

SKRIPSI

**OTOMATISASI *DATA ACQUISITION SYSTEM* (DAQ)
MENGUNAKAN PYTHON UNTUK APLIKASI *WEIGH-IN-
MOTION* BERBASIS SERAT OPTIK**



RAVHA PETRUS ANDAR DEWADRI RISAMASU

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**OTOMATISASI DATA ACQUISITION SYSTEM (DAQ)
MENGUNAKAN PYTHON UNTUK APLIKASI WEIGH-IN-
MOTION BERBASIS SERAT OPTIK**

**LEMBAR PERNYATAAN
SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**

**Oleh:
Ravha Petrus Andar Dewadri Risamasu
NIM. 081711333056**

**Tanggal Lulus:
28 April 2022**

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



**Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197712282003121003**

Pembimbing II,



**Samian, S.Si., M.Si.
NIP. 196706211998021001**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Otomatisasi *Data Acquisition System* (DAQ)
Menggunakan Python Untuk Aplikasi *Weigh-in-Motion*
Berbasis Serat Optik

Penyusun : Ravha Petrus Andar Dewadri Risamasu

NIM : 081711333056

Pembimbing I : Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.

Pembimbing II : Samian, S.Si., M.Si.

Tanggal Seminar : 9 Maret 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197712282003121003

Pembimbing II,



Samian, S.Si., M.Si.

NIP. 196706211998021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga



Digitally signed
by Herri
Trilaksana, M.Si.,
Ph.D.
Date: 2022-04-22
16:00+07:00

Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197712282003121003

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ravha Petrus Andar Dewadri Risamasu

NIM : 081711333056

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiarisme dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

Otomatisasi *Data Acquisition System* (DAQ) Menggunakan Python Untuk Aplikasi *Weigh-in-Motion* Berbasis Serat Optik.

Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindak plagiarisme, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 9 April 2022

A handwritten signature in black ink is written over a 1000 Rupiah postage stamp. The stamp features a portrait of a man and the text '1000', 'REPUBLIK INDONESIA', and 'POSTAGE & TELEGRAPH'. The signature is stylized and covers most of the stamp.

Ravha Petrus A. D. Risamasu

NIM. 081711333056

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang karena berkat dan tuntunan-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul **“Otomatisasi Data Acquisition System (DAQ) Menggunakan Python Untuk Aplikasi *Weigh-in-Motion* Berbasis Serat Optik”**. Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Strata-1 Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

Pengalaman selama Praktek Kerja Lapangan yang sudah penulis alami sangat membantu dalam menyusun proposal ini, karena judul yang penulis ambil merupakan sebuah kelanjutan dari topik yang penulis alami sebelumnya. Jika dalam PKL penulis hanya sampai pada tahap akuisisi data, maka penulis berniat untuk melanjutkan hingga menjadi sebuah alat ukur.

Dalam proses penulisan proposal ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang penulis cintai, Demianus D. Risamasu dan Akdamina K. W. Adriaansz, yang senantiasa mendoakan, mendukung, memotivasi, dan menghibur penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Fisika sekaligus Koprodi S-1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, dan juga selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
3. Samian, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II, yang teliti memberikan arahan, dan selalu memberi kritik dan saran yang bermanfaat bagi penelitian.
4. Supadi, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I, yang telah memberikan saran dan masukan yang baik bagi kelangsungan penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen program studi S-1 Fisika Universitas Airlangga atas segala ilmu, nasihat, dan bantuan yang diberikan kepada penulis.

6. Gabriella Aileen Mendrofa, yang selalu menghibur, memberikan semangat, bantuan, dan dukungan moral kepada penulis selama menyelesaikan proposal.
7. Moch. Aidil Azma dan Nuzulan Salsabila, *Optic Squad*, yang menjadi tempat berdiskusi dan bertukar pikiran, selalu bersama melalui suka duka revisi tiada akhir, dan pengerjaan skripsi.
8. Rekan-rekan Fisika angkatan 2017, atas dukungannya meskipun sering tiba-tiba lulus dan/atau nikah.
9. Himpunan Mahasiswa Wiskul, yang selalu jadi tempat berbagi dan bertukar pikiran.
10. Seluruh keluarga dan teman-teman penulis dari berbagai lingkungan yang belum sempat disebutkan, atas doa, dukungan dan semangat bagi penulis.

Semoga kedepannya penulis dapat melanjutkan proposal ini menjadi skripsi dan dapat berguna sebagai bahan pustaka dan penambah informasi khususnya bagi mahasiswa Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa dalam susunan proposal ini mungkin terdapat kekurangan sehingga saran dan kritik yang membangun diperlukan untuk menyempurnakan proposal ini.

Surabaya, 9 April 2022



Ravha Petrus A. D. Risamasu

NIM. 081711333056

Ravha Petrus A. D. Risamasu, 2022. **Otomatisasi Data Acquisition System (DAQ) Menggunakan Python Untuk Aplikasi Weigh-In-Motion Berbasis Serat Optik**. Skripsi ini di bawah bimbingan Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Samian, S.Si., M.Si. Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Pada dasarnya, sebuah alat ukur berat kendaraan menggunakan sensor *weigh-in-motion* berbasis serat optik. Sensor WIM memanfaatkan rugi daya akibat makrobending yang besarnya sebanding dengan berat kendaraan. Laser dilewatkan melalui sensor dan perubahan rugi daya dideteksi oleh fotodetektor. Keluaran fotodetektor yang berupa tegangan dikonversi menjadi tegangan digital menggunakan program ADC pada papan Arduino UNO. Tegangan digital kemudian diplot pada antarmuka Spyder terhadap waktu untuk menunjukkan grafik yang selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan berat kendaraan. Sensor WIM, fotodetektor, dan DAQ dibuat sendiri dari awal. Hasil karakterisasi sensor dari uji tekan pada rentang 3100 – 15600 N adalah sensitivitas $11,549\mu\text{V/N}$ dengan resolusi 480 N dan linieritas 99,86%. Selain itu dihasilkan pula program dengan bahasa pemrograman Python yang dapat digunakan untuk mengotomasi proses pengukuran berat kendaraan. Pengukuran dilakukan untuk beban uji kendaraan roda dua dengan jumlah pengemudi bervariasi, yakni 1036N, 2016N, 3051N, dan 3858N. Diperoleh hasil pengukuran dengan eror 4,58%; 6,74%; 2,92%; dan 8,35% untuk masing-masing beban uji setelah memperhitungkan faktor koreksinya. Dengan hasil yang menjanjikan, diharapkan alat ukur – sensor, DAQ, dan program – dapat dikembangkan lagi untuk menjadi lebih kompak, efisien, dan akurat.

Kata Kunci: *Sensor Berat, Sensor Serat Optik, Weigh-in-Motion, Macrobending, DAQ, Arduino, Python*

Ravha Petrus A. D. Risamasu, 2022. **Automatization of Data Acquisition System (DAQ) Using Python for Optical Fiber Based Weigh-In-Motion Sensor Application.** This undergraduate thesis is supervised by Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Samian, S.Si., M.Si. Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Basically, a vehicle weight masuring device which uses a fiber-optic-based weigh-in-motion sensor. The WIM sensor takes advantage of the power loss due to macrobending which is proportional to the weight of the vehicle. The laser is passed through the sensor and the change in power loss is detected by a photodetector. The output of the photodetector in the form of an analog voltage is converted into a digital one using ADC program on the Arduino UNO board. The digital voltage is then plotted on the Spyder interface to show a graph which is then analyzed to obtain the weight of the vehicle. The WIM sensor, photodetector, and DAQ are built from scratch. The sensor's characterization results from the compression test in the range of 3100 – 15600 N is a sensitivity of 11.549 μ V/N with a resolution of 480 N and a linearity of 99.86%. In addition, a program with the Python programming language is also produced that can be used to automate the process of vehicle weight mesurement. Measurements were made for the test load of two-wheeled vehicles with the number of drivers varying, namely 1036N, 2016N, 3051N, and 3858N. The measurement results obtained with an error of 4.58%; 6.74%; 2.92%; and 8.35% for each test load after takin correction factor into consideration. With promising results, it is hoped that this measuring device – sensors, DAQ, and programs – can be further developed to become more compact, efficient, and accurate.

Keywords: *Weight Sensor, Fiber Optic Sensor, Weigh-in-Motion, Macrobending, DAQ, Arduino, Python*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Laser	5
2.1.1 Karakterisasi Laser	5
2.1.2 Prinsip Kerja Laser	6
2.2 Serat Optik	7
2.2.1 Struktur Serat Optik.....	7
2.2.2 Jenis-jenis Fiber Optik	9
2.2.3 Pemantulan Internal Total	9
2.2.4 Tingkap Numerik (<i>Numerical Aperture/NA</i>)	11
2.2.5 Pelemahan Daya Serat Optik.....	12
2.3 Sensor	16
2.3.1 Jangkauan.....	16
2.3.2 Daerah Linier.....	16

2.3.3 Sensitivitas	17
2.3.4 Resolusi	17
2.3.5 Stabilitas	17
2.4 Sensor WIM	18
2.5 Fotodetektor	20
2.6 Arduino	21
2.6.1 Firmata <i>Library</i>	22
2.7 Filter RC.....	22
2.8 Python	23
2.8.1 "pyFirmata" <i>Interface</i>	24
2.9 <i>Data Acquisition System (DAQS)</i>	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat Penelitian	25
3.2.2 Bahan Penelitian	25
3.3. Variabel penelitian.....	26
3.4. Prosedur penelitian	26
3.4.1 Bagan Alur Penelitian	26
3.4.2 Desain <i>Set-Up</i> Alat Ukur	28
3.4.3 Pembuatan Sensor WIM	28
3.4.4 Pembuatan Sistem DAQ	30
3.4.5 Karakterisasi WIM Sensor	32
3.4.6 Penulisan Kode Utama Pada Spyder	33
3.4.7 Pengambilan Data	34
3.4.8 Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Sensor WIM	37
4.2. Sistem DAQ	38
4.3. Karakterisasi Sensor WIM	39
4.4. Penulisan Kode Utama.....	42
4.5. Pengambilan Data.....	43

4.6. Analisis Data	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

BAB II	
Gambar 2.1 Serapan, pancaran spontan, dan pancaran terangsang.....	6
Gambar 2.2 Skema bagian penyusun fiber optik	8
Gambar 2.3 Penggambaran pembiasan, sudut kritis, dan TIR.....	10
Gambar 2.4 Sudut sudut pemantulan internal sempurna (TIR)	11
Gambar 2.5 Sudut penerimaan cahaya oleh serat optik	12
Gambar 2.6 Pemantulan cahaya dalam serat optik (normal).....	13
Gambar 2.7 Pemantulan cahaya dalam serat optik (ada lekukan)	13
Gambar 2.8 <i>Microbending</i> pada <i>cladding</i> dan rugi daya antarmoda	14
Gambar 2.9 <i>Macrobend</i> pada lengkungan serat optik.....	15
Gambar 2.10 Sensor WIM P2F-LIPI.	19
Gambar 2.11 Respons spektral fotodioda OPT101.....	20
Gambar 2.12 Konfigurasi pin fotodioda OPT101.....	21
Gambar 2.13 Seperangkat mikrokontroler Arduino UNO.	22
Gambar 2.14 Rangkaian filter RC lolos rendah sederhana.....	23
BAB III	
Gambar 3.1 Bagan Prosedur Penelitian.	27
Gambar 3.2 Desain Set-Up Alat Ukur Berat Kendaraan.....	28
Gambar 3.3 Bagian dalam sensor WIM (tanpa selang karet).....	29
BAB IV	
Gambar 4.1 Grafik Karakterisasi Sensor WIM.....	39
Gambar 4.2 Grafik Uji Stabilitas Sensor 1	40
Gambar 4.3 Grafik Uji Stabilitas Sensor 2	40
Gambar 4.4 Contoh Grafik Hasil Plot Data Pengamatan	44
Gambar 4.5 Respon Sensor Untuk Tiap Beban Uji	45
Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Berat Untuk Beban 1036,35N	46
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Berat Untuk Beban 2016,35N	46
Gambar 4.8 Hasil Pengukuran Berat Untuk Beban 3050,74N	47
Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Berat Untuk Beban 3857,77N	47

DAFTAR TABEL

BAB III	
Tabel 3.1 Varian Beban Uji.	35
BAB IV	
Tabel 4.1 Karakter Sensor	41
Tabel 4.2 Faktor Kalibrasi Beban Uji	45

DAFTAR LAMPIRAN

1. Spesifikasi Fotodioda.	53
2. Skema Rangkaian Sistem DAQ.	56
3. Data Karakterisasi Sensor WIM.....	57
4. Data Uji Stabilitas Sensor WIM.....	59
5. Hitungan Tanggungan Berat Maksimal Sensor WIM	61
6. Kode Program Utama.	63
7. Data Massa Referensi dan Beban Uji.	66
8. Data Pengamatan.....	67
9. Grafik dari Data Pengamatan.	74
10. Data Respon Sensor.....	82
11. Data Hasil Pengukuran Berat Kendaraan.	83
12. Foto Dokumentasi.	86