

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan uji sistem monitoring keamanan jembatan berbasis *prototype*. Melalui berbagai pengujian, penelitian ini mengevaluasi akurasi, respons, kestabilan, dan keandalan dari bagian yang digunakan dalam sistem monitoring ini. Berikut adalah kesimpulan dari penelitian:

1. *Load cell* menunjukkan akurasi yang baik dengan variasi deviasi yang kecil antara pembacaan *load cell* dan timbangan referensi sebesar satu sampai dengan tiga gram dan mempunyai rata-rata *error* sebesar 0.96% dengan rata-rata akurasi sebesar 99.04%. Sistem ini dapat membaca 175 gram sebagai beban maksimum, memastikan bahwa hanya kendaraan dengan beban yang sesuai diizinkan melintas melalui sistem kontrol akses yang terdiri dari motor servo untuk *barrier gate* dan LED indikator. Sistem ini bekerja secara efektif dalam menjaga keamanan dan efisiensi penggunaan jembatan.
2. Sensor MPU6050 memberikan hasil pembacaan sudut *roll* yang awalnya bervariasi dari -0.18 hingga 0.46 derajat tanpa kalibrasi, yang berhasil dikurangi menjadi stabil dengan variasi antara 0.01 hingga 0.04 derajat setelah dilakukan kalibrasi. Perbedaan atau *error* terbesar yang berhasil diatasi mencapai 0.45 derajat. Selain itu, nilai *pitch* tanpa kalibrasi bervariasi dari -0.08 hingga 0.35 derajat, yang kemudian stabil dengan variasi antara 0.02 hingga 0.07 derajat setelah kalibrasi. Perbedaan maksimum antara nilai *pitch* tanpa kalibrasi dan setelah kalibrasi mencapai 0.29 derajat. Kalibrasi berhasil mengurangi fluktuasi dan *error* dalam pembacaan sudut, membuat sensor lebih andal untuk digunakan dalam pemantauan kemiringan jembatan.
3. ESP32 Cam berhasil dikonfigurasi sebagai *Acces Point* dan memberikan kemampuan pemantauan *real time* yang efektif. Dengan mekanisme *pan* dan *tilt* yang dikendalikan oleh motor servo, sistem ini memberikan fleksibilitas dalam mengarahkan kamera ke berbagai sudut sesuai kebutuhan dalam

penggunaannya. Pengguna dapat mengakses alamat IP 192.168.4.1 untuk dapat melihat CCTV dan menggerakkan servo *pan* dan *tilt* untuk melihat keadaan sekitar jembatan. Sedangkan alamat IP 192.168.4.2 digunakan untuk melihat pembacaan beban prototipe kendaraan yang dibaca oleh *load cell*.

4. Pengujian prototipe truk dengan sensor MPU6050 menunjukkan bahwa truk paling stabil saat berada di tengah lintasan, dengan sudut *Roll* antara 0.03 hingga 0.07 derajat dan *Pitch* antara 0.03 hingga 0.08 derajat. Saat miring kiri, sudut *Roll* berkisar antara 0.01 hingga 0.07 derajat dan *Pitch* antara 0.00 hingga 0.06 derajat, sedangkan saat miring kanan, *Roll* bervariasi antara 0.04 hingga 0.11 derajat dan *Pitch* antara 0.03 hingga 0.10 derajat. Pada kondisi *cross*, baik kiri maupun kanan, variasi sudut lebih besar, dengan *Roll* antara 0.00 hingga 0.05 derajat dan *Pitch* antara -0.04 hingga 0.08 derajat untuk *cross* kiri, serta *Roll* antara -0.02 hingga 0.03 derajat dan *Pitch* antara -0.01 hingga 0.06 derajat untuk *cross* kanan. Kesimpulannya, truk lebih stabil di tengah lintasan, sedangkan kondisi miring dan *cross* menantang stabilitas lebih besar, yang penting untuk diperhatikan dalam desain dan pengujian demi keamanan dan kinerja optimal.

5.2. SARAN

Berdasarkan hasil dan temuan pengujian, berikut adalah beberapa rekomendasi untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem monitoring keamanan jembatan:

1. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk menguji sistem monitoring ini pada skala yang lebih besar dan dalam kondisi lingkungan yang lebih bervariasi untuk memastikan keandalan dan ketahanannya.
2. Menambahkan sensor tambahan untuk mendeteksi jenis kendaraan yang melintas, sehingga dapat dikembangkan untuk mengatur akses kendaraan berdasarkan jenis dan muatannya.
3. Menganalisis data sensor MPU6050 untuk mendeteksi potensi kerusakan pada struktur jembatan.

4. Implementasi sistem monitoring ini pada jembatan nyata dapat dimulai dengan proyek percontohan pada jembatan berukuran kecil hingga sedang, untuk menguji keefektifan dan efisiensi sistem dalam kondisi operasional sebenarnya.