pintu sebagai media informasi kendaraan yang akan melintasi jembatan di perbolehkan atau tidak. Pemantauan kemiringan jembatan dengan memperhatikan sudut pada *roll* dan *pitch* yang didapatkan dari sensor untuk mengetahui mengenai perubahan sudut yang terjadi selama jembatan beroperasi, dengan mendapatkan hasil dari pendataan kemiringan sudut *roll* dan *pitch* pada jembatan ini akan menjadikan evaluasi bahwa jembatan tersebut perlu dilakukan pemeliharaan dan pengecekan secara berkala agar jembatan dapat berfungsi dengan baik dan sesuai kegunaannya. Data untuk perubahan sudut *roll* dan *pitch* selama proses berlangsung akan ditampilkan pada LCD 16x2.

Pemantauan secara visualisasi juga dipermudah dengan pemasangan kamera pada jembatan yang bertujuan untuk memantau keadaan sekitar jembatan, pemantauan secara *real time* dan dapat menyimpan gambar atau berfungsi sebagai CCTV agar jembatan mudah untuk dilakukan analisa jika terjadi suatu kejadian melalui gambar yang tersimpan. Kamera juga dapat digunakan untuk memantau kondisi lain sekitar jembatan secara *real time*, seperti kondisi cuaca maupun aktivitas di sekitar jembatan.

### **3.3.2 PERANCANGAN SISTEM SOFTWARE**

Sistem ini dibangun agar dapat melakukan monitoring pada jembatan dengan menggunakan beberapa bantuan sensor seperti *load cell*, MPU6050, dan menggunakan motor servo, dengan menggunakan ESP 32 sebagai mikrokontroler yang bertugas menjalankan pemrograman untuk mendapatkan data dari sensor-sensor yang ada, penggunaan ESP 32 Cam digunakan untuk memantau keadaan sekitar pada jembatan. Berikut adalah diagram blok sistem dari alat yang akan dibuat.



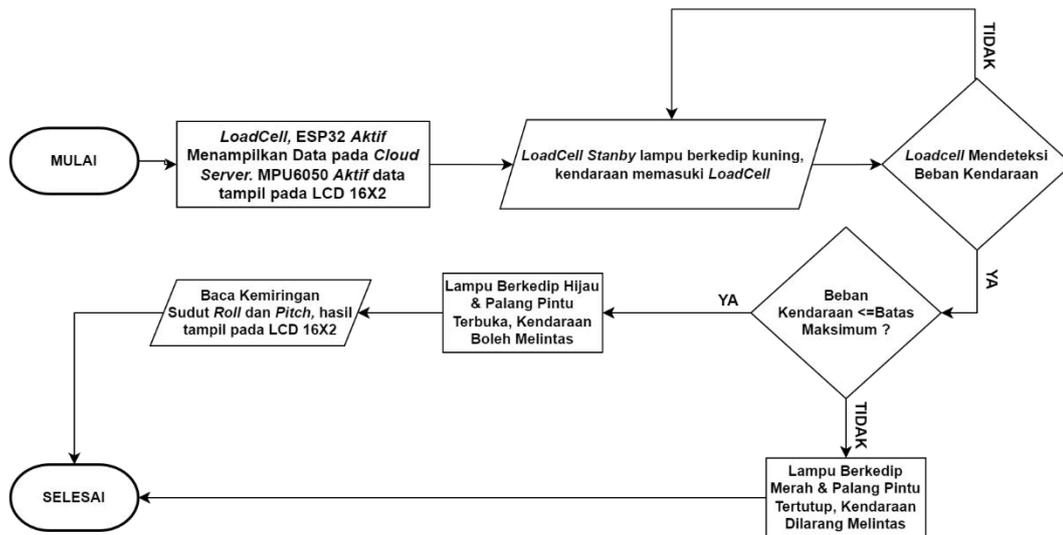
**Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem**

Berdasarkan Gambar 3.2, cara kerja dari sistem yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Blok *load cell*, yaitu sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran mengenai berat dari sebuah objek yaitu kendaraan *prototype*.
2. Blok modul HX711, yaitu modul timbangan untuk sensor *load cell* ini digunakan sebagai pengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam tegangan melalui rangkaian yang ada.
3. Blok MPU6050, yaitu sensor yang melakukan pembacaan data kemiringan sudut *roll* dan *pitch* sebagai pemantauan pada jembatan *prototype*.
4. Blok ESP 32, yaitu sebagai pengolah data yang dihasilkan oleh sensor yang akan ditampilkan pada *cloud server* yang telah dibuat agar mempunyai tampilan *interface* yang mudah dipahami untuk menampilkan hasil dari pembacaan berat kendaraan dalam satuan gram atau kilogram.
5. Blok ESP 32 Cam, yaitu sebagai pemantau kondisi jembatan dengan melihat keadaan secara *real time*.
6. Blok *Cloud*, yaitu sebagai penampil dari hasil pengukuran yang di dapat dari sistem dan digunakan juga untuk melakukan visualisasi keadaan yang ditampilkan dari ESP32 Cam maupun *Load Cell*.
7. Blok LCD 16x2 digunakan sebagai *output* dalam menampilkan pembacaan yang dihasilkan oleh MPU6050, sudut yang ditampilkan yaitu *roll* dan *pitch* dan dapat dipantau melalui *display* pada LCD 16x2 yang telah diaplikasikan.

### 3.3.3 PERANCANGAN PERANGKAT

Perancangan perangkat sangat memperhatikan tahapannya agar dalam pengoperasiannya alat ini dapat tangguh dan efisien, memastikan perangkat mampu beroperasi dengan optimal dan mengenai sistem monitoring keamanan jembatan dapat bekerja, dari proses awal hingga akhir perangkat ini bekerja adalah sebagai berikut:



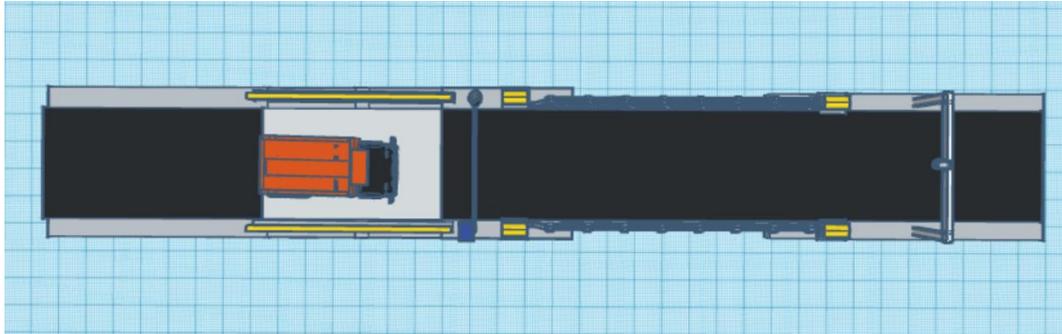
Gambar 3.3 Flowchart Sistem

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.3 diatas adalah sebagai berikut:

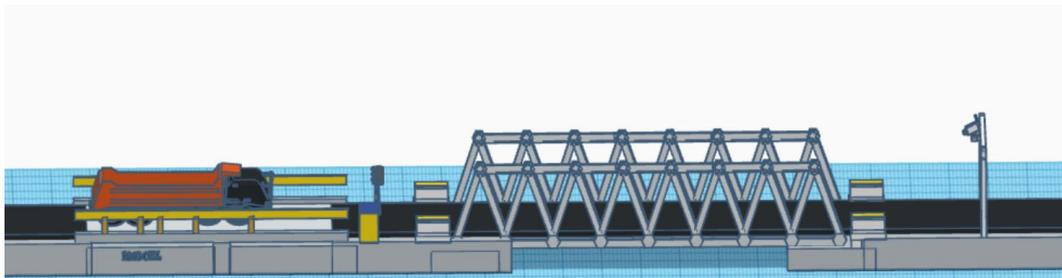
1. *Load Cell* dan ESP32 Cam aktif menampilkan data pada *cloud server*. MPU 6050 aktif dan menampilkan data pada LCD 16X2.
2. *Load Cell* pada kondisi *stanby* dengan indikator lampu berkedip kuning menandakan tidak ada beban berat yang terdeteksi.
3. Sensor *load cell* menimbang berat kendaraan dan akan menentukan kendaraan tersebut diperbolehkan atau tidak untuk melewati jembatan.
4. Kendaraan dibawah batas maksimum akan diperbolehkan melewati jembatan dengan isyarat lampu menyala berwarna hijau dan palang pintu terbuka, sedangkan kendaraan diatas batas maksimum tidak diperbolehkan dengan isyarat lampu menyala berwarna merah dan palang pintu tertutup.
5. Sensor MPU6050 aktif dan akan mengkonversi sudut kemiringan suatu objek yang telah ditentukan dan menampilkan sudut *roll* dan *pitch* pada LCD 16X2.

### 3.3.4 PERANCANGAN *PROTOTYPE* JEMBATAN

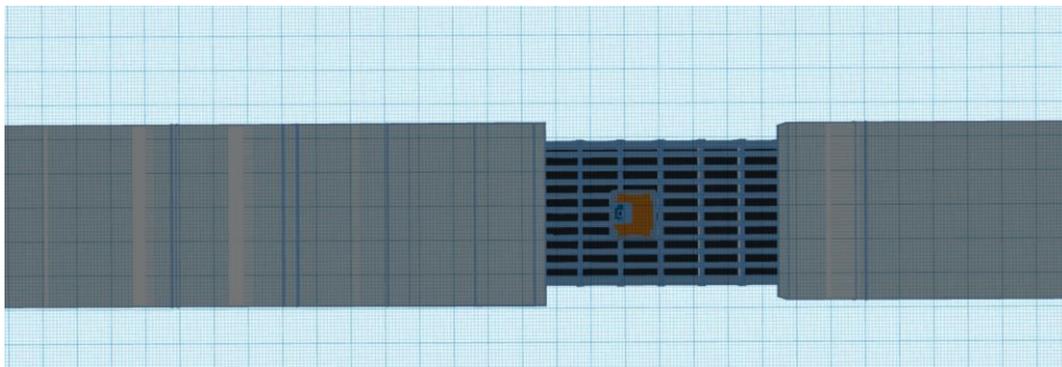
Perancangan mengenai *prototype* mengenai jembatan yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



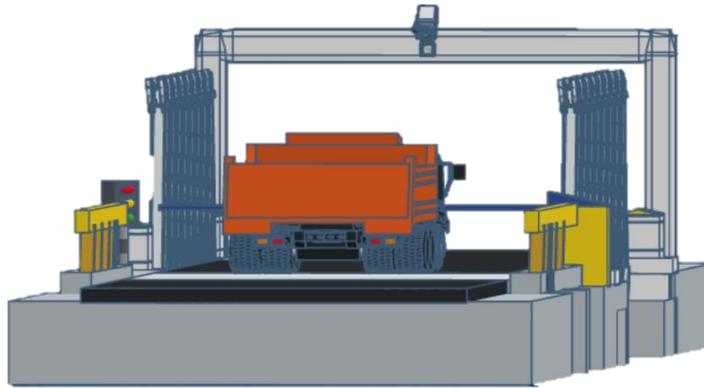
**Gambar 3.4 Sistem Keamanan Jembatan Tampak Atas**



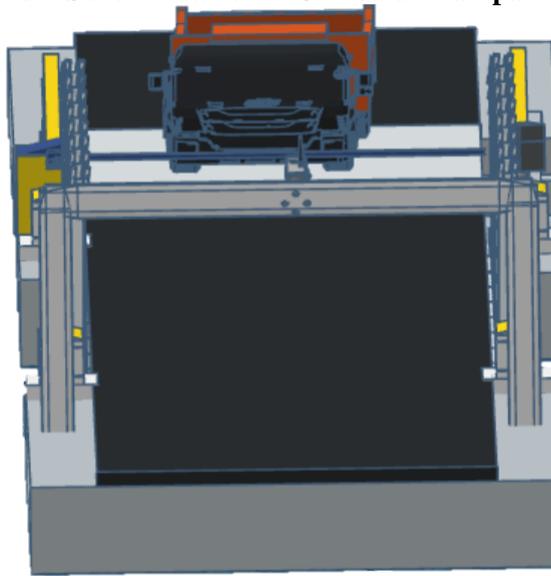
**Gambar 3.5 Sistem Keamanan Jembatan Tampak Samping**



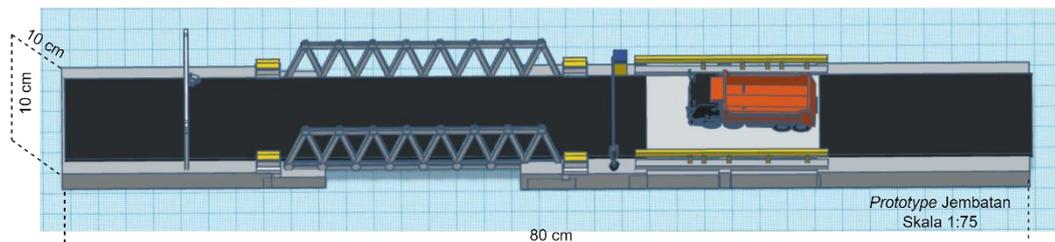
**Gambar 3.6 Sistem Keamanan Jembatan Tampak Bawah**



**Gambar 3.7 Sistem Keamanan Jembatan Tampak Belakang**



**Gambar 3.8 Sistem Keamanan Jembatan Tampak Depan**



**Gambar 3.9 Ukuran *Prototype* Jembatan**

Gambar 3.9 menunjukkan mengenai ukuran pada *prototype* yang akan dibuat, desain dibuat dengan skala perbandingan 1:75, perbandingan tersebut didapatkan mengikuti rata-rata ukuran jembatan yang asli yang mempunyai panjang sekitar 60 meter dengan lebar sebesar 6 meter. Jadi didapatkan untuk ukuran panjang keseluruhan pada *prototype* sebesar 80 cm, dengan lebar yang akan dibuat sebesar 8 cm dan tinggi sebesar 8 cm.

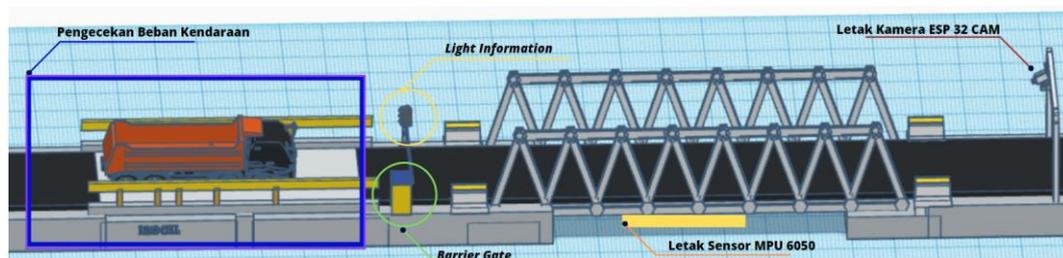
### 3.4 RANCANGAN *HARDWARE*

Untuk perancangan *hardware* ini dibuat sebagai gambaran awal bagaimana sistem diletakkan, dirancang, keterkaitan antara komponen dan konfigurasi komponen satu terhadap komponen lainnya, dapat dilihat seperti gambar yang telah disediakan dibawah ini.



**Gambar 3.10 Tampilan *Box Hardware***

Pada Gambar 3.10 menampilkan *box hardware* yang berisikan ESP32 sebagai mikrokontroler yang akan mengolah data dari pembacaan sensor maupun melakukan *output* untuk menampilkan hasil dari pembacaan yang telah diproses, terdapat modul *step down dc to dc* untuk mengaktifkan ESP32 Cam agar dapat beroperasi dengan tegangan 5V.

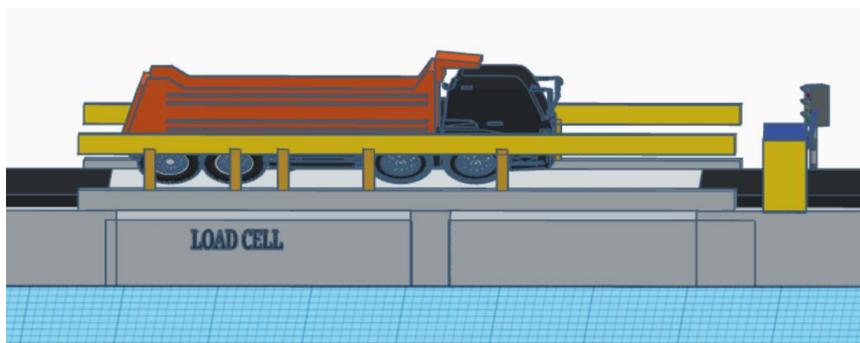


**Gambar 3.11 Penempatan Sensor dan Komponen**

Pada Gambar 3.11 merupakan penjelasan mengenai fitur-fitur yang terdapat dalam pembuatan *prototype* keamanan jembatan diantaranya terdapat titik awal dimana kendaraan melakukan monitoring beban berat dari kendaraan tersebut yang

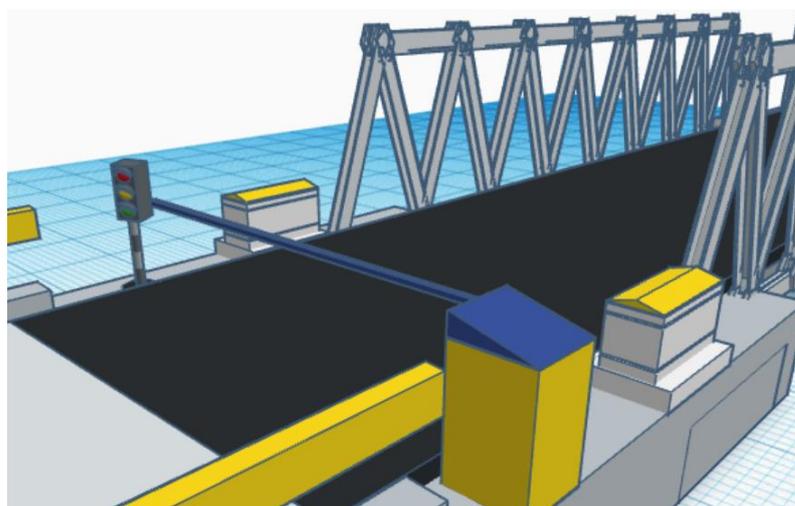
akan melintasi jembatan dan terdapat indikator sebagai penentu apakah kendaraan diperbolehkan untuk melintasi atau tidak terdapat *barrier gate* dan *light information*.

Selanjutnya terdapat sensor yang akan membaca kemiringan pada jembatan sebagai monitoring jembatan dan yang terakhir terdapat pemantauan yang dilakukan secara langsung atau *real time* menggunakan kamera yang dapat diakses dan menyimpan rekaman pada situasi jembatan. Berikut juga akan diperjelas mengenai penempatan sensor dan komponen lainnya.



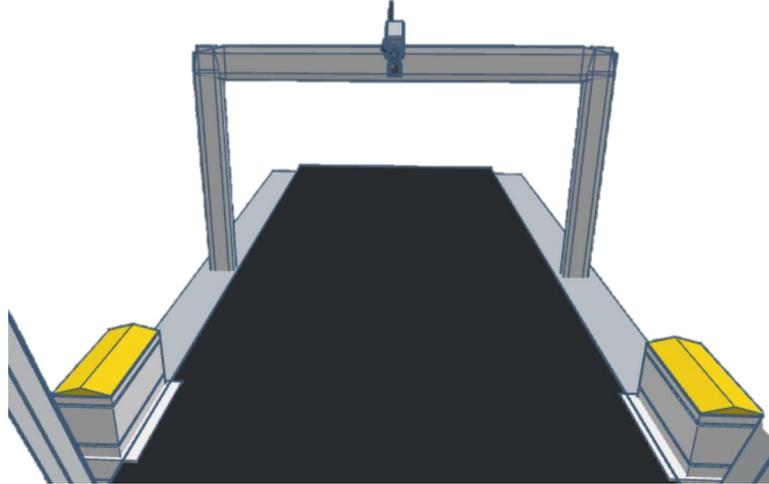
**Gambar 3.12 Penempatan *Load cell***

Pada Gambar 3.12 menunjukkan penempatan *load cell* yang digunakan untuk menimbang massa dari suatu kendaraan sebelum melintasi jembatan jalan raya. *Load cell* ini akan digunakan untuk menimbang berat dari sebuah beban kendaraan *prototype* yang akan digunakan nantinya.



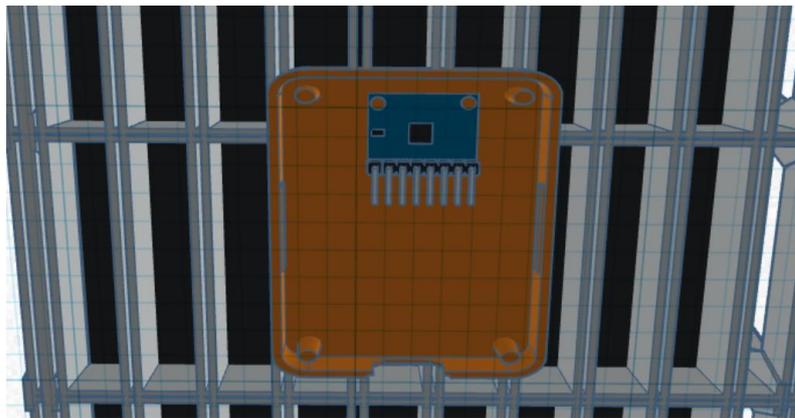
**Gambar 3.13 Penempatan *Barrier Gate* dan *Information Light***

Pada Gambar 3.13 merupakan penempatan *barrier gate* dan *information light* sebagai hasil diperbolehkan atau tidaknya sebuah kendaraan melintasi jembatan jalan raya *prototype* tersebut.



**Gambar 3.14 Penempatan ESP 32 Cam**

Pada Gambar 3.14 merupakan penempatan ESP32 Cam yang digunakan untuk memantau keadaan sekitar jembatan dan digunakan sebagai pemantauan secara tidak langsung dengan cara mengakses kamera tersebut dan ditampilkan pada layar monitor.



**Gambar 3.15 Penempatan Sensor MPU6050 Dibawah Jembatan**

Pada Gambar 3.15 merupakan penempatan sensor untuk mengetahui sudut kemiringan *roll* dan *pitch* dari jembatan jalan raya *prototype* menggunakan sensor MPU6050 yang diletakkan pada satu titik dimana titik tersebut berada pada titik tengah jembatan dan menaruh sensor MPU6050 tepat dibawah jembatan *prototype*.

**Tabel 3.2 Konfigurasi Pin ESP 32**

Alat Komponen	Pin Digunakan
MPU6050	SCL (GPIO 22), SDA (GPIO 21), 3.3V, GND
<i>Load cell &amp; HX711</i>	DT (GPIO 16), SCK (GPIO 4), 3.3V, GND
Motor Servo	Signal (GPIO 13), 3.3V, GND
LED	Merah (GPIO 25), Kuning (GPIO 33), Hijau (GPIO 32)

**Tabel 3.3 Konfigurasi Pin ESP32 Cam**

Alat Komponen	Pin Digunakan
<i>Servo Tilt</i>	GPIO 15
<i>Servo Pan</i>	GPIO 14

### 3.5 METODE PENGUJIAN

Pada metode pengujian akan dilakukan uji mengenai alat secara keseluruhan dimulai dari komponen yang bekerja dan sensor yang telah terpasang. Pengujian pada penelitian ini berfokus pada pembebanan berat kendaraan yang akan melintasi jembatan, untuk selanjutnya jembatan dilakukan monitoring mengenai perubahan sudut *roll* dan *pitch* nya saat sedang dilintasi oleh kendaraan, dan juga melakukan pemantauan mengenai keadaan sekitar jembatan menggunakan bantuan kamera. Adapun pengujian dari masing-masing sensor dan komponen yang akan dijelaskan dibawah ini.

Pengukuran nilai *error* dan akurasi pada pengujian sensor pada proses pengujian sensor ini, dilakukan perhitungan secara matematis nilai persentase *error* dan tingkat akurasi sensor. Perhitungan persentase *error* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ERROR(\%) = \left| \frac{Nilai\ Sensor - Nilai}{Nilai} \right| \times 100 \quad (3.1)$$

Sedangkan untuk perhitungan tingkat akurasi sensor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Akurasi = 100\% - Error \quad (3.2)$$

### 3.5.1 PENGUJIAN JEMBATAN TIMBANG

Jembatan timbang menggunakan *load cell* sebagai sensor nya dengan HX711 sebagai modul *amplifier* atau penguatnya yang akan di konversikan menjadi tegangan pada mikrokontroler, sebelum melakukan pengujian pada *load cell* akan dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan sensor mendapatkan keluaran yang sesuai dengan yang diharapkan. Kalibrasi dapat dilakukan dengan memprogram sensor terlebih dahulu dan menggunakan benda dengan berat yang sudah diketahui *massa* nya.

Pengujian selanjutnya dilakukan perbandingan mengenai berat beban kendaraan *prototype* menggunakan sensor yang terpasang dengan timbangan *digital* referensi atau timbangan lain yang sudah kuat akurasi pembacaannya. Pada pengujian juga akan mencari nilai *error* dan akurasi dalam perbandingan *load cell* dengan timbangan referensi. Apabila didapatkan dalam pengujian berat yang dihasilkan berbeda, maka akan dilakukan kalibrasi ulang dan perubahan pada kode program sensor *load cell* yang terpasang sebagai pembaca berat beban kendaraan *prototype* pada jembatan timbang, gram digunakan sebagai skalanya.

### 3.5.2 PENGUJIAN BARRIER GATE dan INFORMATION LIGHT

*Barrier gate* menggunakan motor servo sebagai palang pintu yang akan memberikan respon terbuka atau tertutupnya palang pintu. *Respon* yang akan dikeluarkan oleh motor servo juga akan sama oleh respon yang akan dikeluarkan pada *information light*. Proses pengujian dilakukan dengan memprogram motor servo agar hanya dapat membaca masukan atau *input* dan bergerak dengan sudut sebesar 90° untuk membuka palang pintu agar kendaraan yang sesuai kriteria

pembebanan dapat melintasi jembatan, namun kendaraan yang tidak sesuai pembebanan jembatan dilarang melintas dengan motor servo tidak membuka palang atau tidak berputar sebesar 90°.

Proses pengujian pun berlanjut saat servo harus kembali pada posisi semula atau 0° untuk menutup kembali palang pintu. Kode pemrograman pun harus diatur sedemikian rupa agar motor servo mendapatkan *input* yang juga pada *information light* akan menyala berwarna hijau saat kendaraan diperbolehkan masuk, dan menyala berwarna merah serta motor servo menutup yang bertanda kendaraan tersebut dilarang melintasi jembatan dan sebagai tanda bahwa ada pengecekan beban kendaraan maka pada *information light* akan menyala secara *blink* berwarna kuning sebagai tanda *standby*. Kondisi *barrier gate* dan lampu led bergerak berdasarkan hasil pembacaan *load cell* dalam mencari skala berat dalam gram, dengan menetapkan berat maksimum adalah 175 gram, dengan melakukan rata-rata berat truk asli 12 ton atau 12.000 gram dan menggunakan skala 1:55 sehingga nilai maksimum tersebut dapat digunakan. 100 gram merupakan berat prototipe truk dan 75gram merupakan berat beban bawaan.

### 3.5.3 PENGUJIAN SENSOR KEMIRINGAN MPU 6050

Kemiringan jembatan untuk sudut nya dipantau menggunakan sensor MPU 6050, pada sensor akan dilakukan kalibrasi terlebih dahulu pada sensor karena akan dikirimkan nilai *yaw*, *pitch*, dan *roll* kepada mikrokontroler, tetapi pada implementasinya hanya menggunakan dua sudut yaitu *roll* dan *pitch* untuk melihat perubahan rotasi matriks, sensor digerakkan ke berbagai arah.

Sensor MPU 6050 mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap getaran dan menyebabkan nilai nya mudah berubah apabila bergeser sedikit saja. Pengujian harus dilakukan dengan hati-hati agar mendapatkan nilai akurasi yang sesuai pada sensor MPU 6050. Penggunaan *roll* dan *pitch* untuk mengetahui kemiringan umumnya lebih disukai karena kemudahan interpretasi, pengurangan *noise*, integrasi dengan algoritma lain, fokus pada informasi yang relevan, dan efisiensi komputasi. Namun, data *raw* dapat bermanfaat dalam situasi tertentu seperti kalibrasi sensor, deteksi anomali, dan penelitian. Pada proses pengujian akan membandingkan nilai akurasi dari sensor MPU 6050 sebelum dilakukan

kalibrasi atau menggunakan kalibrasi *default* dengan melakukan kalibrasi ulang pada program.

#### **3.5.4 PENGUJIAN KAMERA ESP 32 CAM**

Kamera menggunakan ESP 32 Cam untuk dapat menampilkan situasi sekitar jembatan, awal pengujian memastikan ESP 32 Cam dapat berfungsi sebagai *access point* untuk menghubungkan semua piranti perangkat dalam melakukan monitoring. Memastikan mendapatkan tegangan 5V serta dapat memberikan sinyal PWM terhadap motor servo *pan* dan *tilt*. Data yang diambil dari berupa gambar.