

PERANCANGAN DAN PENERAPAN NERACA DIGITAL UNTUK PERCOBAAN MENENTUKAN MASSA JENIS ZAT PADAT

Ino Gutama Putra

Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : ino_gateshi@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah neraca digital dengan menggunakan *load cell* CZL635 berbasis mikrokontroler ATmega16. Neraca digital hasil rancangan diterapkan untuk percobaan pengukuran massa dan perhitungan massa jenis zat padat. Pengukuran massa jenis zat padat pada penelitian ini menggunakan prinsip hukum Archimedes. Kalibrasi dalam perancangan neraca digital ini bertujuan untuk menentukan hubungan karakteristik massa terhadap tegangan keluaran *load cell* dan nilai ADC. Massa yang digunakan adalah beban dengan massa antara 50 gram sampai 1500 gram. Kalibrasi digunakan untuk menyesuaikan program pada mikrokontroler agar didapatkan pembacaan berupa besaran massa. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan pengukuran massa bertahap untuk menentukan akurasi dari neraca digital yang telah dirancang. Dengan menggunakan standar deviasi diperoleh kesalahan pengukuran sebesar 7,04 gram. Akurasi pengukuran massa dari neraca digital yang telah dirancang dalam penelitian ini tergantung dari resolusi ADC yang digunakan. Dalam penelitian ini resolusi ADC yang digunakan adalah 10 bit. Kenaikan massa minimum yang bisa terbaca neraca digital adalah 8,40 gram. Hal tersebut membuat akurasi dari pengukuran massa dibawah 200 gram menjadi tidak efisien dan juga berpengaruh besar saat menentukan massa jenis zat padat. Hasil percobaan mencari massa jenis besi dan kuningan berturut-turut adalah 7,38 gram/cm³ dan 8,38 gram/cm³. Hasil tersebut hampir sesuai dengan data secara teori.

Kata Kunci: *Load cell*, hukum Archimedes.

Abstract

This research aims to design and implement a digital balance by using load cell CZL635 based on microcontroller Atmega16. This digital balance has been utilized for measuring varies mass and also examining mass density of solids. It measurement implemented Archimedes law. Callibration of digital balance design is purposed for determining relation of mass variety to load cell output vantage and ADC value. Mass used for callibration varies from 50 gram to 1500 gram. Calibration is used to adjust the program of the microcontroller in order to obtain a reading of the mass scale. The test is then performed with an increasing gradual mass measurements to determine the accuracy of the digital balance. The standard deviation of measurements is 7,04 gram. Accuracy of the digital balance is depend on ADC which has resolution of 10 bit. Minimum increasing mass that can be measured is 8,40 gram. This makes the accuracy of mass measurements below 200 grams to be inefficient and made a big impact when measuring the density of solids. The result of solid density measuring experiments are 7,38 gram/cm³ and 8,38 gram/cm³ for iron and brass respectively. This value almost similar to theoretical data.

Keywords: Load cell, Archimedes law

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya jaman telah dilakukan banyak sekali penelitian guna menemukan alat ukur yang lebih efisien untuk mengukur massa atau berat benda yaitu berupa neraca digital atau timbangan digital, dimana memiliki tingkat akurasi yang bervariasi tergantung kebutuhan. Neraca digital memiliki banyak kelebihan daripada neraca analog, tidak hanya dari segi pembacaan

yang lebih praktis tapi juga dari segi ketelitian yang relatif lebih akurat dan harga neraca digital juga relatif jauh lebih mahal. Neraca digital lebih menggunakan konsep elektronika, dari rangkaian jembatan Wheatstone yang tersusun oleh beberapa *strain gauge* yang kemudian dikonversi dalam bentuk sebuah sensor *load cell*, dimana perbedaan potensial menjadi auannya. Perbedaan akan terdeteksi dalam bentuk perambatan tegangan yang diakibatkan oleh tekanan mekanis yang bekerja. *Load*

cells sendiri merupakan sensor gaya yang di dalamnya berisi pegas logam mekanik yang terbuat dari beberapa foil metal *strain gauge*. *Strain* dari pegas mekanik muncul sebagai pengaruh dari pembebanan yang kemudian ditransmisikan pada *strain gauge*. Pengukuran sinyal yang dihasilkan dari *load cell* adalah dari perubahan resistansi *strain gauge* yang linier dengan gaya yang diaplikasikan (Mauselein dkk., 2009). Neraca digital dapat dimanfaatkan untuk mengukur massa jenis, dimana pengukuran massa jenis itu menggunakan konsep hukum Archimedes.

Seorang ahli fisika yang bernama Archimedes mempelajari ini dengan cara memasukkan dirinya pada bak mandi. Ternyata, ia memperoleh hasil, yakni beratnya menjadi lebih ringan ketika di dalam air. Gaya ini disebut gaya apung atau gaya ke atas (F_A). gaya apung sama dengan berat benda di udara dikurangi dengan berat benda di dalam air. Persamaan Hukum Archimedes :

$$F_A = W_a - W_l \quad (2.1)$$

$$F_A = (m_a - m_l).g \quad (2.2)$$

Dimana, F_A adalah gaya apung atau gaya Archimedes (N), W_a adalah gaya berat benda di medium udara (N), W_l adalah gaya berat benda di medium zat cair (N), m_a adalah massa benda di medium udara (kg), m_l adalah massa benda di medium zat cair (kg), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

Besarnya gaya apung ini bergantung pada banyaknya air yang didesak oleh benda tersebut. Semakin besar air yang didesak maka semakin besar pula gaya apungnya. Hasil penemuannya dikenal dengan Hukum Archimedes yang menyatakan bahwa apabila suatu benda dicelupkan ke dalam zat cair, baik sebagian atau seluruhnya, benda akan mendapat gaya apung (gaya ke atas) yang besarnya sama dengan berat zat cair yang didesaknya (dipindahkan) oleh benda tersebut. Secara matematis ditulis :

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.2) dan (2.3) dapat dibentuk persamaan baru:

$$\rho_s = \left(\frac{m_a}{m_a - m_l} \right) \rho_l \quad (2.4)$$

$$\rho_s = \left(\frac{m_a}{m_p} \right) \rho_l \quad (2.5)$$

Dimana, ρ_s adalah massa jenis zat padat (kg/m^3), m_a adalah massa benda di medium udara (kg), m_l adalah massa benda di medium zat cair (kg), ρ_l adalah massa jenis zat cair (kg/m^3)

METODE

Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan dengan tiga cara pengambilan data. Pengambilan data pertama dilakukan dengan mengukur massa antara 0 sampai 1500 gram yang digunakan untuk mengkalibrasi ADC dan

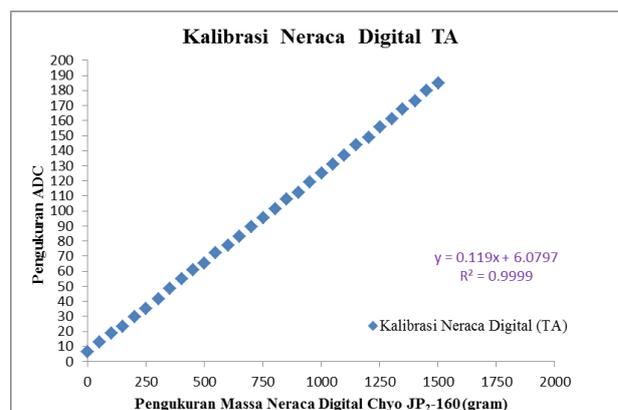
pembacaan massa pada neraca digital yang telah dibuat. Dalam pengambilan data yang pertama ini dilakukan lima kali pengambilan data berulang tiap massa, dimana nantinya setiap massa yang diukur akan ditampilkan pada layar LCD berupa bit. Dari data berupa bit tersebut nantinya akan dirata-rata dan dibuat bentuk grafik untuk mendapatkan persamaan linier antara pembacaan ADC dan massa. Alat ukur massa yang digunakan untuk pembandingan dalam melakukan kalibrasi adalah neraca digital Chyo JP₂-160. Dari persamaan linier tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengkonversi pembacaan ADC pada layar LCD menjadi berupa pembacaan massa dengan satuan gram.

Selanjutnya untuk pengambilan data kedua adalah pengukuran massa bertahap yang nantinya berguna untuk mengetahui akurasi dari neraca digital yang telah dibuat. Dalam pengambilan data kedua ini massa yang digunakan mulai dari 50 gram sampai 1500 gram, dengan setiap kenaikan massanya adalah 50 gram sebagai variasi massa. Pengambilan data dilakukan lima kali data berulang tiap kenaikan massanya, sehingga nantinya bisa didapatkan rata-rata dan nilai ketidakpastian pengukuran dari neraca digital yang telah dibuat. Ketidakpastian pengukuran dianalisis menggunakan standar deviasi (simpangan baku).

Pengambilan data yang ketiga yaitu pengambilan data nilai massa jenis zat padat. Pertama-tama yang dilakukan adalah mengukur massa zat padat pada medium udara dengan cara menggantungnya diujung *load cell* ZL635, kemudian mengukur benda padat yang sama pada medium zat cair berupa air kran dengan volume 250 ml dengan cara yang sama dengan saat mengukur di medium udara. Dilakukan pengukuran berulang sebanyak lima kali pada zat padat baik saat mengukur massa di medium udara maupun di medium zat cair, yang nantinya bisa diperoleh hasil rata-rata massa dari zat padat pada kedua medium, dan kemudian dapat dilanjutkan untuk penghitungan massa jenis zat padat tersebut. Setelah itu membandingkan antara nilai massa jenis zat padat secara teori dengan nilai massa jenis zat padat yang diperoleh dari hasil penelitian.



Gambar 1. Gambar alat penelitian



Gambar 2. Grafik karakteristik kalibrasi *load cell* CZL635

HASIL DAN PEMBAHASAN

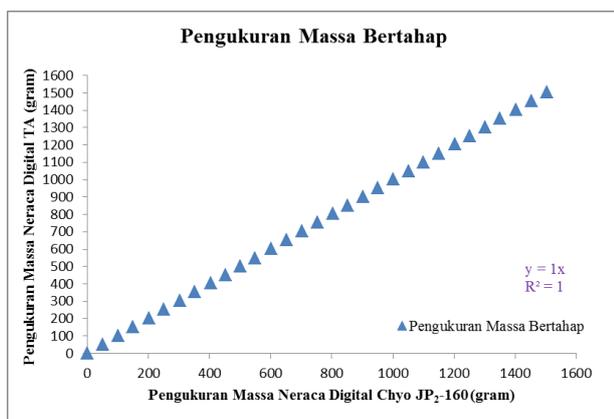
Karakterisasi dan Kalibrasi

Sensor *load cell* CZL635 yang digunakan dalam pembuatan neraca digital dikalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi dan karakterisasi sensor *load cell* CZL635 dan pembacaan ADC mikrokontroler ATmega16 dilakukan di Laboratorium Instrumen Fisika UNESA dengan alat ukur pembanding yang digunakan untuk melakukan kalibrasi adalah neraca digital Chyo JP₂-160. Metode kalibrasi dan karakterisasi menggunakan pengukuran tegangan dari akibat penambahan massa pada *load cell* CZL635. Kalibrasi dimulai dengan *non zero calibration pada* tegangan, dimana tegangan keluaran tidak bernilai sama dengan nol ketika belum diberi beban. Pengukuran dilakukan pada tiap-tiap beban atau massa antara 50 sampai 1500 gram (1,5 kg) dengan peningkatan 50 gram pada setiap pengukuran untuk variasi beban, dan kondisi awal dalam melakukan pengukuran ini adalah 0 gram atau tanpa massa. Nilai tegangan hasil keluaran dari *load cell* CZL635 nantinya akan diolah terlebih dahulu oleh INA125 dan kemudian diproses oleh mikrokontroler ATmega16 yang hasilnya akan dimunculkan pada layar LCD berupa pembacaan ADC dan tegangan. Beban yang digunakan telah dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan neraca digital Chyo JP₂-160. Setiap pengukuran dilakukan pengukuran berulang sebanyak tiga kali baik data dalam bentuk ADC maupun tegangan. Pengukuran tidak dilakukan hingga tingkat maksimal 5 kg untuk mencegah *stress* berlebih pada *load cell* CZL635 dan juga karena terbatasnya bidang ukurnya.

Berdasarkan Gambar 2. grafik di atas didapatkan persamaan dari hubungan karakterisasi antara massa dan ADC yaitu $y = 0,119x - 6,0797$ yang nantinya dapat digunakan untuk menampilkan besaran massa pada ADC mikrokontroler. Dari persamaan tersebut terlihat bahwa nilai ADC terkecil yang terbaca ketika kondisi tanpa beban atau tidak ada massa yang diukur adalah 6. Jika dilakukan perhitungan manual dengan persamaan tersebut maka massa terkecil yang dapat terukur adalah kurang lebih 7,73 gram, tapi dalam penelitian ini massa terkecil yang diukur mulai dari 50 gram. Mengingat ADC mikrokontroler ATmega16 yang digunakan adalah 10 bit maka kenaikan tegangan per nilai ADC yang dapat terbaca adalah 4,89 mV, dimana jika dihubungkan dengan persamaan pada grafik diatas maka kenaikan massa terkecil yang terbaca adalah kurang lebih 8,40 gram per kenaikan massanya atau per kenaikan nilai ADC dengan tegangan 4,89 mV.

Pengukuran Massa Bertahap

Pengukuran massa bertahap ini dilakukan untuk menentukan akurasi alat yang telah dibuat dari massa yang terkecil hingga yang terbesar yaitu 50 gram sampai 1500 gram (1,5 kg) dengan kenaikan massa untuk pengukuran berikutnya adalah 50 gram, dan setiap kenaikan massa dilakukan pengukuran berulang sebanyak lima kali. Dari lima data yang diambil nantinya akan dihitung setiap rata-ratanya dan dijadikan acuan sebagai pembanding dengan alat ukur neraca digital sebenarnya.



Gambar 3. Grafik pengukuran massa bertahap

Dari Gambar 3. dapat dianalisis bahwanilai gradien dari neraca digital ChyoJP₂-160dan neraca digital TA atau alat yang dirancang didapatkan gradien $m=1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran neraca digital TA memiliki akurasi yang hampir sama dengan neraca digital Chyo JP₂-160. Dari setiap beban yang diukur mulai dari 50 gram sampai 1500 gram (1,5 kg), terlihat bahwa nilai error semakin kecil atau keakuratannya semakin besar ketika massa benda yang diukur massanya lebih dari sama dengan 200 gram.

Percobaan Menentukan Massa Jenis Zat Padat

Untuk perobaan menentukan massa jenis ini hanya dilakukan dengan menggunakan empat bahan solid atau benda padat yaitu, besi 100 gram dan kuningin 100 gram, 200 gram, 500 gram, dengan tiap pengukuran massa benda padat baik di medium udara ataupun di medium zat cair dilakukan pengambilan data berulang sebanyak lima kali. Medium zat cair yang digunakan adalah air kran dengan volume 250 ml. Untuk mendapatkan nilai massa jenis zat padat nantinya dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.4) dan persamaan (2.5).

Tabel 1. Hasil percobaan massa jenis zat padat

Jenis Bahan	ρ Perhitungan (gram/cm ³)	ρ Teori (gram/cm ³)	error (%)
Besi 100 gram	7.38	7.87	6.27
Kuningin 100 gram	8.28	8.40	1.37
Kuningin 200 gram	8.43	8.40	0.34
Kuningin 500 gram	8.43	8.40	0.35

Berdasarkan Tabel 1. tersebut terlihat bahwa nilai massa jenis yang diperoleh dari hasil perhitungan memiliki kesalahan yang relatif besar pada saat pengukuran massa jenis besi 100 gram. Hal ini dikarenakan nilai massa besi yang digunakan adalah 100 gram, dimana pada pengukuran oleh neraca digital yang telah dibuat kurang efisien digunakan untuk mengukur massa dibawah 200 gram. Hal itu juga berpengaruh pada pengukuran massa jenis kuningin 100 gram dimana hasil

massa jenis yang diperoleh juga memiliki error lebih besar dibandingkan dengan kuningin dengan massa 200 gram dan 500 gram. Mengingat resolusi ADC mikrokontroler ATmega16 yang digunakan hanya bisa membaca peningkatan massa terkecil 8,40 gram sehingga hal tersebut berpengaruh melakukan pengukuran massa jenis zat padat.

PENUTUP

Simpulan

1. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat prototipe neraca digital dengan menggunakan *load cell* CZL635 berbasis mikrokontroler ATmega16. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa neraca digital yang telah dibuat dapat mengukur perubahan massa minimum sebesar 8,40 gram. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan resolusi ADC yang digunakan yaitu 10 bit. Hasil pengujian yang telah berhasil dilakukan adalah untuk mengukur massa bertahap dan penerapan pengukuran massa jenis.
2. Keakuratan nilai yang diukur oleh neraca digital yang dibuat masih memiliki error yang cukup besar dalam mengukur pembacaan massa dibawah 200 gram. Hal tersebut juga mempengaruhi hasil pengukuran massa jenis, dimana ketika zat padat yang diukur di medium udara dan di medium air memiliki perbedaan relatif kecil atau mendekati batas perubahan minimum massa yang dapat terbaca, maka nilai massa jenis yang terukur tidak akurat dan memiliki error yang cukup besar.

Saran

Berdasarkan datasheet *load cell* CZL635 dengan tegangan eksitasi 5 volt, maka output maksimal yang akan diperoleh ketika digunakan untuk mengukur massa maksimal 5 kg adalah 5 mV dengan ketidakpastian 0,75 mV, jadi bisa dilihat bahwa output terkecil jika digunakan untuk mengukur massa 1 gram adalah sebesar 0,001 mV. Untuk mengimbangi outputnya dibutuhkan ADC mikrokontroler yang mampu melakukan pembacaan output terkecil dari *load cell* CZL635, atau menyesuaikan pengutan pada INA125 sesuai dengan yang dibutuhkan, sehingga nantinya bisa didapatkan nilai yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk Dosen PembimbingEndah Rahmawati, S.T, M.Si yang banyak memberikan ilmu dan pengalaman hidup untuk menjadi mahasiswa yang lebih baik. Ucapan terimakasihuntuk Imam Sucahyo, M.Si dan juga Dzulkifli, S.Si, M.T selaku Dosen Penguji yang telah

memberikan banyak masukan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Informatika. Bandung.
- Burr-Brown Inc. 1998. *INA125, INSTRUMENTATION AMPLIFIER With Precision Voltage Reference*. Datasheet.
- Phidgets Inc. 2011. *Micro Load Cell*. Datasheet.
- Silaban, P. 1981. *Dasar-Dasar Elektroteknik Jilid 2 (terjemahan dari A.E. Fitz Gerald, David E.H, Arvin G. 1978)*. Erlangga. Jakarta.
- Sulistiowaty, N., Muntini, M. S. 2011. *Karakterisasi dan Kalibrasi Akusisi Data pada Sensor Massa dengan Menggunakan AD 16 Bit*. Jurnal Seminar Nasional Pasasarjana XI ITS Surabaya.
- Weni Wijatmoko Harjoprayitno, Dr., *Analisa Tegangan Eksperimental Dengan Metoda Strain Gage*. Laboratoria Uji Konstruksi, 2002.

