

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kelebihan Beban Kendaraan Menggunakan Sensor Serat Optik dan Transceiver nRF24L01+

Genta Kampai, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 8 Oktober 2019
Direvisi: 15 Oktober 2019
Diterima: 18 Oktober 2019

Kata kunci:

beban kendaraan
transceiver nRF24L01
sensor
serat optik

Keywords:

vehicle load
transceiver nRF24L01
fiber optic
sensor

Penulis Korespondensi:

Genta Kampai
Email: gentakampai34@gmail.com

ABSTRAK

Telah dirancang alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan menggunakan sensor serat optik dengan metode intrinsik. Rancang bangun alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan ini terdiri dari sumber cahaya berupa dioda laser, serat optik FD-620-10, fotodetektor OPT 101, mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data, *buzzer*, dan LCD sebagai penampil hasil pengukuran. Sensor serat optik digunakan untuk mengukur beban pada kendaraan dengan memanfaatkan perubahan tegangan keluaran dari OPT101 dan di transmisikan menggunakan *Transceiver* nRF24L01+. Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dengan memvariasikan *bending* dalam bentuk banyaknya jumlah gerigi terhadap besarnya tegangan keluaran pada sensor serat optik. Hasil yang optimum diperoleh pada jumlah 5 gerigi dengan tegangan keluaran sebesar 1,121 V. Kelebihan beban kendaraan maksimum yang dideteksi oleh sensor sebesar 6400 kg dengan tegangan keluaran sebesar 0,215 V. Jarak maksimum pengiriman data oleh *Transceiver* nRF24L01+ adalah 450 m tanpa penghalang dan 230 m dengan penghalang. Hasil pengukuran kelebihan beban kendaraan yang diperoleh dengan alat yang dirancang dibandingkan dengan jembatan timbang diperoleh kesalahan rata-rata sebesar 9,2 %.

It has been designed an overloaded vehicle detection tool using optical fibre sensor with intrinsic method. The design of the vehicle's overload detection tool consists of laser diode as a light source, an optical fiber FD-620-10, a photodetector OPT 101, an Arduino Uno microcontroller as a data processor, a buzzer, and an LCD as a measuring result viewer. The fiber optic sensor is used to measure the load on the vehicle by utilizing the output voltage changes from OPT101 and cast using the Transceiver nRF24L01. The characterization of the fibre optic sensor is performed by varying bending in the form of a large amount of cleats to the magnitude of the output voltage in the fibre optic sensor. Optimum results are obtained at the number of 5 wells with a tension voltage is 1.121 V. The overload of maximum vehicle detected by the sensor is amounted to 6400 kg and a sensor output voltage is 0.215 V. The maximum distance from the data transmission Transceiver nRF24L01 + is 450 m without barrier and 230 m with barrier. The result of overload vehicle measurements obtained with designed tool is compared detection to weighbridge were obtained an average fault of 9.2%.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mayoritas penduduknya menggunakan transportasi darat dalam menunjang kehidupan. Keadaan dan kondisi infrastuktur merupakan hal yang sangat mempengaruhi kelancaran kendaraan dalam proses pengangkutan serta pengiriman barang. Jalan merupakan infrastuktur yang sangat berperan penting pada transportasi darat. Kondisi jalan yang rusak biasanya menjadi kendala bagi kendaraan. Kerusakan pada jalan biasanya disebabkan oleh kelebihan beban kendaraan yang melewatinya.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, menjelaskan bahwa pengemudi kendaraan bermotor angkutan barang wajib menggunakan jaringan jalan sesuai dengan kelas jalan yang ditentukan. Kelas jalan yang ditentukan sesuai dengan ukuran serta beban kendaraan yang melewatinya dan disimpulkan bahwa pada kendaraan angkutan barang dan kendaraan lain memiliki batasan muatan terhadap penggunaan jalan. Jembatan timbang merupakan alat yang biasanya digunakan sebagai pengukur kelebihan beban kendaraan. Pengukuran kelebihan beban kendaraan selain dengan menggunakan jembatan timbang, juga dapat menggunakan metode berbasis serat optik.

Perancangan alat pengukur kelebihan beban kendaraan telah dilakukan oleh Setiono dkk (2013) yaitu alat investigasi beban kendaraan dengan menggunakan sensor serat optik dengan fotodiode sebagai penerima intensitas cahaya yang diteruskan melalui serat optik dan sinyal yang diterima dikonversi oleh ADC menjadi sinyal digital kemudian diteruskan ke komputer. Alat ini dapat mengukur beban kendaraan dengan keluaran berupa tegangan yang ditampilkan melalui komputer. Pengukuran dengan cara mengkonversi sinyal oleh ADC kemudian diteruskan ke komputer masih belum efektif karena memiliki perangkat yang tergolong tidak terjangkau dan untuk hasil masih sampai tahap karakterisasi serat optik.

Pengukuran beban dengan menggunakan serat optik juga pernah dikembangkan oleh beberapa peneliti, diantaranya Hulfa dan Kuswanto (2017) dengan melihat keluaran dari intensitas serat optik yang dibentuk dengan lekukan *multibending*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka tegangan keluaran akan semakin kecil. Pengukuran beban kendaraan menggunakan serat optik dilakukan dengan memanfaatkan *bending* yang terjadi pada serat optik. Setiono dkk (2012) menyimpulkan bahwa *mikrobending* pada serat optik terjadi ketika permukaan serat optik mengalami tekanan yang menyebabkan terjadinya deformasi pada inti serat optik. *Mikrobending* mengakibatkan berkurangnya daya optik yang melalui serat optik yang disebabkan oleh berkurangnya intensitas cahaya.

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengukur beban kendaraan menggunakan sensor serat optik pada umumnya dengan memanfaatkan *bending* yang terjadi pada serat optik. Penelitian masih memiliki beberapa kekurangan seperti pengolahan data belum menggunakan mikrokontroler dan tampilan keluaran pengukuran yang belum dapat digunakan secara jarak jauh. Proses penampilan keluaran jarak jauh bertujuan agar menjaga keselamatan pengamat dalam mengukur beban dan membantu dalam memantau kondisi kendaraan dalam jarak yang relatif jauh. Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kelebihan Beban Kendaraan Menggunakan Sensor Serat Optik dan *Transceiver nRF24L01+*”. Perancangan alat pengukur kelebihan beban kendaraan dilakukan menggunakan serat optik dengan tipe *step-index multimode*. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pengeolah data, diode laser sebagai sumber cahaya, OPT101 dan *transceiver nRF24L01+* untuk sistem transmisi.

Penggunaan sensor serat optik merupakan pilihan yang tepat untuk mengukur beban kendaraan dengan memanfaatkan *bending* yang terjadi pada serat optik. Perubahan *bending* pada serat optik akan mempengaruhi intensitas cahaya yang diterima oleh OPT101. *Bending* yang terjadi pada serat optik dibentuk dengan menggunakan balok gerigi yang diletakkan diatas serat optik. Pemberian tekanan pada atas balok akan membuat serat optik mengalami perubahan *bending*. *Bending* pada serat optik akan mengakibatkan perubahan intensitas cahaya yang selanjutnya dikonversi dalam bentuk tegangan.

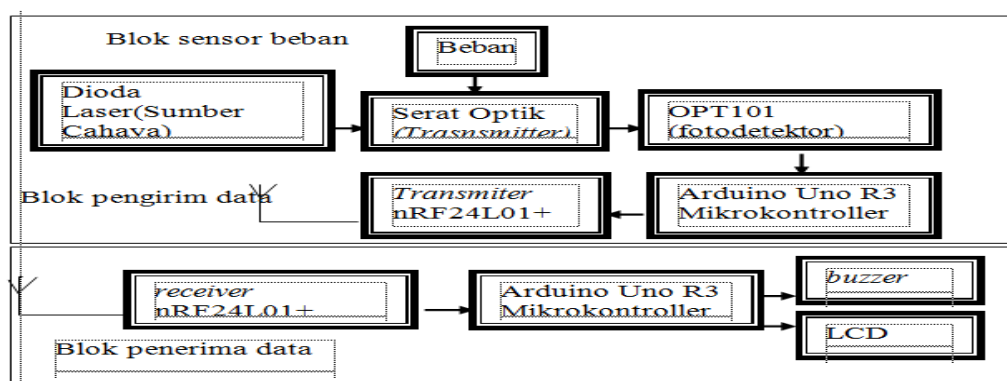
2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi multimeter digital, solder, luxmeter, PC. Bahan yang digunakan meliputi serat optik tipe *step index multimode* FD-620-10, fotodetektor OPT101, dioda laser, LCD I2C, *buzzer*, jumper, arduino UNO R3, papan rangkaian dan bantalan karet.

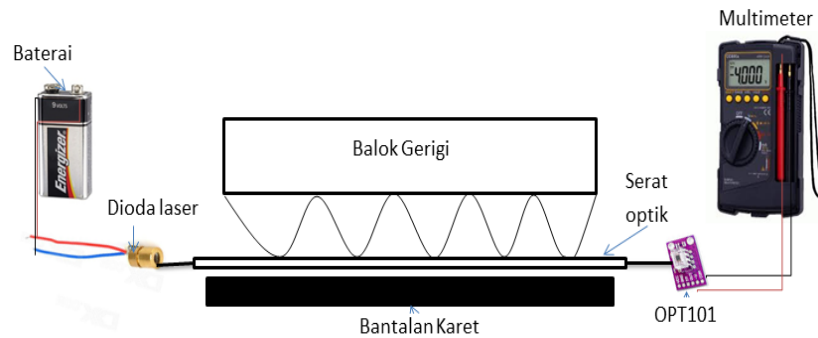
2.2 Perancangan Alat Pendeteksi Kelebihan Beban Kendaraan

Rancangan alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan dibuat menggunakan serat optik FD-620-10 tipe *step-index multimode* dengan metode intrinsik dan *transceiver* nRF24L01+ adalah seperti Gambar 1. Sistem perangkat keras ini terdiri dari 2 bagian yaitu bagian sensor dan bagian penampil. Bagian sensor terdiri dari dioda laser sebagai sumber cahaya, serat optik sebagai sensor beban, balok gerigi sebagai pembentuk *bending*, fotodetektor OPT101 sebagai sensor cahaya yang akan mendeteksi intensitas cahaya yang keluar dari ujung serat optik dan bagian *transmitter* dari *transceiver* nRF24L01+ sebagai media pengirim data. Bagian penampil terdiri dari *receiver* dari *transceiver* nRF24L01+ sebagai penerima data, LCD sebagai penampil dan *buzzer* sebagai alat peringatan. Serat optik memandu cahaya yang bersumber dari dioda laser. Cahaya terpandu akan mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh *bending* yang diberikan pada serat optik. Cahaya yang keluar dari ujung serat optik akan dideteksi oleh fotodetektor OPT101. Nilai keluaran dari detektor yang berupa tegangan analog akan dikirim ke mikrokontroler dan diubah kebentuk bilangan desimal oleh ADC (*Analog Digital Converter*) internal pada mikrokontroler. Data akan diproses oleh mikrokontroler sesuai dengan program yang ditanamkan. Data yang diproses selanjutnya dikirim ke bagian penerima melalui *transmitter* nRF24L01+.



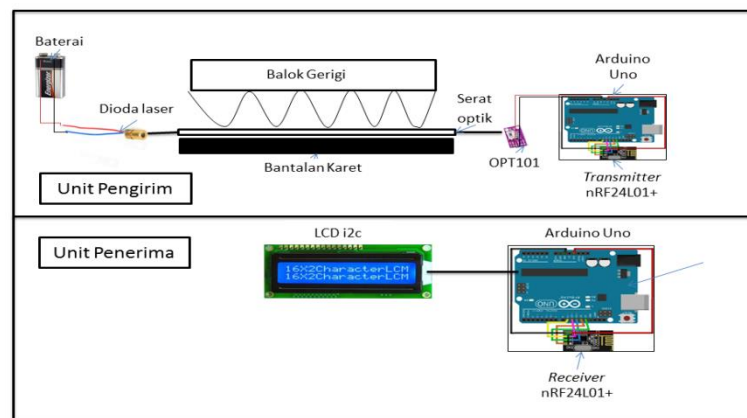
Gambar 1 Diagram blok sistem monitoring ketinggian cairan infus

Perancangan dan karakterisasi sensor serat optik sebagai sensor beban dilakukan dalam beberapa tahap karakterisasi yaitu karakterisasi *bending* dalam bentuk variasi gerigi pada balok, karakterisasi beban, dan karakterisasi *transceiver* nRF24L01+. Karakterisasi *bending* bertujuan untuk mengetahui hubungan banyaknya gerigi pada balok terhadap tegangan keluaran fotodetektor dan untuk mengetahui jumlah gerigi yang optimum digunakan sebagai sensor pendeteksi kelebihan beban kendaraan. diawali dengan pengukuran panjang serat optik yang akan digunakan. Pembentukan gerigi pada balok dilakukan bertujuan agar terjadinya *bending* pada serat optik. Pembentukan gerigi pada balok dilakukan dengan variasi gerigi 2 sampai dengan 5 gerigi. Perancangan dan karakterisasi variasi *bending* pada serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Karakterisasi *bending* pada serat optik

Karakterisasi beban bertujuan untuk mengetahui hubungan antara besar beban yang diberikan terhadap tegangan keluaran fotodetektor. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan beban yang diberikan pada sensor serat optik. Karakterisasi beban pada sensor serat optik dilakukan seperti Gambar 3. Variasi beban bertujuan untuk melihat nilai sensitifitas dari sensor serat optik. Nilai sensitifitas yang didapatkan digunakan sebagai fungsi transfer pada program. Variasi beban yang diberikan pada sensor serat optik dilakukan dengan memvariasikan jenis serta besar beban kendaraan.



Gambar 3 Pengujian dan karakterisasi beban pada sensor serat optik

Karakterisasi *transceiver* nRF24L01+ dilakukan untuk melihat jarak terjauh yang dapat dicapai oleh *transceiver* sebagai media transmisi data. Karakterisasi *transceiver* nRF24L01+ dilakukan dalam 4 keadaan yaitu saat cuaca cerah tanpa halangan, saat cuaca cerah ada halangan, saat cuaca hujan tanpa halangan dan saat cuaca hujan ada halangan. Karakterisasi rangkaian *transceiver* nRF24L01+ dilakukan dengan menguji pengiriman sebuah kode dan mengetahui seberapa jauh jarak pengiriman kode terkirim dari unit *transmitter* ke unit *receiver*. Kode yang dikirimkan dari unit *transmitter* diterima oleh unit *receiver* yang selanjutnya ditampilkan pada LCD.

2.3 Pengujian dan Analisis Kerja Sistem

Hasil yang didapatkan setelah proses karakterisasi dianalisis secara grafik dan secara statistik. Pengujian alat akan dilakukan dengan 2 tahap pengujian yaitu pengujian terhadap beban kendaraan dan pengujian terhadap alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan. Pengujian terhadap output dari hasil pengukuran beban kendaraan. Pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang terukur pada sensor dengan nilai yang terbaca oleh alat pembanding.

Pengujian alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan dilakukan dengan melihat *output* pada saat nilai beban kendaraan besar sama 3500 kg dan pada saat nilai beban kendaraan yang terbaca kecil

dari 3500 kg. Pada saat beban kendaraan besar sama dari 3500 kg maka output akan membunyikan *buzzer* yang berarti beban kendaraan melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Pada saat beban kendaraan kecil dari 3500 kg maka output akan membuat *buzzer* dalam keadaan mati yang berarti beban kendaraan sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan. Ukuran beban kendaraan akan ditampilkan pada LCD sehingga dapat memudahkan petugas dalam melihat nilai beban kendaraan.

Sistem pengukuran beban kendaraan ini memerlukan teknik analisis data untuk mengetahui persentase kesalahan dalam sistem pengukuran. Tahap analisis kerja alat dilakukan untuk mengetahui ketepatan dan ketelitian sistem sensor serat optik yang dirancang. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan Persamaan 1.

$$\% \text{ Error} = \left(\frac{\alpha_f - \alpha_i}{\alpha_f} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan nilai persentase kesalahan, α_f adalah nilai sebenarnya pada alat pembandingan dan α_i adalah nilai yang terbaca pada alat ukur.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor Serat Optik

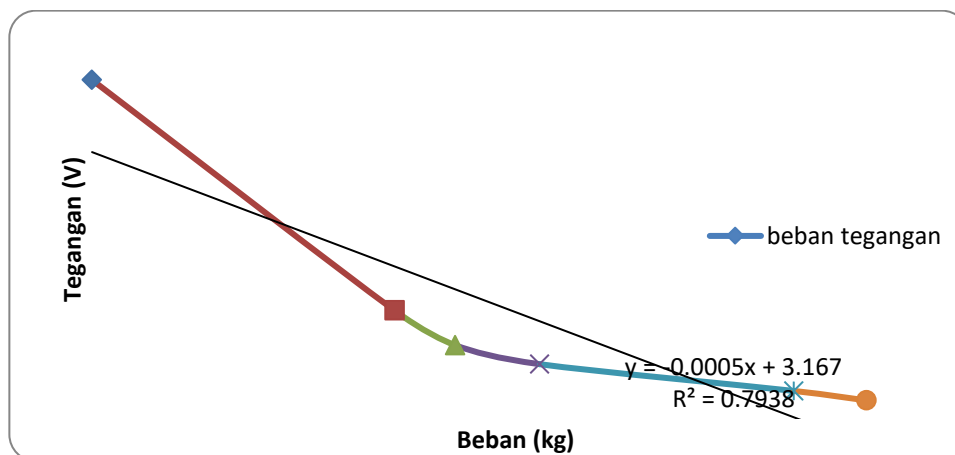
Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dalam beberapa tahap karakterisasi yaitu karakterisasi variasi *bending* dan karakterisasi variasi beban kendaraan. Hasil karakterisasi variasi *bending* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil karakterisasi variasi *bending* pada sensor serat optik

Ke-	Jumlah gerigi	Tegangan Keluaran (volt)					Tegangan Rata-Rata (volt)
		I	II	III	IV	V	
1	2	4,120	4,125	4,130	4,125	4,125	4,125
2	3	3,079	2,678	3,084	2,983	2,842	2,933
3	4	3,240	3,274	3,494	3,434	3,360	3,360
4	5	0,923	0,894	1,456	1,244	1,090	1,121

Tabel 1 merupakan data variasi *bending* dalam bentuk gerigi pada balok terhadap tegangan keluaran fotodetektor OPT101. Pengujian dilakukan pada jumlah 2 gerigi sampai jumlah 5 gerigi. Hasil dari karakterisasi variasi *bending* pada sensor serat optik didapatkan bahwa banyaknya jumlah gerigi pada balok yang optimum dipakai pada sensor serat optik yaitu dengan jumlah 5 gerigi dengan tegangan keluaran sebesar 1,121 V. Nilai optimum ini didapatkan berdasarkan tegangan keluaran pada sensor serat optik. Sensor serat optik sebagai alat pendeteksi kelebihan beban kendaraan menggunakan metode intrinsik yang akan bergantung pada perubahan tegangan keluaran yang diakibatkan *bending* pada sensor serat optik. Tahap karakterisasi sensor serat optik selanjutnya yaitu karakterisasi variasi beban. Karakterisasi beban dilakukan dengan memvariasikan besar beban yang diberikan pada sensor serat optik. Hasil karakterisasi variasi beban dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menampilkan hasil data pengujian variasi beban terhadap tegangan keluaran. Hasil karakterisasi menampilkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada sensor serat optik maka tegangan keluarannya akan semakin kecil. Besar tegangan keluaran yang dihasilkan dikarenakan besarnya *bending* yang terjadi pada sensor akibat beban yang diberikan.



Gambar 4 Grafik hubungan beban terhadap tegangan keluaran

3.2 Karakterisasi *Transceiver* nRF24L01+

Karakterisasi *Transceiver* nRF24L01+ dilakukan untuk menguji jarak terjauh pengiriman data dari unit *transmitter* ke *receiver*. Data yang akan dikirim yaitu berupa kode decimal yaitu “2034”. Rangkaian arduino UNO dengan *Transceiver* nRF24L01+ dihubungkan dengan daya *powerbank* dan program di *upload* melalui *software* Arduino IDE 1.6.9 pada komputer.

Pengukuran jarak dari unit *transceiver* ke unit *receiver* menggunakan fitur aplikasi *google maps* di Android. Karakterisasi dilakukan di Universitas Andalas. Hasil pengujian karakterisasi *Transceiver* nRF24L01+ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil karakterisasi *Transceiver* nRF24L01+

Kondisi Lapangan	Kode Pengiriman Data		Jarak Maksimum Pengiriman Data (m)
	Unit Transceiver	Unit Receiver	
Cuaca cerah, tanpa penghalang	2034	2034	450
Cuaca cerah, ada penghalang	2034	2034	230
Cuaca hujan, tanpa penghalang	2034	2034	300
Cuaca hujan, ada penghalang	2034	2034	200

Saat cuaca cerah, jarak maksimum yang didapat pada pengujian *Transceiver* nRF24L01+ adalah sejauh 450 m jika tanpa penghalang dan 230 m jika ada penghalang. Data ini tidak sesuai dengan *datasheet* *Transceiver* nRF24L01+ yang jangkauan maksimumnya 1 km. Kondisi area saat cuaca cerah tanpa penghalang adalah banyak terdapat pepohonan yang berada di sepanjang jalan. Saat cuaca hujan, jarak maksimum yang didapat pada pengujian *Transceiver* nRF24L01+ adalah sejauh 300 m jika tanpa penghalang dan 200 m dengan penghalang. Jarak pengiriman data berkurang dikarenakan gelombang radio yang dipancarkan oleh *Transceiver* nRF24L01+ mengalami atenuasi (pelemahan) yang disebabkan oleh intensitas curah hujan

3.3 Pengujian Sensor Serat Optik dengan Alat Pemanding

Pengujian sensor dilakukan untuk melihat keakuratan dari sistem yang dirancang. Setelah dilakukan pemilihan *bending* yang optimum digunakan sebagai sensor pendeteksi kelebihan beban, maka dilakukan pengujian dengan jumlah 5 gerigi. Data hasil pengujian sensor serat optik dengan alat pembanding dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian sensor serat optik. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai beban yang terukur oleh sensor serat optik dibandingkan dengan alat pembanding. Hasil pengukuran didapatkan error rata-rata yaitu sebesar 9,2%.

Tabel 3 Data pengujian sensor serat optik

Beban pada sensor (kg)	Beban sebenarnya (kg)	Persentase kesalahan (%)
3050	2750	10,9
3946	3600	9,6
3420	3160	8,2
2765	2490	11,0
3873	3630	6,6
Rata-rata error (%)		9,2

3.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian rancangan alat secara keseluruhan meliputi penggabungan *hardware* dan *software*. Pengujian rancangan alat pendeteksi kelebihan beban secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja masing-masing blok saat difungsikan secara bersamaan. Pada saat kendaraan melindas kotak sensor yang dipasang pada jalan maka akan terjadi perubahan intensitas cahaya yang disebabkan perubahan *bending* yang terjadi pada serat optik. Perubahan intensitas cahaya akan dideteksi oleh fotodetektor OPT101 yang mengubah besaran fisis berupa intensitas cahaya menjadi besaran listrik berupa tegangan keluaran.

Tegangan keluaran dari fotodetektor OPT101 selanjutnya dibaca melalui pin A0 pada Arduino UNO. Tegangan keluaran dari pin A0 dibaca melalui data ADC yang selanjutnya diprogram dengan menggunakan fungsi transfer yang didapatkan melalui karakterisasi pengaruh beban terhadap perubahan tegangan. Fungsi transfer digunakan sebagai pengubah tegangan keluaran yang terbaca ke bentuk nilai beban dengan menggunakan program pada Arduino UNO.

Pemrograman data pada Arduino UNO membutuhkan sinyal digital yaitu keadaan *high* dan *low* sebagai data masukan. Tegangan keluaran yang dihasilkan akan diolah menjadi nilai beban yang akan dikirimkan ke blok penerima melalui unit *transmitter* dari *transceiver* nRF24L01+ dan selanjutnya diterima oleh unit *receiver* dari *transceiver* nRF24L01+. Nilai beban yang dikirim selanjutnya diproses pada Arduino UNO dan ditampilkan berupa tampilan peringatan visual dari LCD I2C dan peringatan bunyi dari *buzzer* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian alat secara keseluruhan

Ke-	Beban kendaraan (kg)	Kondisi Buzzer (Hidup/Mati)
1	3050	Mati
2	3946	Hidup
3	3420	Mati
4	2765	Mati
5	3873	Hidup

Tabel 4 menampilkan hasil pengujian alat secara keseluruhan. Nilai beban yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap peringatan yang akan ditampilkan. LCD akan menampilkan nilai beban dan tulisan “LEBIH” disertai dengan bunyi *buzzer* saat beban yang terbaca lebih besar sama dari 3500 kg. Sebaliknya, LCD akan menampilkan tulisan “AMAN” dan nilai beban ketika beban yang terbaca kurang dari batas yang telah ditentukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sensor serat optik dapat mendeteksi kelebihan beban pada kendaraan. Beban kendaraan maksimum yang dideteksi oleh sensor sebesar 6400 kg. Semakin besar beban yang diberikan pada sensor serat optik maka tegangan keluaran yang terbaca oleh fotodetektor OPT101 akan semakin kecil dapat dilihat dari nilai sensitifitas sebesar $y = -0,0006x + 3,194$. Karakterisasi jarak maksimum yang dapat dijangkau oleh

transceiver nRF24L01+ antara unit pengirim dan penerima adalah 450 m. Hasil pengukuran beban pada sensor serat optik dengan alat pembanding memiliki kesalahan rata-rata sebesar 9,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Harsono., “Rugi-Rugi pada Serat Optik Bermode Tunggal dan Jamak dengan Sebaran Indeks Bias Undakan Akibat Pelilitan pada Silinder Secara Malar”, *Tesis*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.
- Hulfa, D.S dan Kuswanto, H.,” Pengaruh Massa Beban Terhadap Intensitas Keluaran Fiber Optik yang Dibentuk dengan Lekukan Multi Bending”, *JurnaFisika*, Universitas Negeri Yogyakarta, 2017.
- Novianto, dkk., “Pembuatan Prototipe Sensor Beban Bergerak Berbasis Serat Optik Berbentuk Koil dengan Interaksi Arduino Uno dan Labview”, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI*, Jateng & DIY, 2014.
- Pratomo, D., “Pemanfaatan Prinsip Kerja Sensor Serat Optik Pergeseran Mikro Untuk Mendesain Alat Ukur Massa”, *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2011.
- Setiono, A., Widiyatmoko, B., Mulyanto, A., “Kajian Mikrobending sebagai Sensor Beban Berbasis Serat Optik Multimode”, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI*, Jateng & DIY, Purworejo, 2012.
- Setiono, A., Hanto, D., Widiyatmoko, B., “Investigasi Sensor Serat Optik untuk Aplikasi Sistem Pengukuran Berat Beban Berjalan (Weight in Motion System)”, *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Tangerang Selatan, Banten, 2013.