

Introduction of Automatic Wooden Bridge Load Testing Detector For Pedestrians Using Load Cell Sensor

Pengenalan Detektor Otomatis Pengujian Beban Jembatan Kayu Untuk Pejalan Kaki Menggunakan Sensor Load Cell

Kurnia Paranita Kartika¹, Nurjanah², Hazairin Nikmatul Lukma³
[kurnia.paranitha@gmail.com¹, cahayanurj@gmail.com², haza.airin@gmail.com²]

¹Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Islam Balitar

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Balitar

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Balitar

Abstract- The purpose of this long-term research is to study further about the application of automatic detectors for testing the bridge strength load using a load cell sensor. Therefore, it is necessary to test the use of small-scale on miniature bridges with various materials. Next is the scaling on the actual bridge. The research method used is Research and Development (RnD), starting from data collection with observations and interviews, system design, assembly and trial use and scaling calculations so that they can be implemented on the actual bridge. The object of research is various miniature bridges in the Civil Engineering laboratory of the Islamic University of Balitar. While its implementation was then carried out at the Blitar Settlement and City Planning Service. Data analysis was carried out using qualitative methods, by reducing data, presenting data and drawing conclusions on an ongoing basis. Testing the detector is carried out with two types of loads, namely static and dynamic, in testing the detector with a static load, the detector can read the load with a suitability close to 100%. In testing the detector with a running load, the reading results are divided into several loadcells that are passed by the load, with the largest load reading on the loadcell that is the load (point load). The result of the error percentage on the average running load is 4.67%. The read load on the bridge is smaller than the actual weight because some of the load is accepted by the bridge supports and bridge boards.

Keywords : *Load Test; Load Cell Sensor; Auto Detector; Arduino; Bridge Strength*

Abstrak- Tujuan penelitian ini jangka panjang mengkaji lebih jauh tentang penerapan detektor otomatis untuk pengujian beban kekuatan jembatan menggunakan sensor load cell. Oleh karena itu perlu dilakukan uji coba penggunaan skala kecil pada miniatur jembatan dengan berbagai bahan. Selanjutnya dilakukan penyekalaan pada jembatan yang sebenarnya. Metode Penelitian yang digunakan adalah Research and Development (RnD), diawali dari pengumpulan data dengan observasi dan wawancara, perancangan sistem, perakitan dan uji coba pemakaian serta perhitungan penyekalaan agar dapat diimplementasikan pada jembatan yang sebenarnya. Objek penelitian adalah berbagai miniatur jembatan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Balitar. Sedangkan penerapannya kemudian dilakukan pada Dinas Pemukiman dan Tata Kota Blitar. Analisis Data dilakukan dengan metode kualitatif, dengan mereduksi data, menyajikan data dan penarikan kesimpulan secara berkesinambungan. Pengujian detektor dilakukan dengan dua jenis beban yaitu statis dan dinamis, pada pengujian detektor dengan beban statis, detektor dapat membaca beban dengan kesesuaian mendekati 100%. Pada pengujian detektor dengan beban berjalan, hasil pembacaan terbagi dalam beberapa loadcell yang dilewati beban, dengan pembacaan beban terbesar pada loadcell yang menjadi tumpuan beban (beban titik). Hasil presentase error pada beban berjalan rata-rata sebesar 4,67%. Beban yang terbaca pada jembatan lebih kecil dari berat sebenarnya karena sebagian beban diterima oleh penyangga jembatan dan papan jembatan.

Kata kunci : *Uji Beban; Sensor Load Cell; Detektor Otomatis; Arduino; Kekuatan Jembatan*

I. PENDAHULUAN

Peranan jembatan sangat penting dalam transportasi darat, utamanya di Indonesia karena negara kita terdiri dari berbagai kepulauan. Sehubungan dengan peranannya yang sangat penting maka perancangan jembatan harus memenuhi standart perencanaan dan peraturan yang berlaku. Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam perancangan jembatan adalah ketahanan jembatan dalam menahan beban baik beban manusia maupun kendaraan yang melintas di jembatan serta kondisi regangan pada jembatan tersebut. Beberapa jembatan yang rusak dan rubuh ternyata karena konstruksi bawah tanah (pondasi) dan kondisi tanah disekitar yang mengalami perubahan bentuk. Hal ini disebabkan kemungkinan karena faktor internal (kontruksi pondasi) atau bisa saja faktor eksternal (suhu, tekanan/strain, gempa). Selain itu, beban muatan berlebih dapat menyebabkan kondisi jembatan semakin memburuk dan akhirnya mengalami kerusakan[8].

Perubahan-perubahan yang terjadi dapat di deteksi dengan menggunakan perangkat sensor yang akan mengukur kekuatan jembatan dalam hal ini deformasi kontruksi jembatan karena beban berlebih. Sensor yang

digunakan adalah sensor *load cell*. Akuisisi data dari sensor yang berupa data beban kemudian dikirim baik secara periodik atau kontinyu dan *realtime* ke mikrokontroler. Adapun proses selanjutnya adalah mikrokontroler memerintahkan aktuator yang berupa LCD text dan membunyikan alarm jika beban jembatan sudah melebihi kekuatannya (*overload*). Selanjutnya dilakukan pengujian skala kecil pada miniatur jembatan yang digunakan untuk pejalan kaki, jika sudah dinilai memadai maka dilanjutkan proses penyekalaan agar dapat digunakan untuk membangun jembatan kayu bagi pejalan kaki yang sesungguhnya[4].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Evani Desryanti yang berjudul “Otomatisasi Alat Proteksi Beban Muatan berlebih Menggunakan *Load Cell* Berbasis Atmega 328” yang menghasilkan kesimpulan bahwa pada pengujian berat muatan pada jembatan timbang, *load cell* cukup efektif dalam melakukan pembacaan nilai beban jembatan timbang, informasi berat ditampilkan dalam bentuk kalimat yang disertai muatan beban[3].

Penelitian lain yang dijadikan rujukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Nuraini Umar dan Airin dengan judul “Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel untuk Sistem Monitoring Deformasi Konstruksi Jembatan”. Penelitian ini menghasilkan informasi data sensor terkirim secara akurat hanya sampai 40 meter. Adapun parameter yang diukur adalah *throughput* 254 bps, *delay* 13,68ms, dan *packet loss* 0, baik untuk 10 meter, 30 meter dan 40 meter hingga 50 meter. Sedangkan pada jarak 60 meter, data sensor sudah tidak diterima lagi[5].

Detektor yang telah berhasil dibuat nantinya akan diperkenalkan kepada instansi-instansi seperti Dinas Pemukiman dan Tata Kota Blitar, Dinas Perhubungan atau Dinas Pekerjaan Umum agar dapat menambah nilai guna detektor. Kegiatan tindak lanjut yang menjadi agenda dalam penelitian ini adalah seminar “Pengenalan Detektor Otomatis untuk Menguji Kekuatan Beban Jembatan menggunakan Sensor *Load Cell*” yang akan dilakukan di Dinas Pemukiman dan Tata Kota Blitar dan diharapkan dapat dimanfaatkan ketika membangun jembatan bagi pejalan kaki.

Jenis Jenis Beban

Berdasarkan RSNI T-02-2005 pembebanan untuk jembatan adalah sebagai berikut :

a. Berat Sendiri

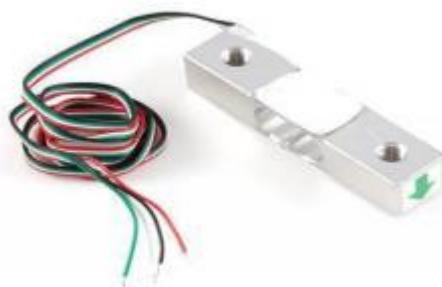
Berat sendiri adalah berat dari bagian bangunan dan elemen elemen struktural lain yang dipikulnya. Diantara berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. [10]

b. Beban Mati Tambahan / utilitas

Berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan dan merupakan elemen non struktural, serta besarnya dapat berubah selama umur jembatan disebut beban mati tambahan. Pemilihan konfigurasi rangka batang utama yang cocok sangat penting dan tidak mudah pemilihannya sebelum mendesain rangka jembatan. Setiap tipe rangka memiliki fungsi dan kegunaan sesuai panjang batangnya. Menurut Supriadi & Munthohar (2007) rangka batang pratt, howe dan warren secara umum digunakan pada bentang diatas 180 ft (55 meter) sampai 200 ft (61 meter)[10].

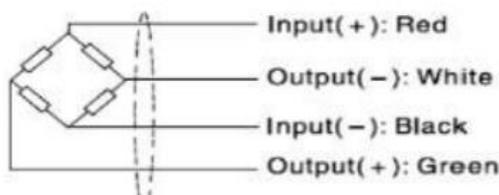
Sensor *Load Cell*

Load cell adalah sebuah sensor timbangan yang cara kerjanya secara mekanis, *load cell* bekerja dengan menggunakan tekanan yang memanfaatkan *strain gauge* sebagai pengindera (sensor). *Strain Gauge* merupakan transduser pasif yang bekerja dengan merubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan[9].



Gambar 1 Sensor *Load Cell*

Pada sensor *load cell*, hal yang harus diperhatikan adalah konfigurasi kabel yaitu kabel berwarna merah, hitam, biru, dan putih. Kabel merah adalah *input* tegangan sensor, sedangkan kabel hitam merupakan *input ground* pada sensor. Kabel *output* positif ditunjukkan dengan warna biru atau hijau dari sensor sedangkan kabel putih merupakan *output ground* dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor ini sekitar 1,2 mV[9].



Gambar 2 Konfigurasi Kabel Sensor *Load Cell*

Load cell bekerja dengan prinsip ketika bagian yang lebih elastis mendapat tekanan, maka akan terjadi perubahan regangan pada sisi lainnya sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*, hal ini terjadi karena ada

gaya yang berlawanan dengan sisi lainnya. Perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada yang mengakibatkan adanya perubahan nilai resistansi [3].

Cara mengetahui berat objek yang diukur dengan menghitung besarnya nilai tegangan yang ditampilkan. Sel beban (*load cell*) berupa satu buah *strain gauge* atau lebih, yang ditempelkan pada batang atau cincin logam dan dilakukan kalibrasi lebih dahulu. Komponen ini didesain untuk menghitung gaya tekanan mekanis, gaya pemampatan (kompresi), atau gaya puntir yang bekerja pada sebuah objek. Tegangan akan muncul saat batang atau cincin logam piranti ini berada dibawah tekanan. Nilai pada terminal-terminalnya dapat dijadikan rujukan untuk mengukur besarnya gaya[3].

Tabel 1 Spesifikasi Load Cell

1	Bahan Dasar	Alumunium Alloy
2	Dimensi	8 cm x 1,25 cm x 1,25 cm
3	Kapasitas	Max 500 gr (5Kg)
4	Suhu Operasional	-20° - 65° C
5	Output	0,1 mV – 1,0 mV / V
6	Supply Tegangan	DC 10 V
7	Error Margin	≤ 1,5 %

II. METODE

2.1 Metode Pengembangan Penelitian

Prosedur pengembangan dilakukan peneliti dengan mengikuti tahapan pengembangan RnD (*Research and Development*) untuk mewujudkan rancang bangun detektor otomatis pengujian beban kekuatan jembatan menggunakan sensor *load cell*. Tahapan penelitian RnD diawali dari pendalaman hal-hal yang terkait dengan produk penelitian yang akan dikembangkan, melakukan rancang bangun atau pembuatan produk, melakukan pengujian produk, dan melakukan validasi produk. Hasil validasi dilanjutkan dengan revisi jika ada perbaikan atau temuan selama proses pengujian dan validasi. Alur penelitian mengikuti model Borg dan Hall (1989:775) seperti penjabaran pada diagram blok berikut :



Gambar 3 Metode Pengembangan Penelitian

2.2 Penelitian dan Pengumpulan data

Pada studi literatur bertujuan untuk menemukan konsep-konsep atau landasan-landasan teoritis yang memperkuat suatu produk. Pada tahap ini dipelajari berbagai teori terkait dengan penelitian diantaranya mengenai jenis-jenis bahan jembatan, konstruksi jembatan, kesesuaian sensor dan aktuator dalam pembebanan jembatan serta gambaran penerapan pada minimum sistem. Selain itu juga dilakukan studi lapangan atau dengan kata lain disebut sebagai pengukuran kebutuhan dan penelitian dalam skala kecil (Sukmadinata: 2005) dengan interview kepada petugas di Dinas Pemukiman dan Tata Kota Blitar.

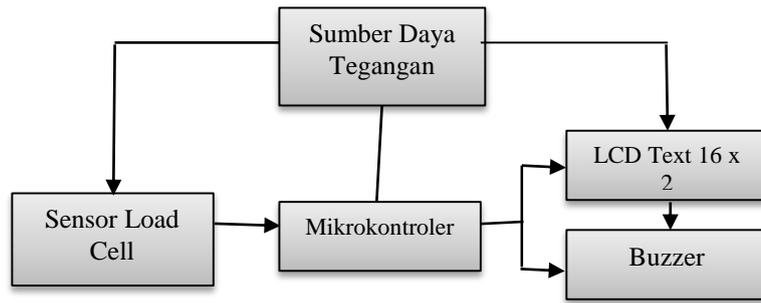
2.3 Perencanaan

Setelah melalui tahapan studi pendahuluan yang dilakukan, dilanjutkan dengan perencanaan, pembuatan model rancangan untuk menghasilkan produk cerdas untuk sistem kendali dan detektor. Produk ditargetkan untuk Dinas Pemukiman dan Tata Kota dan Dinas Perhubungan. Produk renc dinanya dikembangkan menggunakan arduino untuk kendali pusat yang dihubungkan dengan sistem sensor *load cell* untuk pembacaan beban. Sistem hasil perakitan dan integrasi dengan pemrograman arduino selanjutnya dihubungkan ke *output* berupa LCD dan alarm sebagai aktuator kontrol.

2.4 Pengembangan Produk Awal

Pengembangan produk awal berupa *prototype* dari produk yang akan dibuat. Produk awal dikembangkan peneliti dan diuji coba terbatas dalam skala laboratorium. Pada tahap ini akan dikembangkan dahulu detektor otomatis yang berfokus pada proses rancang bangunnya dengan integrasi sensor dan aktuator. Diharapkan proses ini sudah mewakili kondisi riil yang mampu melakukan pembacaan bebas dan memberi tanggapan repon aktuator pada kondisi pengukuran *overload* beban. Sistem selanjutnya dikembangkan lagi dengan menguji pada miniatur jembatan. Pada tahap ini ditambahkan proses penyekalaan agar system dapat direalisasikan pada jembatan yang sebenarnya akan dibangun dengan mempertimbangan bahan dan desain konstruksinya

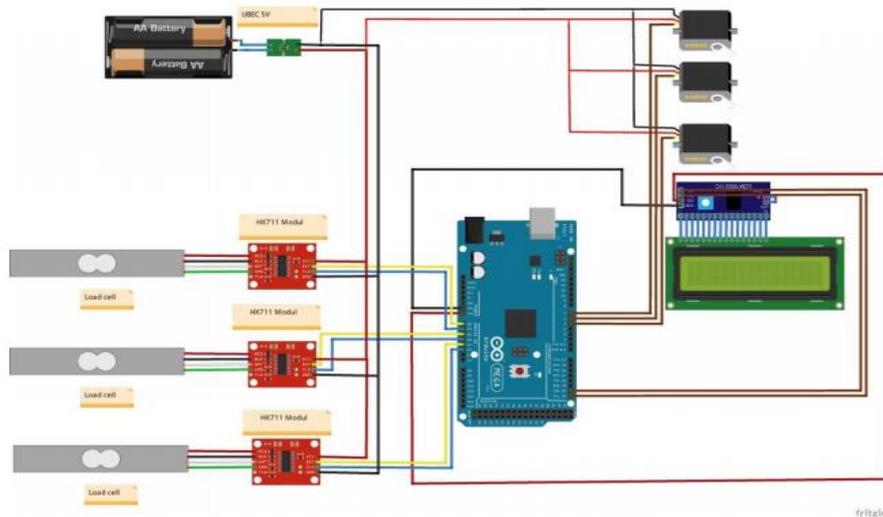
1. Blok Diagram Sistem



Gambar 4 Blok Diagram Sistem Detektor

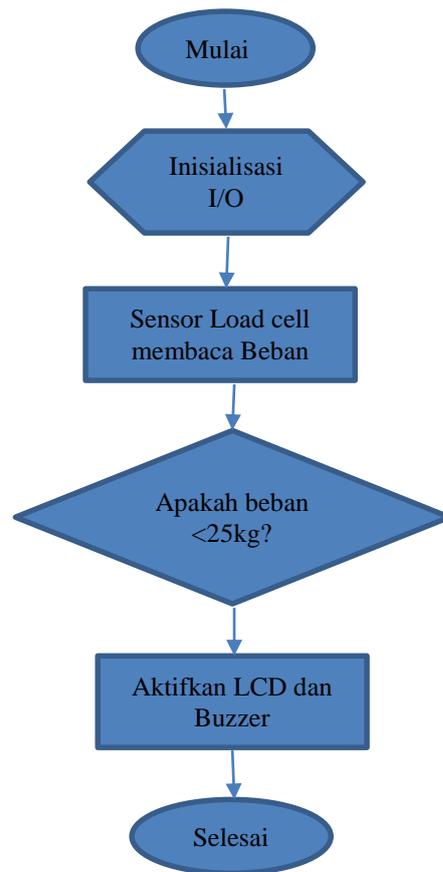
Dari blok diagram diatas dapat diketahui bahwa sumber tegangan yang digunakan dalam detektor yang akan dibuat ini terhubung ke semua piranti seperti sensor *load cell*, mikrokontroler dan LCD serta *buzzer*. Sensor *load cell* sebagai pembaca beban, selanjutnya beban yang terbaca akan dikirimkan ke mikrokontroler dan ditampilkan terus menerus melalui LCD text. Apabila beban melebihi kapasitas maksimal maka *buzzer* akan diaktifkan sebagai penanda bahwa terjadi *overload*. Apabila beban masih dalam nilai batas yang dapat ditopang oleh sensor maka nilai beban akan ditampilkan dalam bentuk teks saja.

2. Rangkaian Sistem Detektor



Gambar 5 Blok Diagram Rangkaian Detektor

3. Flowchart Sistem Detektor



Gambar 6 Flowchart Sistem

2.5 Uji coba Produk Awal

Tahapan setelah uji coba skala laboratorium, maka dilanjutkan uji coba pemakaian pada skala kecil yaitu miniature jembatan. Menurut Borg and Hall (1989), uji coba pemakaian skala kecil disarankan dilakukan pada 1 sampai 3 pengguna. Sebelum melakukan uji coba pemakaian skala kecil, detektor yang dibuat lebih dulu divalidasi kepada pakar, yang dalam hal ini dilakukan oleh pakar dari Dinas Pemukiman dan Tata Kota Blitar. Peneliti melakukan revisi, perubahan dan pengurangan atau penambahan jika ditemukan ketidaksesuaian teknis, kemudian mengembalikan kepada validator untuk dilakukan validasi akhir. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan uji coba secara intensif dan mencatat hal-hal penting yang dilakukan selama masa uji coba terbatas.

2.6 Penyempurnaan Produk Awal

Pada tahapan penyempurnaan produk awal, dilakukan perbaikan dan penyempurnaan alat jika ditemukan ketidaksesuaian teknis pada hasil validasi, kemudian mengembalikan kepada produk kepada validator untuk di validasi akhir. Tahap ini dilakukan dengan pelaksanaan uji coba terbatas di depan validator .

2.7 Uji Coba Lapangan Lebih Luas

Peneliti melakukan uji coba lapangan skala luas setelah tahapan penyempurnaan produk awal sudah tidak mengalami masalah. Uji coba lapangan dilakukan dengan kegiatan pengujian di depan forum pada Dinas Pemukiman dan Tata Kota. Pada tahap ini peneliti menampilkan hasil akhir pengujian miniature jembatan dan penyekalaan pada rancang bangun yang sebenarnya.

2.8 Penyempurnaan Hasil Uji Lapangan

Peneliti melakukan penyempurnaan hasil uji coba lapangan jika terdapat kekurangan, penambahan, perbaikan maupun usulan dari Dinas Pemukiman dan Tata Kota selaku validator dan pengguna produk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan memiliki tujuan untuk mengetahui unjuk kerja suatu alat yang dibuat. Dalam penelitian ini dibuat suatu detektor untuk menguji kekuatan beban jembatan menggunakan sensor *load cell*. Dalam penelitian ini digunakan 4 buah *load cell* yang memiliki kapasitas pembacaan beban seberat 25 kg setiap sensor nya, sebuah mikrokontroler Arduino UNO R3 sebagai pengendali proses, relay sebagai *switch* untuk mengaktifkan *buzzer* apabila beban sudah *overload* serta dilengkapi LCD untuk menampilkan hasil pembacaan beban pada masing-masing *load cell*.



Gambar 7 Detektor Kekuatan Jembatan

Adapun cara pemasangan detektor pada miniatur jembatan adalah dibagian samping jembatan dengan posisi sensor *load cell* di bagian bawah penampang jembatan. Dimensi jembatan yang dibuat berukuran panjang 100 cm dan lebar 40 cm, dengan ketinggian 50 cm. sensor *load cell* dipasang pada bagian bawah tengah jembatan dengan jarak antar *load cell* satu dengan yang lain sekitar 10 cm. Hal ini bertujuan agar pembacaan beban pada setiap titik di sepanjang jembatan dapat terbaca dengan baik oleh sensor. *Load cell* dipasang dengan cara direkatkan dan diperkuat menggunakan baut kecil pada penampang.



Gambar 8 Peletakan Detektor pada Miniatur Jembatan

Skenario pengujian yang dilakukan meliputi 2 beban, yang pertama adalah beban statis dimana beban langsung diletakkan diatas detektor untuk diketahui pembacaan beban oleh sensor *load cell* sesuai atau tidak. Dari hasil pengujian dengan menggunakan beban statis maka diperoleh data kesesuaian pada hampir semua beban uji. Pada *load cell* yang memiliki kapasitas uji maksimal 25 kg dapat membaca dengan baik beban-beban dalam hitungan mulai 500 gram hingga mendekati 25 kg, namun terdapat *error* sebesar 2 % untuk beban-beban kecil yaitu 100 gram dan 250 gram. Benda uji diletakkan di atas sensor langsung dan *display* hasil pembacaan terdapat delay sekitar 5 milisekon dari peletakan benda uji diatas sensor.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Beban Statis pada Sensor Load Cell

NO	BEBAN (Gram)	HASIL PEMBACAAN (Gram)	% Error
1	100	98	2
2	250	255	2
3	500	500	0
4	1000	1000	0
5	1500	1500	0
6	2000	2000	0
7	2500	2500	0
8	5000	5000	0

Sedangkan untuk pengujian dengan skenario beban dinamis, yaitu beban yang bergerak di sepanjang lintasan miniature jembatan diperoleh hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pembacaan Beban Statis pada Sensor Load Cell

NO	BEBAN (Gram)	HASIL PEMBACAAN (Gram)				TOTAL (Gram)	% ERROR
		LC-1	LC-2	LC-3	LC-4		
1	100	80	0	15	0	95	5
2	250	0	125	120	0	245	2
3	500	0	25	100	350	475	5
4	1000	25	200	0	750	975	2.5
5	1500	58	750	560	23	1391	7.26
6	2000	0	1800	0	28	1828	8.6
7	2500	0	0	385	2000	2385	4.6
8	5000	0	0	0	4880	4880	2.4

Dari hasil pengujian dengan menggunakan beban dinamis (berjalan) maka diperoleh data kesesuaian pada beberapa beban uji. Pada *load cell* yang memiliki kapasitas uji maksimal 25 kg dan beban berjalan diatas lintasan miniature jembatan terdapat *error* mulai 2 % hingga 7.6 % . presentase error terbesar pada beban uji berjalan sebesar 2 kg dan error terkecil apda beban uji berjalan sebesar 250 gram. Pada beban berjalan diperoleh hasil pembacaan yang berubah-ubah pada tiap load cell karena hasil pembacaan mengacu pada load cell yang paling banyak menerima beban dari benda uji. Benda uji dijalankan di atas lintasan jembatan dan *display* hasil pembacaan terdapat delay sekitar 3 milisekon.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa secara umum dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian detektor dengan beban statis, detektor dapat membaca beban dengan kesesuaian mendekati 100%
2. Pada pengujian detektor dengan beban berjalan, hasil pembacaan terbagi dalam beberapa loadcell yang dilewati beban, dengan pembacaan beban terbesar pada loadcell yang menjadi tumpuan beban (beban titik)
3. Presentase error pada beban berjalan rata-rata sebesar 4,67%
4. Beban yang terbaca pada jembatan lebih kecil dari berat sebenarnya karena sebagian beban diterima oleh penyangga jembatan dan papan jembatan itu sendiri

REFERENSI

- [1] (AASHTO), A. A. (2012). In *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 6th Edition* (p. Section 6). Washington: AASHTO.
- [2] Abdul, K. (2017). Bluetooth Based Smart Home Automation System using Arduino UNO.
- [3] Desryani, E. (2018). *Otomatisasi Alat Proteksi Beban Muatan Berlebih Menggunakan Load Cell Berbasis Atmega 328*. Departemen Fisika Universitas Sumatra Utara.
- [4] Dewantara. (2015). Alat Penghitung Berat Badan Manusia Dengan Standart Body Mass Index (BMI) Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Arduiono Mega 2560 R3. *Gema Teknologi Vol. 18 No 3*.
- [5] Nuraini Umar, A. (2016). Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Sistem Monitoring Deformasi Konstruksi Jembatan. *Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informatika*.
- [6] Nurcahyono. (2017). Analisa Kalibrasi Load Cell Tarik Tipe Pancake dengan Metode Kalibrasi Tekan.
- [7] Purdum, J. (2015). *Beginning C for Arduino, Second Edition : Learn C Programming for the Arduino*.
- [8] Putra, S. A. (2018). Sistem Penilaian Kondisi Jembatan Menggunakan Respons Dinamik dengan Wireless Sensor Network. *JNTETI Volume 7 No. 3*.
- [9] Sitorus, S. W. (2018). Rancang Bangun Load Cell Kapasitas 20 kN Untuk Beban Kerja Tarik dan Tekan. *Jurnal Ilmiah GIGA*.
- [10] Susanto, T. (2014). Deteksi Kerusakan dan Penempatan Sensor Percepatan Berbasis Respons Dinamis Struktur: Kasus Jembatan KA Porong, Sidoarjo. *Jurnal APLIKASI Volume 12 No 2*.
- [11] Bakosurtanal. 2014. *Badan Informasi Geospasial*. Diakses 17 September 2017. <http://www.bakosurtanal.go.id>.
- [12] Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *Perencanaan Struktur Baja Canai Dingin (SNI 7971-2013)*. Jakarta: Badan
- [13] Standardisasi Nasional (BSN).Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Perencanaan*