



**PROTOTIPE SISTEM KALIBRASI OTOMATIS BERBASIS IoT
UNTUK ANAK TIMBANGAN MENGGUNAKAN TIMBANGAN
KONVEYOR**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

ELSA ELIDA
092022090099

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2024**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 21 Juni 2024
Mahasiswa,



Elsa Elida
NIM. 092022090099

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Elsa Elida
NIM : 092022090099
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Prototipe Sistem Kalibrasi Otomatis Berbasis IoT
untuk Anak Timbangan Menggunakan Timbangan
Konveyor

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT

Pembimbing 2 : Dian Nugraha, S.ST., M.IT

Mengetahui,

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

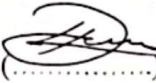
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Elsa Elida
NIM : 092022090099
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Prototipe Sistem Kalibrasi Otomatis Berbasis IoT
Untuk Anak Timbangan Menggunakan Timbangan
Konveyor

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Devan Junesco Vresdian, S.ST., M.Sc.Eng


(.....)

Penguji 2 : Mauludi Manfaluthy, ST., MT


(.....)

Penguji 3 : Legenda Prameswono Pratama, S.ST., M.Sc.Eng


(.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 12 Agustus 2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Elsa Elida
NPM : 092022090099
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Prototipe Sistem Kalibrasi Otomatis Berbasis IoT Untuk Anak Timbangan Menggunakan Timbangan Konveyor

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 21 Juni 2024

Yang menyatakan



Elsa Elida
NIM. 092022090099

ABSTRAK

Kalibrasi anak timbangan bertujuan untuk memastikan akurasi dan ketertelusuran hasil pengukuran. Saat ini, kalibrasi manual anak timbangan masih umum dilakukan, meskipun memiliki risiko anak timbangan terjatuh saat proses pemindahan. Permintaan yang tinggi juga menuntut peningkatan waktu penyelesaian kalibrasi. Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem kalibrasi otomatis untuk mengurangi keterlibatan operator. Sistem yang dikembangkan meliputi meja bergerak dengan motor listrik untuk kalibrasi anak timbangan 200 kg hingga 1000 kg serta sistem robot 3-axis untuk anak timbangan 20 kg. Meskipun efektif, sistem ini belum mampu mengakomodasi berbagai dimensi anak timbangan dan memerlukan biaya tinggi. Penelitian terbaru menghasilkan komparator massa otomatis untuk anak timbangan sub-miligram dengan berbagai bentuk.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penulis mengembangkan prototipe sistem kalibrasi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan timbangan konveyor. Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu, kelembapan, dan tekanan udara, serta mampu merekam data kalibrasi dan kondisi lingkungan secara otomatis ke *Google Sheets*. Prototipe ini menggunakan metode kalibrasi sesuai OIML R 111-1: 2004 dengan skema penimbangan STS. Timbangan konveyor yang dihasilkan memiliki linearitas yang baik dengan rentang ukur 20 g hingga 600 g. Pembacaan timbangan menunjukkan konsistensi dengan standar deviasi 0,4 g dan nilai maksimum perbedaan eksentrisitas dinamis serta statis sebesar 0,1 g dan 0,2 g. Prototipe ini terbukti dapat mengurangi standar deviasi dan waktu kalibrasi hingga 52%. Data yang diperoleh dari kalibrasi 3 tipe bentuk anak timbangan menunjukkan bahwa perbedaan bentuk anak timbangan tidak mempengaruhi proses kalibrasi menggunakan prototipe ini.

Kata kunci: anak timbangan, *internet of things*, kalibrasi, otomatisasi, timbangan konveyor

ABSTRACT

The calibration of weights aims to ensure the accuracy and traceability of measurement results. Currently, manual calibration of weights is still commonly performed, although it carries the risk of the weights falling during the transfer process. High demand also demands faster calibration completion time. Several studies have developed automatic calibration systems to reduce operator involvement. The systems developed include a movable table with an electric motor for calibrating weights ranging from 200 kg to 1000 kg, as well as a 3-axis robot system for 20 kg weights. Although effective, these systems are not capable of accommodating various dimensions of calibration weights and require high costs. Recent research has produced an automatic mass comparator for sub-milligram calibration weights of various shapes.

Based on these studies, the author has developed a prototype of an automatic calibration system based on the Internet of Things (IoT) using a conveyor scale. This system is equipped with temperature, humidity, and air pressure sensors, and is capable of automatically recording calibration data and environmental conditions to Google Sheets. The prototype uses a calibration method according to OIML R 111-1: 2004 with an STS weighing scheme. The resulting conveyor scale has good linearity with a measuring range of 20 g to 600 g. The scale readings show consistency with a standard deviation of 0.4 g and a maximum value of dynamic and static eccentricity differences of 0.1 g and 0.2 g. This prototype has been proven to reduce the standard deviation and calibration time by up to 52%. Data obtained from the calibration of 3 different shapes of calibration weights indicate that the shape differences do not affect the calibration process using this prototype.

Keyword : automation, calibration, conveyor scale, internet of things, weights

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
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.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Kalibrasi	5
2.1.2 OIML R 111-1:2004	5
2.1.3 Kalibrasi Anak Timbangan	7
2.1.3.1 Kondisi Lingkungan.....	8
2.1.3.2 Teknis Kalibrasi	8
2.1.4 Timbangan Konveyor.....	9
2.1.5 OIML R 51-1:2006	10
2.1.6 Komponen Prototipe	13

2.2 Tinjauan Penelitian yang Berkaitan	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2 Lokasi & Obyek Penelitian.....	19
3.3 Metodologi Pengembangan	20
3.3.1 <i>Analysis</i>	20
3.3.2 <i>Design</i>	21
3.3.3 <i>Development</i>	23
3.3.4 <i>Implementation</i>	24
3.3.5 <i>Evaluation</i>	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Prototipe	30
4.1.1 Perangkat Keras Prototipe	30
4.1.2 Karakteristik Metrologi Timbangan	31
4.2 Hasil Pengujian	31
4.2.1 Pengujian Sensor BME280	31
4.2.2 Pengujian Konveyor.....	32
4.2.3 Pengujian Timbangan	32
4.2.4 Komparasi Antara Metode Manual dengan Metode Otomatis.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
4.2 Kesimpulan.....	47
4.3 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anak timbangan merupakan benda ukur massa yang diatur berdasarkan sifat fisik dan karakteristik metrologinya, meliputi bentuk, ukuran, bahan, kualitas permukaan, nilai nominal, kepadatan, sifat magnetik dan kesalahan maksimum yang diizinkan (OIML R 111-1, 2004). Kalibrasi anak timbangan dilakukan dengan cara membandingkan secara langsung massa konvensional anak timbangan yang dikalibrasi (uji) dengan anak timbangan referensi (standar) dengan menggunakan komparator berupa timbangan yang telah diketahui karakteristik metrologinya. Anak timbangan standar harus memiliki kelas akurasi lebih tinggi daripada anak timbangan uji kecuali untuk anak timbangan uji kelas E_1 .

Pelaksanaan kalibrasi anak timbangan saat ini umumnya dilakukan secara manual. Anak timbangan uji dan anak timbangan standar diletakkan di atas pan timbangan secara bergantian dengan siklus tertentu untuk mengetahui massa konvensional. Pada prosedur ini terdapat risiko anak timbangan terjatuh saat proses pemindahan sehingga berpotensi merubah sifat fisik maupun karakteristik metrologinya. Selain itu, anak timbangan dengan nominal besar yang terjatuh, memungkinkan melukai personel kalibrasi. Kondisi lingkungan saat pelaksanaan kalibrasi anak timbangan harus stabil dan tekanan udara mengikuti tekanan atmosfer sehingga dibutuhkan alat ukur tambahan berupa *thermohygrometer* dan *barometer* sehingga diketahui kondisi lingkungan saat kalibrasi.

Penelitian terdahulu terkait sistem kalibrasi otomatis untuk anak timbangan telah dilakukan dengan menggunakan meja yang dapat digerakkan secara vertikal dan horizontal dengan tenaga motor listrik, sehingga memungkinkan pergantian penempatan anak timbangan standar dan uji pada *loading plate* secara otomatis (Nieves et al., 2009). Dalam penelitian tersebut diketahui sistem otomatis tersebut mampu digunakan untuk kalibrasi anak timbangan 200 kg – 1000 kg dengan proses kalibrasi 50% lebih cepat dan nilai standar deviasi berkurang dibandingkan dengan

kalibrasi secara manual. Namun, pada penelitian ini belum dilengkapi alat pengukur kondisi lingkungan yang terintegrasi dengan sistem.

Penelitian lain memanfaatkan sistem robot 3-axis untuk memindahkan anak timbangan standar dan uji dengan nominal 20 kg pada timbangan (Lee & Kwak, 2013). Kelemahan dari sistem tersebut adalah sulit untuk mengkalibrasi anak timbangan dengan dimensi yang berbeda karena memiliki posisi x, y dan z yang berbeda. Saat ini, komparator massa dengan sistem robot untuk mengkalibrasi anak timbangan telah tersedia secara komersial, namun dengan harga dan biaya pemeliharaan yang sangat tinggi.

Dalam penelitian terbaru telah dibuat komparator massa otomatis yang mampu mengkalibrasi anak timbangan sub-miligram dengan bentuk yang berbeda (kawat, lembaran, piringan) menggunakan timbangan ultra mikro, penyimpan beban, dan 3-axis *motorized stage* (Ota et al., 2021). Pada penelitian tersebut hanya difokuskan pada sistem kalibrasi otomatis untuk anak timbangan sub-miligram. Akuisisi data hasil kalibrasi pada penelitian ini masih dilakukan dengan menghubungkan sistem dengan perangkat lunak pada komputer.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dikembangkan prototipe sistem kalibrasi otomatis berbasis *Internet of Things* untuk anak timbangan menggunakan timbangan konveyor. Dengan pergerakan konveyor secara *clockwise* (CW) dan *counter clockwise* (CCW) memungkinkan pergantian penimbangan massa konvensional anak timbangan standar dan uji pada *load cell* sebagai komparator secara otomatis. Program yang ditanamkan pada prototipe disesuaikan dengan siklus penimbangan pada dokumen OIML R 111-1: 2004. Keunggulan prototipe ini adalah dilengkapi sensor suhu, kelembapan dan tekanan udara sehingga tidak dibutuhkan alat ukur tambahan untuk memantau kondisi lingkungan, data hasil kalibrasi termasuk data kondisi lingkungan dapat terekam dan tersimpan pada *Google Sheets*, serta perbedaan dimensi dari anak timbangan tidak berpengaruh. Harapannya prototipe ini dapat mengurangi faktor ketidakpastian yang berlebih dan meningkatkan produktivitas pelaksanaan kalibrasi dengan biaya rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat prototipe untuk mengkalibrasi anak timbangan secara otomatis dengan metode perbandingan langsung sesuai dokumen OIML R 111-1: 2004?
2. Bagaimana cara mengetahui timbangan konveyor telah memenuhi persyaratan metrologi dan teknis sesuai acuan OIML R 51-1:2006?
3. Bagaimana membuat sistem kalibrasi otomatis yang dilengkapi pemantau kondisi lingkungan dengan data kalibrasi yang dapat terekam pada *Google Sheets*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencapai hal berikut.

1. Membuat prototipe sistem kalibrasi otomatis untuk anak timbangan dengan metode perbandingan langsung sesuai dokumen OIML R 111-1: 2004.
2. Memastikan timbangan konveyor memenuhi persyaratan metrologi dan teknis sesuai acuan OIML R 51-1:2006.
3. Membuat sistem kalibrasi otomatis yang dilengkapi dengan pemantau kondisi lingkungan dengan data yang dapat terekam pada *Google Sheets*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini mencakup hal berikut.

1. Meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan kalibrasi anak timbangan.
2. Mengurangi faktor ketidakpastian pengukuran yang berlebihan.
3. Menjaga keselamatan kerja personel kalibrasi.

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan permasalahan yang ada pada penelitian ini.

1. Prototipe dibuat untuk mengukur massa konvensional anak timbangan kelas E₂ hingga M₃ menggunakan metode perbandingan langsung (*direct comparison*) dengan nominal 20 g hingga 200 g.

2. Prosedur kalibrasi yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti pedoman yang tercantum dalam dokumen OIML R 111-1:2004.
3. Pengambilan data kalibrasi anak timbangan menggunakan siklus penimbangan STS (S = anak timbangan acuan dan T = anak timbangan uji) dengan jumlah siklus sebanyak lima kali.
4. Penelitian ini tidak mencakup estimasi ketidakpastian kalibrasi anak timbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- AVIA Semiconductor. (n.d.). *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*.
- BOSCH. (2024). *bme280 Data sheet*.
- Espressif. (2017). *ESP8266 ESPRESSIF | Alldatasheet*.
- HDK. (2007). *Tactile Switches*.
- JCGM 200. (2012). *International vocabulary of metrology-Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition 2008 version with minor corrections Vocabulaire international de métrologie-Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM) 3 e édition*.
- Lee, M.-S., & Kwak, W.-Y. (2013). AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM FOR 20 kg WEIGHTS BY ROBOT AND WEIGHT MAGAZINE. *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 24, 1360037. <https://doi.org/10.1142/s2010194513600379>
- Mesra, R., Salem, V. E. T., Goretti, M., Polii, M., Daniel, Y., Santie, A., Made, N., Wisudariani, R., Sarwandi, R. P., Sari, R., Yulianti, A., Nasar, Y., Yenita, D., Putu, N., & Santiari, L. (2023). *Research & Development Dalam Pendidikan PT. MIFANDI MANDIRI DIGITAL*.
- Nieves, M., Martín, M., Robles Carbonell, J. A., & Robledo, A. L. (2009). *NEW AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM FOR LARGE MASSES*.
- OIML R 76-1. (2006). *Non-automatic weighing instruments Part 1: Metrological and technical requirements-Tests*.
- OIML R 111-1. (2004). *Weights of classes Part 1: Metrological and technical requirements Partie 1: Exigences métrologiques et techniques ORGANISATION INTERNATIONALE*. www.oiml.org
- OIML R51-1. (2006). *Automatic catchweighing instruments. Part 1: Metrological and technical requirements-Tests*.

- Ota, Y., Ueki, M., & Kuramoto, N. (2021). Evaluation of an automated mass comparator performance for mass calibration of sub-milligram weights. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108841>
- Paldy, E., Kowalski, T., & Muehlich, S. (2021). *Application Note High Precision Automated Weight Determination of the Finest Weights: Direct Comparison of the Output of the CCR10-Compact Table-Top Robot vs Manual Processing on MCM Mass Comparators.*
- Scales Weighting Sensor datasheet.* (n.d.).
- SNSU PK.M-02. (2021). *Panduan Kalibrasi Timbangan.*
- SNSU PK.M-04. (2022). *Panduan Kalibrasi Anak Timbangan.*
- STMicroelectronics. (2023). *L298 Datasheet.*
- Transmotec. (n.d.). *DC Motor Datasheet.*