



## Kalibrasi Timbangan Elektronik Non-Otomatis di UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang Samarinda

Norliani<sup>1,\*</sup>), Pratiwi Sri Wardani<sup>1</sup>, Erlinda Ratnasari Putri<sup>1</sup>, M. Nur Jamaluddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

Jalan Barong Tongkok, Gn. Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Kalibrasi UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang

Jalan M.T. Haryono No. 45, Samarinda, Kalimantan Timur

\*E-mail korespondensi: [lianinor0@gmail.com](mailto:lianinor0@gmail.com)

---

### Abstract

Scales are one of the vital measuring tools that have long been used by humans in everyday life. In determining the measurement quality of the scales, calibration is needed to determine the value of uncertainty. In this regard, a study was conducted to determine the uncertainty of non-automatic electronic scales calibrated using the E2 class standard, and to determine the quality of the instrument from the measurement results by looking at the uncertainty of the calibration results of non-automatic electronic scales. The calculation of the calibration of the electronic scales includes the magnitude of the measurement repeatability, correction of scale readings, the effect of loading not in the middle of the pan, and the effect of hysteresis from the scale by using the direct comparison method to the mass of the reference standard, namely by using the mass standard from class E2. From the calibration of the electronic scales that have been carried out, the results of the correction uncertainty value are 0.0002 g and the maximum uncertainty value is 0.00027 g, while the combined uncertainty is obtained a value of 0.00032 g, which means that the non-automatic Electronic Analytical Balance meets the uncertainty. determined by the standard used. In addition, the non-automatic Electronic Analytical Balance scale is included in good condition with hysteresis test indications of no more than one resolution.

**Keywords:** Calibration, uncertainty, electronic scales

---

### PENDAHULUAN

Pengukuran adalah kegiatan yang dilakukan guna untuk memperoleh nilai suatu besaran [1]. Dalam mengukur dibutuhkan alat ukur. Besaran ukur yang nilainya ingin diukur disesuaikan dengan alat ukur yang digunakan. Timbangan merupakan salah satu alat ukur vital yang telah lama dipergunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk perdagangan besar maupun perdagangan kecil [2]. Operasi penimbangan bertujuan untuk mendapatkan nilai besaran massa. Data yang diperoleh dari hasil penimbangan hanyalah perkiraan. Perkiraan hasil penimbangan masih mengandung keraguan. Keraguan yang diperoleh dari suatu hasil pengukuran dapat diartikan sebagai nilai ketidakpastian. Ketidakpastian sendiri dapat dipahami sebagai ukuran keandalan suatu hasil pengukuran, sehingga ketidakpastian menentukan kualitas hasil pengukuran [3]. Nilai ketidakpastian pada timbangan didapatkan dengan cara mengkalibrasi alat ukur tersebut.

Kalibrasi sendiri adalah rangkaian kegiatan yang dimaksudkan untuk menentukan nilai sebenarnya dari suatu alat dengan cara membandingkannya dengan standar ukur yang dapat ditelusuri kembali ke standar nasional dan internasional [4]. Berkaitan dengan hal tersebut, maka dilakukan kalibrasi pada timbangan elektronik non-otomatis untuk mengetahui ketidakpastian dari timbangan yang dikalibrasi menggunakan standar kelas E2, serta mengetahui kualitas alat dari hasil pengukuran dengan melihat ketidakpastian dari hasil kalibrasi timbangan elektronik non-otomatis.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Timbangan

Timbangan adalah alat ukur yang mengukur massa suatu benda dengan menggunakan gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut [5]. Timbangan berdasarkan kinerjanya dapat dibagi menjadi timbangan non-otomatis dan otomatis. Timbangan non-otomatis adalah timbangan yang penimbangannya dilakukan langsung oleh operator. Timbangan non-otomatis diatur dalam Keputusan Direktur Jenderal PDN No. 31 tentang Persyaratan Teknis Timbangan Non-otomatis, sedangkan penimbangan otomatis adalah jenis timbangan yang proses penimbangan bekerja secara otomatis dan tidak memerlukan campur tangan operator [6].

Timbangan konveyor adalah contoh sistem penimbangan otomatis. Timbangan non-otomatis dapat dibedakan berdasarkan komponennya, yaitu timbangan elektronik dan timbangan mekanik. Timbangan elektronik adalah timbangan yang dilengkapi dengan komponen elektronik. Sedangkan timbangan mekanik adalah timbangan yang kontinyu atau tidak tergradasi dengan semua komponen aktif secara mekanis. Timbangan mekanik dibagi menurut penunjukannya, yaitu timbangan dengan penunjukan otomatis dan timbangan dengan penunjukan bukan otomatis [6].

### Kalibrasi Timbangan Elektronik Non-Otomatis

Timbangan non-otomatis menggunakan metode yang disusun oleh Prowse. Metode tersebut menjelaskan secara rinci langkah-langkah kalibrasi timbangan non-otomatis dan analisis perhitungannya. Dalam buku tersebut terdapat beberapa faktor yang belum diperhitungkan dalam analisis ketidakpastian, antara lain faktor ketidakpastian massa acuan yang digunakan, pengaruh perbedaan suhu antara massa acuan yang digunakan dan suhu pada skala terkalibrasi, serta beban faktor efek tidak berada di tengah pan [7].

### Daya Ulang Pembacaan

Daya ulang pembacaan adalah kemampuan timbangan untuk menampilkan nilai yang sama dengan kondisi penimbangan yang sama dan dinyatakan sebagai standar deviasi dari serangkaian pengamatan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi adalah sebagai berikut:

$$l_i = I_{Li} - I_{Zi} \quad (1)$$

sehingga dapat dihitung nilai standar deviasinya, yaitu:

$$STD_{deviasi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{I_i - I}{n - 1}} \quad (2)$$

Dengan:

$i$  = 1,2,3 ... 10.

$I$  = selisih pembacaan timbangan

$L_i$  = timbangan saat diberi beban

$Z_i$  = timbangan saat tidak diberi beban  
 $STD_{deviasi}$  = nilai standar deviasi  
 $n$  = jumlah data  
 [8].

### Penyimpangan Pembacaan Timbangan

Dalam mengetahui besarnya koreksi yang harus diberikan pada nilai yang ditunjukkan oleh timbangan, pembacaan timbangan perlu diperiksa melalui tahap-tahap yang sama di sepanjang rentang skala timbangan. Masing-masing koreksi pembacaan pada setiap titik pengukuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d = \bar{m}_i - \bar{z}_i \tag{3}$$

sehingga dapat dihitung nilai koreksinya dengan menggunakan persamaan berikut:

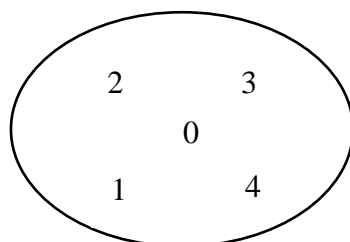
$$C_i = M_{standar} - (\bar{m}_i - \bar{z}_i) \tag{4}$$

Dengan:

$C_i$  = Koreksi Penunjukan pembacaan ke-i  
 $M_{standar}$  = Massa konvensional Weight Standar ke -i  
 $m_i$  = Penunjukan rerata pembacaan ke i saat diberi beban  
 $z_i$  = Penunjukan rerata pembacaan ke i tanpa beban  
 $d$  = Perbedaan  
 [9].

### Efek Pembebanan Tidak di Pusat Pan

Kesalahan pengukuran dapat terjadi jika titik berat beban yang ditimbang tidak berada di tengah pan. Perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui besarnya kesalahan yang diakibatkan oleh penempatan beban yang tidak dilakukan di tengah pan [8]. Penempatan beban tidak di tengah pan ini adalah untuk mengetahui nilai besaran yang diinginkan apabila penimbangannya dilakukan pada posisi tengah, depan, belakang, kiri, dan kanan (0, 1, 2, 3, 4) [10]. Berikut merupakan gambar yang menunjukkan lima posisi anak timbangan ketika diletakkan di atas pan.



**Gambar 1. Posisi Anak Timbangan**

Besarnya efek pembebanan tidak di tengah pan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta l = l_1 - l_0 \tag{5}$$

Dengan:

$\Delta l$  = nilai efek pembebanan tidak di tengah pan  
 $l_1$  = pembacaan timbangan pada saat beban tidak diletakkan di tengah pan  
 $l_0$  = pembacaan timbangan pada saat beban diletakkan di tengah pan  
 [8].

### Hysteresis

*Hysteresis* merupakan perbedaan penunjukkan timbangan ketika nilai besaran yang sama diukur dengan menambah atau mengurangi nilai besaran tersebut. Jika nilai *hysteresis*-nya tidak lebih dari satu kali resolusi, maka timbangan dinyatakan dalam kondisi yang baik. Besarnya nilai *hysteresis* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Hysteresis = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4) - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4)}{4} \quad (6)$$

Dengan:

$p$  = penempatan massa nominal mendekati setengah kapasitas maksimum di atas pan

$q$  = penempatan massa nominal dengan kapasitas maksimum di atas pan

[11].

## METODE PENELITIAN

Kalibrasi timbangan elektronik non-otomatis merek Analytical Balance dengan menggunakan anak timbangan kelas E2 milik UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang Samarinda yang berada dalam kondisi suhu ruangan sebesar 23°C dengan kelembaban 57% RH. Timbangan Elektronik yang dikalibrasi memiliki beban maksimal 220 g dan minimal 0,02 g, serta memiliki resolusi 0,0001 g. Timbangan ini termasuk timbangan dengan ketelitian khusus dan memiliki resolusi yang kecil yaitu empat digit dibelakang koma. Pelaksanaan kalibrasi Timbangan Elektronik non-otomatis dilakukan mengikuti kondisi lingkungan yang berada di laboratorium Kalibrasi UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Samarinda.

Metode yang digunakan untuk mengkalibrasi timbangan elektronik non-otomatis adalah perbandingan langsung terhadap massa standar acuannya, yaitu dengan menggunakan standar massa dari kelas E2. Kalibrasi timbangan elektronik non-otomatis meliputi besarnya daya ulang pengukuran, penyimpangan pembacaan timbangan, efek pembebanan tidak di tengah pan, dan pengaruh *hysteresis* dari timbangan. Pengukuran daya ulang pembacaan timbangan dilakukan pada titik ukur penimbangan 50% dan 100% dari kapasitas maksimum. Penyimpangan pembacaan timbangan dihitung dengan menggunakan nilai koreksi massa konvensional dengan massa terukur. Titik ukur diambil dengan nilai nominal pembebanan 20% sampai 100% kapasitas. Efek pembebanan tidak di tengah pan dilakukan pada 5 posisi seperti terlihat pada Gambar 1. Pengaruh *hysteresis* pada timbangan dilakukan dengan menambah dan mengurangi beban tambahan pada kondisi 50% beban maksimum.

Dari data daya ulang pembacaan timbangan dan koreksi pembacaan timbangan digunakan untuk menghitung ketidakpastian gabungan. Ketidakpastian gabungan terdiri dari ketidakpastian koreksi maks ( $u_{maks}$ ) dan ketidakpastian regresi ( $u_{reg}$ ). Ketidakpastian koreksi dihitung pada setiap titik ukur penimbangan. Ketidakpastian koreksi maks diperoleh dengan menghitung nilai ketidakpastian koreksi terbesar dari sepuluh titik pengukuran. Ketidakpastian koreksi maks diestimasi menggunakan distribusi *t-student*. Pada ketidakpastian regresi menggunakan perhitungan *regression*. Adapun menghitung nilai ketidakpastian digunakan persamaan berikut ini.

$$u_{maks} = \frac{U_{maks}}{k} \quad (7)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung ketidakpastian koreksi maks.

$$u_{reg} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

Persamaan (8) merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung ketidakpastian regresi, sehingga:

$$u_c = \sqrt{(c_{maks} \cdot u_{maks})^2 + (c_{reg} \cdot u_{reg})^2} \quad (9)$$

Persamaan (9) digunakan untuk menghitung nilai ketidakpastian penimbangan. Nilai ketidakpastian penimbangan digunakan untuk menghitung nilai derajat kebebasan efektif ( $V_{eff}$ ), sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung derajat kebebasan efektif, yaitu:

$$V_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{(u_i c_i)^4}{v_i} \right]} \quad (10)$$

Dari persamaan (10) dapat diketahui faktor cakupan yang dihasilkan pada nilai ketidakpastian penimbangan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$k = \text{tabel } t - \text{Student dari } V_{eff} \quad (11)$$

Sehingga dapat diketahui ketidakpastian gabungan ( $U$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$U = k \cdot u_c \quad (12)$$

[12].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kalibrasi dapat diketahui nilai simpangan baku daya ulang pembacaan timbangan yang ditampilkan pada Tabel 1. Kemampuan timbangan untuk menunjukkan nilai yang sama ditunjukkan oleh simpangan baku. Nilai simpangan baku yang dihasilkan sebesar 0,00009 g pada beban penimbangan 100 g dan 0,00008 g pada beban penimbangan 200 g. Nilai simpangan baku tersebut dapat dikatakan sebagai ketidakpastian hasil pengukuran sebesar 0,00009 dan 0,00008 g.

**Tabel 1. Daya Ulang Pembacaan Timbangan Elektronik Non-Otomatis**

Beban (g)	Simpangan Baku (g)
100	0,00009
200	0,00008

Hasil kalibrasi penyimpangan penunjukkan pada timbangan elektronik Analytical Balance ditampilkan pada Tabel 2. Koreksi pembacaan timbangan yaitu apabila dilakukan penimbangan pada tiap titik ukur. Titik ukur diambil dengan nilai nominal pembebanan 20% sampai 100% kapasitas. Pembacaan titik ukur penimbangan dapat dikatakan sebagai nilai terbaik dari penimbangan suatu beban. Jika dilihat berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, diketahui bahwa koreksi maksimum adalah 0,00037 dengan nilai koreksi rata-rata sebesar  $\pm 0,0001$  g. Pada nilai ketidakpastian pengukuran ( $U_{95}$ ) yang didapatkan pada Tabel 2 dipengaruhi oleh besarnya nilai ketidakpastian anak timbangan standar (E2) yang digunakan sebagai titik ukur, sehingga ketidakpastian anak timbangan standar memenuhi  $u \leq 0,0003$  g. Jika dilihat berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, diketahui bahwa ketidakpastian bentangan maksimum adalah 0,00027 g dan nilai koreksi sebesar 0,00037 g. Dari hal ini dapat dikatakan bahwa ketidakpastian pengukuran timbangan elektronik memenuhi ketidakpastian timbangan anak standar.

**Tabel 2. Penyimpangan dari Nilai Normal**

Nominal	Koreksi (g)	U <sub>95</sub> (g)
20	0,00011	0,00008
40	0,00037	0,00010
60	0,00010	0,00010
80	0,00026	0,00014
100	0,00004	0,00015
120	0,00015	0,00017
140	0,00032	0,00020
160	0,00026	0,00022
180	0,00005	0,00025
200	0,00016	0,00027

Hasil kalibrasi pengaruh pembebanan tidak di tengah pan ditampilkan pada Tabel 3. Pada hasil pengaruh pembebanan tidak di tengah pan bertujuan untuk mengetahui nilai besaran yang diinginkan apabila penimbangannya dilakukan pada 5 posisi (0, 1, 2, 3, 4) yaitu tengah, depan, belakang, kiri, dan kanan. Pada masing-masing posisi penimbangan (0, 1, 2, 3, 4) terdapat perbedaan pembacaan yang menunjukkan adanya koreksi pembacaan. Pada timbangan elektronik perbedaan maksimum terdapat pada posisi 3 (belakang) sebesar 0,0002 g. Hal ini berarti bahwa setiap peletakan beban tidak di tengah pan akan memberikan ketidakpresisian sebesar 0,0002 g.

**Tabel 3. Pembebanan Tidak di Tengah Pan**

Posisi	Perbedaan Pembacaan (g)	Perbedaan Maksimum (g)
0	99,9996	
1	99,9996	
2	99,9996	0,0002
3	99,9996	
4	99,9996	

Hasil pengujian pengaruh *hyterisis* pada timbangan elektronik dilakukan dengan menambah dan mengurangi nilai besaran. Dari hal ini, timbangan akan memberikan nilai perbedaan penunjukkan pada saat nilai besaran ditambah maupun dikurangi. Pengujian *hysteresis* dilakukan pada beban 100 g didapatkan hasil sebesar 0,0001 g. Pada saat dilakukan penimbangan beban 100 g ditambahkan atau dikurangkan dengan suatu beban, skala penunjukan akan menunjukkan adanya perbedaan 0,0001 g. Skala perbedaan 0,0001 g sama dengan satu kali resolusi. Dalam hal ini, timbangan dinyatakan dalam kondisi baik jika *hysteresis*-nya tidak lebih dari satu kali resolusi. Semakin kecil nilai *hysteresis*, maka timbangan menunjukkan memiliki presisi yang cukup tinggi.

Berdasarkan hasil dari daya ulang pembacaan timbangan dan koreksi pembacaan timbangan didapatkan hasil ketidakpastian gabungan. Sebelum itu, hasil dari ketidakpastian gabungan didapatkan dengan mengetahui terlebih dahulu besar nilai ketidakpastian baku koreksi maks dan ketidakpastian baku regresi. Besar ketidakpastian baku koreksi maks adalah 0,0001 g dan besar ketidakpastian baku regresi adalah 0,00008 g. Dari hal ini didapatkan besar ketidakpastian gabungan yaitu 0,0003 g. Berdasarkan ketidakpastian anak timbangan standar yang digunakan yaitu kelas E2 memenuhi  $u \leq 0,0003$  g yang artinya ketidakpastian timbangan elektronik memenuhi ketidakpastian yang ditentukan oleh standar kelas E2.

## KESIMPULAN

Berdasarkan kalibrasi timbangan elektronik non-otomatis diperoleh nilai ketidakpastian koreksi yaitu 0,0002 g dan nilai ketidakpastian maksimum sebesar 0,00027 g, serta ketidakpastian gabungan diperoleh nilai sebesar 0,00032 g yang artinya timbangan Elektronik memenuhi ketidakpastian yang ditentukan oleh standar yang menjadi acuan, yaitu kelas E2. Selain itu, timbangan Elektronik non-otomatis Analytical Balance termasuk dalam kondisi yang baik dengan penunjukkan uji *hysteresis* yang tidak lebih dari satu kali resolusi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang Samarinda dan kepada Universitas Mulawarman, serta kepada seluruh pihak yang terlibat dan telah membantu terlaksananya penelitian ini hingga selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Roland, *The Art Of Measurement*. Prentice: Hall ptr, 2000.
- [2] T. Ibrahim, *Peneraan Timbangan Buku-1*. Bandung: Widyasiswara utama Pratama, 1998.
- [3] E. Subeno, *Ketidakpastian Pengukuran*. Semarang: Balai metrologi Semarang, 2009.
- [4] LIPI, *Peta Kebutuhan Jasa Kalibrasi Bagi Industri di Bagian Barat Indonesia*. Jakarta: LIPI Press, 2014.
- [5] D. Firmansyah, S. S. Suri, and I. G. S. Wiratama, "Pembuatan Prototipe Timbangan Digital dan Alat Ukur Volume Berbasis Mikrokontroler Untuk Penentuan Densitas Anak Timbangan," in *Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*, 2019.
- [6] S. Anwari, "Perancangan dan Kalibrasi Timbangan Digital," in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIII*, 2018, pp. 173–177.
- [7] A. Pichard, R. S. Davis, M. Glaser, and K. Fujiii, *Revised Formula for The Density of Moist Air (CIPM-2007)*. Metrologia, 2008.
- [8] R. Hayu, "Analisis Ketidakpastian Kalibrasi Timbangan Non-Otomatis dengan Metode Perbandingan Langsung Terhadap Standar Massa Acuan," *Jurnal Standardisasi*, vol. 12, no. 1, pp. 64–68, 2010.
- [9] OIML, *Nonautomatic Weighing Instruments Part 1: Metrological and Technical requirements - Test*. International Organization of legal Metrology, 1992.
- [10] F. M. Sholihah, "Teknik Kalibrasi Timbangan Elektronik Menggunakan Metode CSIRO," *Jurnal Ilmiah Teknosains*, vol. 2, no. 2, pp. 126–130, 2016.
- [11] L. N. Tirtasari, "Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Neraca Analitik di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 6, no. 2, pp. 152–155, 2017.
- [12] Balai Kalibrasi, *Sumber-Sumber Ketidakpastian Kalibrasi Timbangan Elektronik Non Otomatis*. Indonesia: Balai Kalibrasi Direktorat Standardisasi dan Pengendalian Mutu Kementrian Perdagangan RI, 2021.