

SISTEM PENGENDALI TRAFFIC, BEBAN, DAN PERINGATAN DINI PADA JEMBATAN DENGAN PEMANTAU BERBASIS ANDROID

Monica Putri Indrayati¹⁾, Faqih Rofii²⁾, Istiadi³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro - Universitas Widyagama Malang
Email: putri.indrayati27@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Elektro - Universitas Widyagama Malang
Email: faqih@widyagama.ac.id

³⁾Program Studi Teknik Informatika - Universitas Widyagama Malang
Email: istiadi@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Jembatan merupakan infrastruktur yang penting karena menjadi penghubung antar wilayah yang terpisah. Suatu jembatan dirancang dengan kapasitas traffic dan beban tertentu yang perlu dijaga dalam penggunaannya. Karena hal tersebut, maka upaya pemantauan dan pengendalian perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengendali traffic, beban dan peringatan dini suatu jembatan yang memungkinkan dipantau melalui perangkat bergerak berbasis Android. Sistem dikembangkan dalam bentuk prototype jembatan dengan pemasangan palang pintu otomatis untuk mengendalikn kendaraan yang masuk. Pengendalian didasarkan total beban dan jumlah kendaraan yang melintas jembatan. Suatu peringatan dini akan aktif jika terindikasi traffic atau beban mencapai atau melebihi beban batas yang ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengendali dapat mengaktifkan palang pintu otomatis berdasarkan batas traffic dan beban maksimum yang ditentukan. Pemantauan secara realtime juga dapat dilihat melalui aplikasi Android yang telah dikembangkan. Seluruh data jumlah kendaran yang melintas akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada aplikasi thingspeak.

Kata kunci: Infrastruktur, Kontrol Smartphone, *Strain Gauge*, *infrared*

ABSTRACT

Bridges are important infrastructure, which is a link between separate areas. A bridge is designed with certain traffic and load capacities that need to be maintained so that monitoring and control efforts are needed. This study aims to develop a system of controlling traffic, load and early warning of a bridge that can be monitored through an Android-based mobile device. The system was developed in the form of a prototype bridge with automatic doorstop installation to control incoming vehicles. Control is based on the total load and the number of vehicles that cross the bridge. An early warning will be active if it is indicated to exceed the specified limit load. The test results show that the control system can activate the automatic doorstop based on traffic limits and the maximum load specified. Realtime monitoring can also be seen through the Android application that has been developed. All weight data of vehicles that pass will be displayed in graphical form on the thingspeak application.

Keywords: *Infrastructure, Control Smartphone, Strain Gauge, infrared*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang berkembang, pembangunan infrastruktur menjadi prioritas utama dalam meningkatkan daya saing Indonesia. Berdasarkan data indeks daya saing infrastruktur yang dikeluarkan oleh *Global Competitive Index*,

Indonesia sempat menduduki peringkat ke-90 pada tahun 2011. Namun, pada tahun 2016 peringkat tersebut bergeser menjadi ke-60. Hal ini tidak terlepas dari pembangunan infrastruktur sebagai prioritas utama dalam meningkatkan daya saing Indonesia.

Saat ini ada empat sub sektor infrastruktur yang sedang dikejar oleh pemerintah, yaitu konektivitas, ketahanan air dan pangan, perumahan, serta infrastruktur pemukiman. Salah satu yang termasuk dalam konektivitas adalah pembangunan jembatan baru yang diharapkan dapat menunjang mobilitas masyarakat dan pembangunan di seluruh wilayah Indonesia dapat merata. Pembangunan infrastruktur publik haruslah dibangun dengan perhitungan yang masak baik manfaat, kualitas, dan sumber pendanaannya agar tidak menjadi kontraproduktif. Dalam dua tahun (2016-2017) sekurang-kurangnya terdapat 14 kecelakaan proyek infrastruktur. Salah satunya adalah jembatan yang amblas (Kompas., 2017). Salah satu contoh yang baru saja terjadi adalah amblasnya jembatan Widang yang berada di Tuban, kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Kejadian tersebut menewaskan dua orang pengemudi (Republika 2018).

Kecelakaan-kecelakaan infrastruktur yang sering terjadi memberikan indikasi rendahnya kualitas proyek bangunan infrastruktur. Factor lain yang memperburuk kualitas proyek adalah pengerjaan yang terburu-buru sehingga tidak sesuai *Standard Operating Procedure*(SOP). Akibat dari kecelakaan-kecelakaan ini adalah mahalnya biaya perbaikan dan pemeliharaan. Oleh karena itu, diperlukan adanya pemeliharaan terhadap infrastruktur tersebut secara berkala. Salah satu hal yang dapat dilakukan sebagai langkah pemeliharaan infrastruktur khususnya pada jembatan adalah dengan pengendalian beban maksimum yang dapat ditopang oleh jembatan tersebut. Dalam hal ini, beban jembatan terkait dengan kapasitas (traffic) kendaraan yang melintas jembatan maupun total berat kendaraan yang membebani jembatan.

Terkait dengan permasalahan tersebut, beberapa penelitian telah dilakukan yang lebih ditekankan pada monitoring jembatan, yaitu penggunaan accelerometer untuk monitoring lendutan pada jembatan (Syaryadhi et al, 2016), penggunaan Wireless Strain Sensor untuk monitoring regangan pada jembatan (Zainuddin et al, 2014, Liu et al, 2015). Sementara itu penelitian terkait dengan monitoring kapasitas kendaraan umumnya masih ditekankan pada aplikasi area parkir (Istiqomah, 2013, Sunandar dan Meka, 2017). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, upaya pemeliharaan jembatan masih dalam bentuk monitoring belum dilakukan pengendalian traffic yang melintas jembatan. Sedangkan pengendalian kapasitas kendaraan umumnya masih untuk area parkir.

Disisi lain perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang makin pesat, memungkinkan berbagai layanan telah diterapkan pada perangkat bergerak, seperti smartphone yang salah satunya berbasis Android. Hal ini akan memberikan keuntungan karena data maupun informasi dapat diakses dalam genggam dimanapun dan kapanpun. Selain itu, layanan yang realtime akan dapat memberikan gambaran history datanya yang tersimpan secara terpusat sehingga dapat dianalisis untuk keperluan dimasa mendatang.

Berdasarkan semua uraian diatas, maka diperlukan suatu sistem agar traffic dan beban pada suatu jembatan dapat dikendalikan dengan pengaturan kendaran yang masuk. Selain itu layanan monitor pada perangkat bergerak juga akan memberikan kemudahan akses bagi pihak yang berkepentingan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengendali lalu lintas jembatan untuk mengantisipasi traffic dan beban jembatan yang melebihi batas dari yang telah

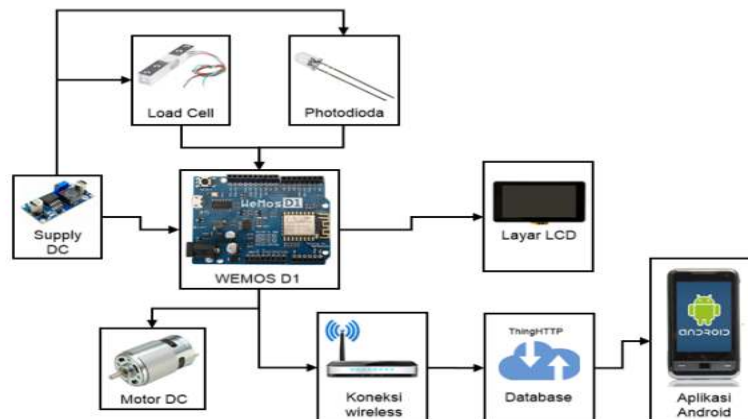
ditentukan serta dapat dipantau melalui perangkat *smartphone* berbasis Android. Sistem juga diharapkan mampu memberikan peringatan dini ketika batas-batas beban dan kapasistasnya terlampaui. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu sarana penunjang pemeliharaan infrastruktur jembatan sehingga kecelakaan akibat hal teknis dapat diminimalisir.

METODE PENELITIAN

Sistem dibuat dalam bentuk *prototype* jembatan yang dilengkapi dengan sistem kendali yang terdiri atas dua bagian utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berperan menyediakan infrastruktur deteksi dan kendali pintu masuk jembatan, sedangkan perangkat lunak sebagai media pembacaan dan pengolahan data serta pengambilan keputusan pengendalian.

Rancangan Sistem Perangkat Keras

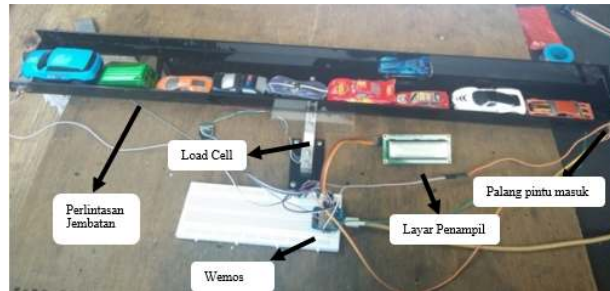
Perancangan perangkat keras atau *hardware* ini dibutuhkan beberapa komponen elektronika, perlengkapan mekanik dan *device* penunjang agar system dapat bekerja dan berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Gambar 1 menyajikan bagian-bagian sistem yang terkait dengan *hardware*.



Gambar 1. Blok Diagram sistem secara keseluruhan

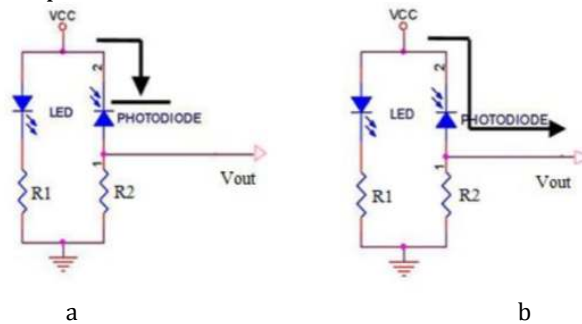
Sesuai dengan Gambar 1, dapat dilihat bagaian-bagian yang membentuk sistem. *Smartphone* Android merupakan perangkat yang digunakan untuk menjalankan aplikasi yang berfungsi untuk mengendalikan modul ESP8266 dan dilanjutkan ke WEMOS D1 untuk memantau sensor *load cell*, photodiode dan motor DC. Internet dan router Wi-fi merupakan perangkat yang dapat menerima dan mengirim sinyal untuk komunikasi antara *smartphone* android dengan modul ESP8266. *Thinkspeak* merupakan *platform cloud database* yang berfungsi menampung data secara online. Modul ESP8266 merupakan perangkat yang digunakan untuk menjalankan aplikasi yang berfungsi untuk komunikasi *smartphone*. WEMOS D1 merupakan perangkat yang merupakan pusat kontrol tiap perangkat elektronik yang terdapat kontrol didalamnya . Power supply 220V AC ke 5 VDC merupakan catu daya untuk memberikan tegangan kepada ESP8266 dan WEMOS D1. Load Cell merupakan sensor strain untuk mendeteksi berat kendaraan yang melewati jembatan. Photodiode pada rangkaian ini dirangkai dengan logika high dengan LED sebagai sumber cahaya untuk mendeteksi kendaraan yang melewati jembatan yang dipasang pada gerbang masuk dan keluar jembatan. Motor DC digunakan untuk aktuator palang pintu masuk jembatan. Layar LCD berfungsi untuk menampilkan data kendaraan pada jembatan secara langsung.

Rancangan *prototype* jembatan dibuat semacam jalan hanya untuk kendaraan satu jalur sepanjang 50 cm dan diberikan palang pintu untuk jalur masuk yang dipasangkan sensor photodiode pertama, dan sensor photodiode kedua dipasang pada sisi lainnya untuk mendeteksi keluarnya kendaraan. Pada bagian tengah *prototype* jembatan dipasangkan sensor Berat (*Load Sensor*).



Gambar 2. *prototype* jembatan

Sistem kendali traffic bertujuan untuk mengatur banyaknya kendaraan yang memasuki jembatan. Untuk mendeteksi kendaraan yang masuk dan keluar jembatan digunakan sensor photodiode. Gambar 3 menyajikan metode pendeteksian obyek menggunakan sensor photodiode.



Gambar 3. Rangkaian prinsip kerja sensor photodiode

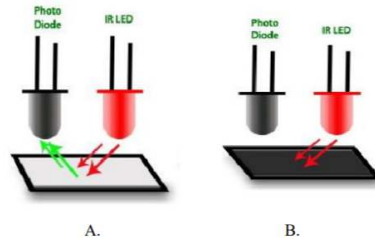
Seperti yang terlihat pada Gambar 3. merupakan rangkaian dasar dari sensor photodiode, pada kondisi awal LED sebagai transmitter cahaya akan menyinari photodiode sebagai receiver sehingga nilai resistansi pada sensor photodiode akan minimum dengan kata lain nilai V_{out} akan mendekati logika 0 (low). Sedangkan pada kondisi kedua pada gambar 2.3 B cahaya pada led terhalang oleh permukaan hitam sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya dari led maka nilai resistansi R1 maksimum, sehingga nilai V_{out} akan mendekati Vcc yang berlogika 1 (*high*) (PALERI, 2015). Adapun rumus perhitungan untuk menghitung nilai dari V_{out} photodiode ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari photodiode tersebut yaitu persamaan (3).

$$V_{out} = \frac{R_{photodiode}}{R_{photodiode} + R_2} \times V_{in}$$

Keterangan :

- V_{in} = tegangan masukan pada rangkaian sensor photodiode
- V_{out} = tegangan keluaran pada rangkaian sensor photodiode
- $R_{photodiode}$ = resistansi dari photodiode
- R_2 = resistansi resistor pada rangkaian sensor photodiode

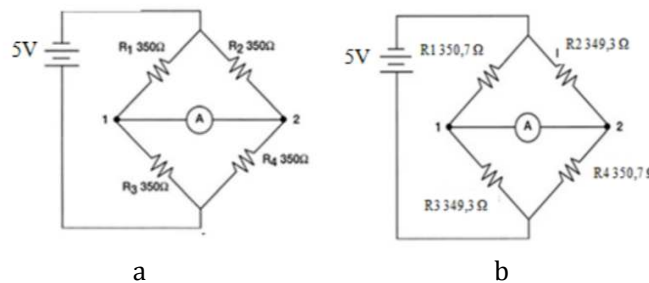
Adapun aplikasi dari rangkaian sensor photodioda yang telah dijelaskan sebelumnya dapat terlihat pada gambar 4 A dan 4 B.



Gambar 4. Rangkaian prinsip kerja sensor photodioda

Gambar 4 A dan 4 B merupakan perancangan photodiode untuk memberikan output pada photodiode agar berlogika low atau berlogika high yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya sebagai pemantul cahaya dari LED sebagai transmitter. Pada gambar 4 A photodiode dipasang secara berdampingan antara photodiode (receiver) dan LED (transmitter). Didepan photodiode dan led diletakkan kertas putih sehingga cahaya yang dipancarkan dari led akan 7 dipantulkan oleh kertas dan cahaya akan diterima oleh photodiode sehingga output dari photodiode berlogika 0 (low). Dan pada gambar 4 B, photodiode dan LED diletakkan secara berdampingan dan didepannya diletakkan kertas berwarna hitam sehingga cahaya yang dipancarkan oleh led akan diserap oleh kertas berwarna hitam sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya. Dan itu menyebabkan output dari photodiode berlogika 1 (high).

Selanjutnya untuk mendekteksi beban jembatan digunakan prinsip penimbangan dengan mengukur regangan menggunakan sensor strain gauge. Selama proses penimbangan akan menghasilkan reaksi terhadap elemen logam pada load cell yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada load cell. Prinsipkerja load cell berdasarkan rangkaian jembatan (Kusuma & Mulis, 2018).



Gambar 5. Rangkaian Jembatan Wheatstone tanpa beban(a) dan dengan beban (b)

Pada Gambar 5a. diketahui nilai $R = 350 \Omega$, arus yang mengalir pada R_1 dan R_3 sama dengan arus yang mengalir di R_2 dan R_4 , hal ini dikarenakan nilai semua resistor sama dan tidak ada perbedaan tegangan antara titik 1 dan 2, oleh karena itu rangkaian ini dikatakan seimbang. Jika rangkaian jembatan Wheatstone diberi beban (Gambar 5b), maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai $R_1 = R_4$ dan $R_2 = R_3$. Sehingga membuat sensor load cell tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi outputnya. Untuk menghitung V_{out} atau A seperti pada gambar 5, maka rumus yang digunakan adalah persamaan (2)

$$V_o = \left(V_s \times \left(\frac{R_1}{R_1 + R_4} \right) \right) - \left(V_s \times \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \right)$$

$$V_o = \left(10 \times \left(\frac{349,3}{349,3 + 350,7} \right) \right) - \left(10 \times \left(\frac{350,7}{350,7 + 349,3} \right) \right)$$

$$V_o = (10 \times (0,499)) - (10 \times (0,501))$$

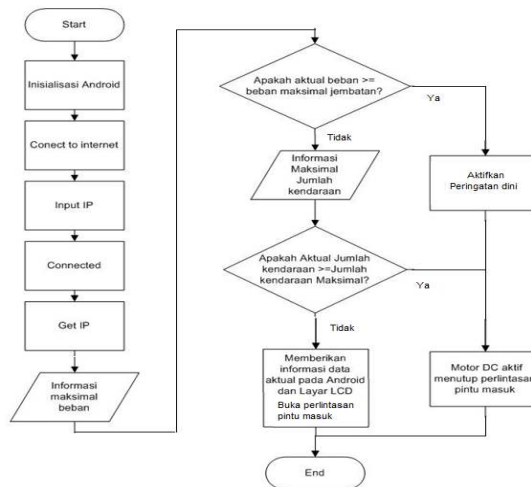
$$V_o = 4,99 - 5,01$$

$$V_o = -0,02 \times 10 = 2 \text{ mV}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, prinsip kerja load cell pada jembatan Wheatstone dapat dinyatakan ketika load cell diberi beban maka terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi R1 dan R3 akan turun sedangkan nilai resistansi R2 dan R4 akan naik. Ketika posisi setimbang, V_{out} load cell = 0 volt, namun ketika nilai resistansi R1 dan R3 naik maka akan terjadi perubahan V_{out} pada load cell. Pada load cell output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R1, sedangkan output (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R3.

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yang terdapat dalam sistem ini bertujuan untuk mengontrol WEMOS D1 dan sistem android agar dapat memproses data yang dihasilkan dari sensor – sensor dan data informasi yang sudah dimasukkan oleh pembuat jembatan. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya program alir utama perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir Perangkat Lunak

Ilustrasi seperti ditunjukkan pada Gambar 6 menunjukkan proses operasi mekanisme pengendali beban dan *traffic* jembatan. Proses diawali dengan inisialisasi Aplikasi Android dan proses koneksi internet. Selanjutnya alamat IP dari WEMOS D1 perlu dimasukkan agar dapat terkoneksi ke Internet sehingga proses pembacaan data-data dari sensor dapat dikirim ke *cloud database* (Thingspeak). Proses pengendalian diawali dengan pembacaan informasi maksimal beban yang selanjutnya akan dibandingkan dengan data aktual beban. Jika beban melebihi nilai maksimal beban, maka sistem akan mengeluarkan peringatan dini dan palang pintu masuk jembatan akan ditutup, tetapi jika tidak akan dilanjutkan dengan pembacaan informasi jumlah kendaraan maksimal. Jika jumlah kendaraan actual telah mencapai batas maksimal, maka palang pintu juga akan ditutup. Ketika batas beban dan batas *traffic* belum tercapai maka palang pintu jembatan akan tetap terbuka.

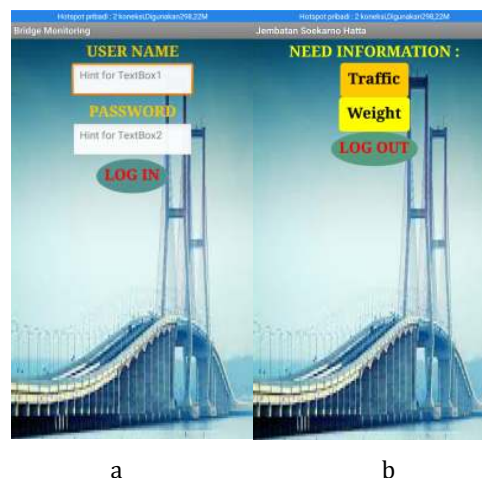
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui hasil pengembangan sistem selanjutnya dilakukan beberapa pengujian. Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui lama pengiriman data ke cloud database (thingspeak) untuk kondisi jumlah kendaraan dan berat kendaraan yang ada di lapangan. Pengujian dilakukan dengan mencoba melewati beberapa kendaraan secara berurutan. Kendaraan yang masuk akan dideteksi oleh sensor photodiode yang datanya akan dibaca mikrokontroler. Hasil pembacaan ini akan dikirimkan melalui internet untuk disimpan dalam cloud database. Waktu pendeteksian hingga pembacaan secara online diamati, yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbedaan waktu pengiriman data

No	Jumlah Kendaraan	Waktu (Sekon)	Jumlah kendaraan yang terbaca	Keterangan
1	1	1	1	Terkirim
2	2	2	1	Belum Terkirim
3	2	3	1	Belum Terkirim
4	2	4	1	Belum Terkirim
5	2	5	1	Belum Terkirim
6	2	6	1	Belum Terkirim
7	2	7	1	Belum Terkirim
8	2	8	1	Belum Terkirim
9	2	9	1	Belum Terkirim
10	2	10	1	Belum Terkirim
11	3	11	2	Terkirim
12	3	12	2	Terkirim
13	3	13	2	Terkirim

Hasil dari percobaan, data aktual pada lapangan mengalami delay selama 10 detik, sebelum data selanjutnya terbaca di thingspeak. Dengan demikian dapat ditentukan delay pengiriman data yang aman agar data terbaca akurat pada cloud database, yaitu delay selama 10 detik. Hal ini terkait dengan pemantauan yang dilakukan secara online pada aplikasi berbasis Android. Aplikasi berbasis Android dikembangkan sesuai dengan tujuan dibuatnya prototype ini, yaitu untuk memudahkan pengguna dalam mengakses data traffic dan beban jembatan. Tampilan aplikasi yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Aplikasi Android (a) Tampilan Log In dan (b) Menu

Pada aplikasi ini pengguna memasukkan username dan password yang sudah di setting sebelumnya di bagian block app inventor, dan menekan tombol *log in* unruk perintah selanjutnya. Setelah pengguna memasukkan username dan *password* maka tampilan untuk memilih melihat informasi kepadatan kendaraan atau berat jembatan yang ingin dilihat, jika memang sudah selesai melihat kondisi jembatan bisa menekan tombol *log out*.

Jika pengguna memilih menu Traffic, maka akan ditampilkan hasil pembacaan jumlah kendaraan yang sedang melintas secara realtime. Tampilan pemantauan traffic ditunjukkan pada Gambar 9a. Jika pengguna memilih menu Weight, maka akan ditampilkan hasil pembacaan jumlah beban kendaraan yang sedang melintas secara realtime. Tampilan pemantauan beban ditunjukkan pada Gambar 9b.



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Android (a) *Traffic Monitoring* (b) *Weight Monitoring*

Berdasarkan Gambar 9. dapat diketahui bahwa aplikasi android yang dikembangkan dapat memantau baik kondisi traffic maupun beban kendaraan yang melintas jembatan. Pemantauan ini berjalan secara realtime sehingga tampak perubahan data waktu demi waktu.



Gambar 10. Tampilan Pada Aplikasi android dan pada layar LCD

Selanjutnya pengujian dilakukan untuk mengetahui validitas data online terhadap data yang terbaca secara offline melalui tampilan LCD. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan data pada aplikasi android dan data tampilan LCD (Gambar 10). Pengujian ini juga untuk mengetahui bekerjanya palang pintu masuk kendaraan. Pada pengujian ini ditentukan batas kapasitas kendaraan sebanyak 10 buah atau beban berat total 1000 gram. Hasil Pengujian tersebut di sajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Data Uji offline (LCD) dan online (Android)

Tahap	Jumlah Kendaraan	Pembacaan LCD		Pembacaan Aplikasi Android		Palang Pintu
		Jumlah kendaraan	Berat Beban	Jumlah kendaraan	Berat Beban	
1	1	1	98	1	98	Terbuka
2	2	2	208	2	208	Terbuka
3	3	3	292	3	292	Terbuka
4	4	4	397	4	397	Terbuka
5	5	5	483	5	483	Terbuka
6	6	6	579	6	579	Terbuka
7	7	7	671	7	671	Terbuka
8	8	8	791	8	791	Terbuka
9	9	9	899	9	899	Terbuka
10	10	10	995	10	995	Tertutup
11	9	9	897	9	897	Terbuka
12	8	8	787	8	787	Terbuka
13	7	7	703	7	703	Terbuka
14	8	8	853	8	853	Terbuka
15	9	9	1008	9	1008	Tertutup (Peringatan dini)
16	8	8	903	8	903	Terbuka

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dapat diketahui hasil perbandingan pembacaan data online dan offline yang menunjukkan data yang dihasilkan tidak berbeda. Sedangkan pengujian kinerja pengaturan palang pintu pada tahap 1 sampai dengan tahap 9 masih terbuka dan mulai menutup pada tahap 10 dengan jumlah kendaraan 10 buah tetapi total berat belum mencapai beban maksimum. Pada tahap 11 sampai dengan 14 palang pintu kembali terbuka ketika mulai ada kendaraan yang telah keluar. Namun pada tahap 15 palang pintu menutup kembali disertai peringatan karena berat total melebihi berat beban yang telah ditentukan (lebih dari 1000 gram). Palang pintu terbuka kembali pada tahap 16 karena ada kendaraan yang telah keluar dari jembatan sehingga palang pintu terbuka kembali. Dengan demikian sistem yang disimulasikan dalam bentuk prototipe ini telah bekerja sesuai dengan rancangan. Sistem ini telah mengintegrasikan pemantauan parameter instrumen (traffic dan beban) infrastruktur jembatan pada suatu sistem yang terpadu sehingga akan memudahkan akses data yang realtime (Farhey, 2016). Dengan layanan pemantauan berbasis Android, maka tersedia media akses alternatif yang portabel untuk digunakan oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

KESIMPULAN

Setelah melalui tahap pengujian pada sistem monitoring *traffic*, beban, dan peringatan dini pada penggunaan jembatan berbasis android maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai perancangan bahwa pendeteksi jumlah kendaraan menggunakan sensor photodiode pada jembatan atau *traffic* dikirimkan ke aplikasi android dan tampilan LCD pada jembatan. Dengan maksimal kendaraan berjumlah 10, dengan delay pengiriman data ke cloud database selama 10 detik
2. Sesuai perancangan bahwa pendeteksi berat kendaraan menggunakan sensor *strain gauge* pada jembatan diberikan dan dikirimkan ke aplikasi android dan tampilan LCD pada jembatan. Dengan maksimal berat kendaraan 1000 gram, dengan delay pengiriman data ke cloud database selama 10 detik

3. Sistem telah dapat mengendalikan kendaraan yang masuk ke jembatan melalui pengaturan kerja palang pintu masuk berdasarkan traffic dan beban jembatan. Peringatan dini dapat bekerja ketika beban telah mencapai batas yang ditentukan.

REFERENSI

- Bhasworo, G. K., Rofii, F., & Hunaini, F. (2017). Perancangan Sistem Pemantauan Gas dan Peringatan pada Ruang melalui Jaringan Nirkabel. *TEKNIK*, 38(2), 81–91. <https://doi.org/10.14710/teknik.v38i2.15073>
- Farhey, D. N. (2016). Integrated Virtual Instrumentation and Wireless Monitoring for Infrastructure Diagnostics: *Structural Health Monitoring*. <https://doi.org/10.1177/1475921706057980>
- Jembatan Ambrol di Tuban Terletak di Sisi Barat. (2018, April 17). Diambil 23 April 2018, dari <http://republika.co.id/share/p7bgzz328>
- Kusuma, T., & Mulis, M. T. (2018). Perancangan Sistem Monitoring Infus Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R2. *Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI) 2018*, 0(0). Diambil dari <http://jurnal.atmaluhur.ac.id/index.php/knsi2018/article/view/549>
- Media, K. C. (t.t.). Daya Saing Infrastruktur Indonesia ke-60 Dunia. Diambil 21 April 2018, dari <https://properti.kompas.com/read/2017/08/10/220752021/daya-saing-infrastruktur-indonesia-ke-60-dunia>
- PALERI, E. (2015). *APLIKASI SENSOR LOAD CELL YZC-133 SEBAGAI PENDETEKSI BERAT SANTAN PADA COCONUT MILK AUTO MACHINE* (other). Politeknik Negeri Sriwijaya. Diambil dari <http://eprints.polsri.ac.id/1799/>