

# TUGAS AKHIR

## MEMANTAU HASIL PENGUKURAN *LOAD CELL* MENGUNAKAN BLUETOOTH MELALUI *SMARTPHONE*



PETRUS KRISTIANTO ANDI NUGROHO

NPM:2015720011

PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2019

**FINAL PROJECT**

**MONITORING LOAD CELL MEASUREMENT USING  
BLUETOOTH FROM SMARTPHONES**



**PETRUS KRISTIANTO ANDI NUGROHO**

**NPM:2015720011**

**DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**MEMANTAU HASIL PENGUKURAN *LOAD CELL*  
MENGUNAKAN BLUETOOTH MELALUI *SMARTPHONE***

**PETRUS KRISTIANTO ANDI NUGROHO**

**NPM: 2015720011**

**Bandung, 11 Desember 2019**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Flaviana Catherine, S.Si, M.T**

**Penguji I**

**Penguji II**

**Drs. Janto Vincent Sulungbudi**

**Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi**

**Reinard Primulando, Ph.D.**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul:

### **MEMANTAU HASIL PENGUKURAN *LOAD CELL* MENGGUNAKAN BLUETOOTH MELALUI *SMARTPHONE***

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 11 Desember 2019

Meterai Rp. 6000
---------------------

PETRUS KRISTIAN TO ANDI NUGROHO  
NPM: 2015720011

## ABSTRAK

Gaya merupakan sebuah besaran fisis yang banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Gaya dapat menyebabkan suatu benda mengalami deformasi. Salah satu bahan yang dapat mengalami deformasi tersebut adalah *corrugated fiberboard*. Salah satu jenis sensor yang dapat digunakan untuk mengukur gaya yang dialami suatu benda saat mengalami proses deformasi adalah *load cell* yang terdiri dari empat buah *strain gauge* yang dirangkai menjadi sebuah Jembatan Wheatstone.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoperasikan dan memonitor hasil pengukuran yang diperoleh Alat Edge Crush Test (ECT) yang memiliki sebuah *load cell* 1000 g yang dikendalikan oleh ESP32. Alat ECT merupakan alat yang umumnya digunakan untuk menguji bahan berupa lembaran *corrugated fiberboard* (kardus) dengan memberi tekanan pada bagian tepi (*edge*) *corrugated fiberboard* tersebut. Melalui Alat ECT yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh hasil pengukuran gaya tekan saat dilakukan kalibrasi menggunakan beban sebesar 500 g dan 1000 g. Selanjutnya diperoleh data berupa gaya tekan yang diterapkan pada *corrugated fiberboard*. Bahan *corrugated fiberboard* diuji dalam keadaan *medium* pada *corrugated fiberboard* memiliki arah horisontal dan arah vertikal.

Hasil analisis berupa nilai maksimum gaya tekan, nilai minimum gaya tekan, rata-rata hasil pengukuran gaya tekan, dan standar deviasi pengukuran gaya tekan. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan ESP32 dan smartphone, diperoleh nilai ketidakpastian yang relatif kecil dari pengukuran gaya tekan saat melakukan kalibrasi, yaitu sebesar 0.0015 pada beban 500 g dan 0.0035 pada beban 1000 g. Kemudian, hasil pengukuran gaya tekan saat proses ECT, menunjukkan bahwa proses ECT menggunakan *corrugated fiberboard* dengan *medium* vertikal membutuhkan gaya tekan lebih besar dari *corrugated fiberboard* dengan *medium* horisontal.

**Kata-kata kunci:** gaya tekan, Alat ECT, *load cell*, ESP32, Bluetooth, *smartphone*

## ABSTRACT

Force is a physical quantity that is widely used in daily life. Force can cause an object to deform. One material that can be deformed is corrugated fiberboard. One type of sensor that can be used to measure the force experienced by an object when undergoing a deformation process is load cell which consists of four strain gauge which are assembled into a Wheatstone Bridge.

This study aims to operate and monitor the measurement results obtained by the Edge Crush Test (ECT) tool which has a 1000 g load cell that is controlled by ESP32. ECT machine is a machine that is generally used to test materials in the form of sheets corrugated fiberboard (cardboard) by applying pressure to the corrugated fiberboard edges. Through the ECT machine used in this study, the results of compressive force measurements were obtained during calibration using a load of 500 g and 1000 g. Furthermore, data obtained in the form of a compressive force applied to the corrugated fiberboard. The corrugated fiberboard material was tested in medium state on corrugated fiberboard having horizontal and vertical directions.

The results of the analysis are the maximum value of the compressive force, the minimum value of the compressive force, the average result of the compressive force measurement, and the standard deviation of the compressive force measurement. In this study it can be concluded that by using ESP32 and smartphone, a relatively small standard deviation value obtained from the measurement of the compressive force during calibration is equal to 0.0015 at 500 g load and 0.0035 at 1000 g load. Then, the results of the measurement of the compressive force during the ECT process, show that the ECT process using corrugated fiberboard with vertical medium requires a compressive force greater than corrugated fiberboard with horizontal medium.

**Keywords:** compressive force, ECT machine, load cell, ESP32, Bluetooth, smartphone

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga atas berkat dan rahmat-Nya skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Penulis menyusun tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan studi strata satu di Program Studi Fisika Universitas Katolik Parahyangan. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak kontribusi positif yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- Orangtua dan keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
- Flaviana Catherine, S.Si, M.T dan Drs. Janto Vincent Sulungbudi selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan kritik dan saran dalam melakukan penelitian dan penulisan pada tugas akhir ini.
- Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D. selaku dosen penguji yang banyak memberikan kritik dan saran dalam melakukan penelitian dan penulisan pada tugas akhir ini.
- Reinard Primulando, Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi kepada penulis dalam proses perkuliahan.
- Rekan-rekan yang telah memberi motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi berkembangnya tugas akhir ini agar menjadi lebih baik. Terima kasih.

Bandung, Desember 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xxi</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	1
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan Masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	2
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Sifat Mekanik Bahan . . . . .	5
2.1.1 Modulus Elastisitas . . . . .	5
2.1.2 <i>Stress</i> . . . . .	5
2.1.3 <i>Strain</i> . . . . .	5
2.1.4 <i>Corrugated Fiberboard</i> dan <i>Edge Crush Test (ECT)</i> . . . . .	6
2.2 Alat ECT . . . . .	6
2.2.1 <i>Ball Screw</i> . . . . .	6
2.2.2 Motor Listrik . . . . .	6
2.2.3 <i>Load Cell</i> . . . . .	7
2.2.4 <i>Strain gauge</i> . . . . .	8
2.2.5 Jembatan Wheatstone . . . . .	8
2.2.6 HX711 . . . . .	9
2.2.7 ESP32 . . . . .	10
2.2.8 <i>Mini L298</i> . . . . .	10
2.2.9 Sensor HI400 <i>Hall-Effect Sensor</i> . . . . .	11
2.2.10 Bluetooth dan Bluetooth Low Energy . . . . .	11
2.2.11 Bahasa Pemrograman C . . . . .	12
2.2.12 App Inventor . . . . .	12
<b>3 METODE PENELITIAN</b>	<b>15</b>
3.1 Pengaturan Alat ECT . . . . .	15
3.1.1 Pengaturan Rangkaian Elektronik . . . . .	15
3.1.2 Pembuatan Aplikasi Android . . . . .	17
3.1.3 Pemrograman ESP32 . . . . .	22
3.1.4 Pengujian Fungsi dan Kalibrasi Alat ECT . . . . .	23
3.2 Persiapan Benda yang Diuji . . . . .	24
3.3 <i>Edge Crush Test (ECT)</i> . . . . .	24



3.3.1	Otomatisasi Alat ECT Menggunakan Sensor HI400 . . . . .	26
<b>4</b>	<b>ANALISIS DATA HASIL PENGUKURAN</b>	<b>27</b>
4.1	Analisis Data Hasil Kalibrasi . . . . .	27
4.2	Analisis Data Hasil <i>Edge Crush Test</i> (ECT) . . . . .	28
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>31</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	31
5.2	Saran . . . . .	31
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>33</b>
	<b>A KODE PROGRAM</b>	<b>35</b>
	<b>B HASIL EKSPERIMEN</b>	<b>39</b>
B.0.1	Data Hasil Kalibrasi Menggunakan Beban 500 g . . . . .	39
B.0.2	Data Hasil Kalibrasi Menggunakan Beban 1000 g . . . . .	40
B.0.3	Data Hasil Percobaan Menggunakan <i>Corrugated Fiberboard</i> Dengan <i>Medium</i> Horizontal . . . . .	41

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Gambar <i>Ball screw</i> . . . . .	6
2.2	<i>Load cell</i> . . . . .	7
2.3	Skema <i>load cell</i> . . . . .	7
2.4	Skema Jembatan Wheatstone . . . . .	9
2.5	Hubungan antara <i>load cell</i> , HX711, dan ESP32 . . . . .	9
2.6	Modul ESP32 . . . . .	10
2.7	Mini L298 . . . . .	11
2.8	Contoh antarmuka App Inventor . . . . .	12
2.9	Contoh blok-blok perintah yang digunakan pada App Inventor . . . . .	12
3.1	Rangkaian elektronik untuk mendapatkan hasil pengukuran <i>load cell</i> . . . . .	15
3.2	Rangkaian elektronik untuk menggerakkan motor listrik . . . . .	16
3.3	Hubungan antara rangkaian elektronik Alat ECT dan <i>smartphone</i> . . . . .	16
3.4	Antarmuka aplikasi Alat ECT . . . . .	17
3.5	blok program awal . . . . .	18
3.6	blok program untuk Koneksi Bluetooth . . . . .	19
3.7	blok program untuk menghubungkan aplikasi ke ESP32 . . . . .	19
3.8	blok program untuk memasukkan nilai faktor kalibrasi . . . . .	20
3.9	blok program 5 . . . . .	20
3.10	blok program untuk mengaktifkan komponen Clock2 . . . . .	21
3.11	blok program Clock2 untuk mengambil data pengukuran gaya . . . . .	21
3.12	blok program untuk melakukan pengiriman data hasil pengukuran . . . . .	22
3.13	Antarmuka bagian bawah aplikasi pengontrol Alat ECT . . . . .	23
3.14	Diagram Penampang Benda Uji . . . . .	24
3.15	Antarmuka bagian atas aplikasi pengontrol Alat ECT . . . . .	25
3.16	Rangkaian elektronik untuk otomatisasi Alat ECT . . . . .	26
4.1	Grafik rata-rata gabungan dari hasil kalibrasi menggunakan beban 500 g dan 1000 g . . . . .	27
4.2	Empat grafik hasil percobaan dengan arah <i>medium</i> vertikal . . . . .	28
4.3	Empat grafik hasil percobaan dengan arah <i>medium</i> horisontal . . . . .	28



## DAFTAR TABEL

3.1	Komponen yang digunakan pada aplikasi. . . . .	18
3.2	Tabel jenis <i>corrugated fiberboard</i> yang digunakan dalam penelitian. . . . .	24
4.1	Tabel nilai maksimum, nilai minimum, rata-rata, dan standar deviasi. . . . .	27
4.2	Tabel hasil pengukuran dengan arah <i>medium</i> vertikal. . . . .	29
4.3	Tabel hasil pengukuran dengan arah <i>medium</i> horisontal . . . . .	29
B.1	Tabel Hasil Kalibrasi Menggunakan Beban 500 g. . . . .	39
B.2	Tabel Hasil Kalibrasi Menggunakan Beban 1000 g. . . . .	40
B.3	Tabel Hasil Percobaan Menggunakan <i>Corrugated Fiberboard</i> Dengan <i>Medium</i> Horisontal. . . . .	41
B.4	Tabel Hasil Percobaan Menggunakan <i>Corrugated Fiberboard</i> Dengan <i>Medium</i> Vertikal. . . . .	42



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu besaran fisis yang dapat diukur dari suatu benda, adalah besar gaya yang diperlukan untuk membuat benda mengalami perubahan bentuk (deformasi). Gaya yang diperlukan untuk membuat suatu benda mengalami deformasi; dapat diketahui dengan melakukan uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compression test*), *Edge Compression Test* (ECT), dan sebagainya; pada benda tersebut. Untuk mengetahui besar gaya yang dialami oleh suatu benda, diperlukan suatu alat yang dapat mengetahui besar gaya yang diperoleh dari proses-proses tersebut. Pada penelitian ini, jenis pengujian yang dilakukan, adalah ECT yang diterapkan pada *corrugated fiberboard*.

Untuk mengetahui besar gaya yang dialami suatu benda saat diberi gaya tekan pada saat proses ECT, dibutuhkan sebuah sensor yang dikenal sebagai *load cell*. Jika suatu benda diberi gaya tekan oleh suatu alat, *load cell* yang dipasang pada alat tersebut, dapat mengetahui besar gaya yang dialami oleh benda tersebut.[1]

*Load cell* yang digunakan dalam penelitian ini, merupakan empat buah sensor *strain gauge* yang telah dipasang pada sebuah batangan logam. Saat benda yang diuji diberi gaya tarik atau gaya tekan, *strain* yang dialami *load cell*, akan berubah dan akan mengubah resistansi pada *strain gauge*. Agar gaya tekan dapat diberikan oleh Alat ECT, Alat ECT yang digunakan perlu dibuat agar dapat melakukan gerak turun untuk memberikan gaya tekan.

Agar gaya tekan dapat diukur dan diberikan oleh alat secara teratur, digunakan Alat ECT yang terhubung dengan ESP32. ESP32 adalah perangkat keras berupa mikrokontroler yang dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman C, yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai alat elektronik atau mesin dengan komputer [2], termasuk Alat ECT. Dengan kata lain, ESP32 dapat berfungsi sebagai antarmuka (*interface*) yang dapat mengendalikan alat tersebut. Dalam penelitian ini, ESP32 juga berperan dalam memperoleh data berupa besar *strain* yang telah diukur oleh *load cell*. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan pada Alat ECT. ESP32 digunakan karena memiliki ukuran lebih ringkas, telah terintegrasi dengan Bluetooth, dan mampu menjalankan perintah program secara lebih efisien. Agar Alat ECT dapat dioperasikan dengan lebih mudah, ESP32 dihubungkan pada *Smartphone* Android agar pengaturan alat dan pemantauan hasil pengujian kalibrasi dan proses ECT, dapat dilakukan secara langsung melalui *Smartphone* Android. Pada penelitian ini, *Smartphone* Android dan ESP32 dihubungkan secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE) dan perangkat lunak *mobile* bagi *Smartphone* Android yang dibuat menggunakan App Inventor. App Inventor adalah suatu IDE (*Integrated Development Environment*) untuk membuat berbagai perangkat lunak *Smartphone* Android.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian dilakukan dengan cara menghubungkan Alat ECT pada ESP32 dan kemudian menghubungkannya pada *smartphone*. Setelah itu, dilakukan eksperimen menggunakan Alat ECT yang telah dihubungkan pada ESP32. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui besar gaya yang dapat diterima oleh benda yang diuji dan setelah menerapkan konfigurasi

tertentu pada ESP32. Sehingga dapat diketahui besar ketidakpastian dari hasil pengukuran menggunakan ESP32. Berikut adalah rumusan masalah pada penelitian ini.

- Bagaimana cara memperoleh data hasil pengukuran gaya dari proses kalibrasi dan pengukuran gaya saat proses ECT?
- Bagaimana data hasil pengukuran gaya diolah?
- Bagaimana cara menghubungkan Alat ECT pada ESP32?
- Bagaimana cara menghubungkan ESP32 dengan *smartphone* secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy dan App Inventor?
- Berapa besar ketidakpastian pengukuran Alat ECT dengan EP32?

### 1.3 Tujuan

- Melakukan pengukuran gaya dari proses kalibrasi dan proses ECT.
- Mengolah data hasil pengukuran gaya.
- Menghubungkan Alat ECT pada ESP32.
- Menghubungkan ESP32 dengan *smartphone* secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy dan App Inventor.
- Mengukur ketidakpastian pengukuran Alat ECT dengan ESP32.

### 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran dengan hasil akhir gaya yang diukur, hanya dengan menggunakan satu jenis *load cell*. Kemudian, pada penelitian ini, data yang dianalisis hanya berasal dari sistem *load cell* yang diperoleh melalui ESP32. Pada penelitian ini tidak perlu lagi dilakukan kalibrasi pada *load cell*, karena *load cell* telah siap pakai, sehingga *load cell* dapat langsung digunakan.

Pada penelitian ini, nilai *stress* dan *strain* tidak diukur karena Alat ECT yang digunakan tidak memiliki instrumen yang berfungsi untuk mengukur perubahan dimensi benda setelah proses ECT. Kemudian pada penelitian ini, hanya digunakan *corrugated fiberboard* dengan satu jenis ketebalan (3 mm), sebagai benda yang diuji. Pengujian bahan *corrugated fiberboard* biasa digunakan dalam menguji kualitas kardus untuk keperluan kemasan pada industri.

### 1.5 Sistematika Penulisan

1. Bab 1 Pendahuluan Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang berfungsi untuk memberikan gambaran kepada para pembaca mengenai sistematika pembahasan Tugas Akhir secara keseluruhan.
2. Bab 2 Landasan Teori Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan untuk menjelaskan data teori yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.
3. Bab 3 Metode Penelitian Bab ini meliputi proses dalam menjalankan eksperimen dengan menggunakan Alat ECT.

- 
4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan Bab ini akan memaparkan hasil dari penelitian dan dibahas beserta analisisnya.
  5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran Bab ini berisikan beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil dan analisis yang diperoleh, serta saran- saran yang dapat diberikan mengenai metode penelitian yang telah dilakukan.