



**KALIBRASI ANAK TIMBANGAN 2000 g MENGGUNAKAN METODE  
ACUAN *ORGANISATION INTERNATIONALE DE METROLOGIE* (OIML)  
R 111-1, 2004**

***CALIBRATION OF 2000 g WEIGHTS USING THE ORGANISATION  
INTERNATIONAL DE METROLOGIE (OIML) REFERENCE METHOD R  
111-1, 2004***

**Putri Dwi Ananda, Lailatul Husna Br Lubis, Ety Jumiati, Miftahul Husnah\***

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

\* [miftahulhusnah@uinsu.ac.id](mailto:miftahulhusnah@uinsu.ac.id)

**ABSTRAK**

Setiap alat ukur harus dilakukan kalibrasi sebelum digunakan atau setelah digunakan dalam jangka waktu tertentu. Salah satu alat ukur yang umum digunakan yaitu anak timbangan. Pada penelitian ini menjelaskan tentang kalibrasi anak timbangan 2000 g menggunakan metode acuan *Organisation Internationale De Metrologie Legal* (OIML) R 111-1. Anak timbangan yang digunakan pada penelitian ini yaitu anak timbangan kelas F1 sebagai anak timbangan test dan anak timbangan kelas E2 sebagai anak timbangan standar. Validasi perhitungan kalibrasi anak timbangan meliputi massa konvensional dan ketidakpastian. Ketidakpastian anak timbangan terdiri dari ketidakpastian anak timbangan standar, daya ulang pembacaan, kemampuan baca timbangan, *bouyancy* udara, kestabilan anak timbangan standar, gabungan, derajat bebas efektif, dan ketidakpastian yang diperluas. Hasil dari pengujian kalibrasi ini yaitu ketidakpastian yang diperluas ( $U_{95}$ ) berada dalam rentang *maximum error* yang diizinkan dan masih layak termasuk dalam tipe anak timbangan kelas F1 OIML. Sehingga, sesuai dokumen OIML R 111-1: 2004, pengujian anak timbangan kelas F1 dinyatakan tertelusur.

**Kata kunci:** Kalibrasi, Anak Timbangan, Ketidakpastian, Massa Konvensional, OIML

**ABSTRACT**

*Each measuring instrument must be calibrated before use or after use for a certain period of time. One of the commonly used measuring instruments is the weight. This study explains the calibration of 2000 g weights using the reference method Organisation Internationale De Metrologie Legal (OIML) R 111-1. The weights used in this study are class F1 weights as test weights and class E2 weights as standard weights. Validation of weight calibration calculations includes conventional mass and uncertainty. Weight uncertainty consists of standard weight uncertainty, reading repeatability, scale readability, air bouyancy, standard weight stability, combine, effective free degree and extended uncertainty. The result of this calibration test is that the extended uncertainty ( $U_{95}$ ) is within the maximum permissible error range and is still worthy of being included in OIML's F1 class weight type. Thus, according to the document OIML R 111-1: 2004, the F1 class weight test is declared traceable.*

**Keywords:** Calibration, Weight piece, Unvertainty, Conventional mass, OIML



## 1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

Suatu ilmu yang berkaitan dengan ukur mengukur disebut metrologi (Yudianto). Metrologi mempelajari cara-cara pengukuran, kalibrasi dan akurat sebuah alat ukur pada suatu industri (Budiarto, 2018). Pengukuran merupakan salah satu elemen penting dalam dunia industri, dimana nilai yang terukur selalu merupakan nilai kualitas produk berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan pada produk (Sufyani, 2016). Pengukuran sangat bermanfaat terhadap masyarakat terkhususnya kehidupan pribadi manusia. Peran pengukuran dalam kehidupan manusia menjadi semakin penting dan mendesak (Setiyono, 2018). Alat ukur sangat diperlukan karna termasuk faktor yang mempengaruhi pengukuran. Di dalam kehidupan sehari-hari, alat ukur menjadi salah satu peralatan yang sangat bermanfaat. Salah satu alat ukur yang sering digunakan pada masyarakat adalah anak timbangan. Menurut Lestari (2021) benda yang mengukur massa berdasarkan karakteristik fisik dan kemetrologiannya diliputi oleh bahan, dimensi, konstruksi, massa jenis, harga nominal, *maximum error*, dan penandaan. Timbangan meja dan skala centigrade keduanya menggunakan bobot sebagai unit pengukurannya.

Peralatan standar di laboratorium atau pabrik sering kali mencakup anak timbangan yang presisi. Untuk mendapatkan hasil maksimal dari produk industri, timbangan harus selalu dalam kondisi prima setiap saat, dan hal itu memerlukan operasi kalibrasi secara teratur. Hal ini akan berpengaruh pada akurasi alat. Kemampuan dan kehandalan anak timbangan harus memiliki standar yang baik karena jika hal itu tidak terpenuhi maka akan merugikan pihak pemakai.

Setiap alat ukur harus dikalibrasi sesuai standar nasional atau internasional sebelum digunakan atau setelah jangka waktu tertentu digunakan (6 bulan atau 12 bulan). Karena pemeliharaan alat ukur diperlukan untuk membuat umur alat ukur panjang (Amani, 2015). Kalibrasi merupakan kegiatan untuk menetapkan hubungan yang ditunjukkan oleh alat ukur, atau nilai yang ditunjukkan oleh bahan ukur dengan nilai standar. Pada kalibrasi menentukan penyimpangan antara pembacaan alat ukur standar atau bahan ukur dan perkiraan nilai sebenarnya. Hasil kalibrasi dapat berupa penentuan koreksi yang terkait dengan alat ukur yang diberikan. Hasil kalibrasi dituangkan dalam dokumen yang disebut sertifikat kalibrasi. Koreksi atau kesalahan dapat disebut deviasi atau penyimpangan (Irawan, 2019). Adapun hal yang mempengaruhi ketidakpastian pada pengujian yaitu penggunaan reagen yang tepat, staf analisis yang memenuhi syarat, kalibrasi peralatan, dan pemeliharaan (Purbaningtias, 2022).

Di dalam penelitian ini dilakukan kalibrasi anak timbangan test (UUT) kelas F1 yang mempunyai massa nominal 2000 g menggunakan anak timbangan standar E2 dengan massa nominal 2000 g menggunakan *mass comparator* dengan resolusi 0,01 g menggunakan substitusi STTS dengan metode acuan OIML (*Organisation Internationale de Metrologie legale*) R 111-1: 2014.

Kalibrasi ini bertujuan untuk mengetahui nilai massa konvensional serta nilai ketidakpastian pengukurannya guna untuk menyatakan kelayakan produk. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Kalibrasi Anak Timbangan 2000 g Menggunakan Metode Acuan *Organisation Internationale De Metrologie Legal (OIML) R 111-1, 2004*”.

## 2. METODE PENELITIAN/ RESEARCH METHODE

*De Metrologie Legal (OIML) R 111-1, 2004*. Standar *Internationale De Metrologie Legal (OIML)* merupakan anak timbangan merupakan salah satu komponen sistem pengukuran dan kalibrasi massa standar Indonesia. Ada spesifikasi standar dan bahan minimum yang dibutuhkan untuk setiap kategori berat. Kesalahan maksimum yang diizinkan (MPE) adalah kriteria lain yang harus dipenuhi. (Rahmah, 2022).

Metode yang digunakan yaitu metode secara langsung dengan membandingkan anak timbangan test dengan anak timbangan standar yang memiliki massa nominalnya sama. Penimbangan diperoleh dari menimbang anak timbangan test dengan anak timbangan standar dengan metode STTS (Standar-Test-Test-Standar). Anak timbangan standar yang digunakan kelasnya lebih tinggi dari anak timbangan test yaitu kelas E2.



Hasil penimbangan terdapat keraguan. Keraguan disebut sebagai nilai ketidakpastian yang diperoleh dari hasil pengukuran. Ketidakpastian merupakan ukuran keandalan suatu hasil pengukuran, sehingga ketidakpastian menentukan kualitas hasil pengukuran (Subeno, 2009). Hasil kalibrasi anak timbangan yang diperoleh yaitu massa konvensional anak timbangan test ( $M_T$ ) dan ketidakpastian pengukuran.

Berikut prosedur kalibrasi anak timbangan ialah:

- Hidupkan *mass comparator*.
- Pastikan bahwa pada saat pan tanpa beban, display menunjukkan angka nol.
- Tempatkan anak timbangan standar/anak timbangan test diatas pan.
- Catat semua data hasil penimbangan serta parameter yang terkait seperti teratas pada lembar hasil kerja.
- Untuk anak timbangan yang seukuran, jika tidak ada tanda pada anak timbangan yang dikalibrasi, anak timbangan tersebut dibedakan dengan memberi tanda yang tidak mengubah massa dari timbangan.
- Matikan *mass comparator* dan kembalikan anak timbangan ditempat semula.

Dalam kalibrasi anak timbangan ada beberapa perhitungan yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

### Massa konvensional

Ketika dua benda dengan massa dan kerapatan standar yang diukur pada suhu standar ditimbang di udara, hasilnya adalah massa konvensional. Perhitungan massa konvensional diperoleh melalui persamaan berikut.

Model pengukuran :

$$M_T = M_s + E \quad (1)$$

Dimana :

$M_T$  = Massa konvensional anak timbangan yang dikalibrasi

$M_s$  = Massa konvensional anak timbangan standar

$E$  = Perbedaan pembacaan anak timbangan yang dikalibrasi dengan anak timbangan standar

### Ketidakpastian Anak Timbangan Standar

Ketidakpastian ini mengacu pada penggunaan anak timbangan standar (Solikin, 2021). Persamaan ketidakpastian ini sebagai berikut.

$$u_1 = \frac{u_{95}}{k} \quad (2)$$

Dimana :

$U_{95}$  = ketidakpastian dari sertifikat

$k$  = faktor cakupan

### Ketidakpastian Daya Ulang Pembacaan ( $U_2$ )

Ketidakpastian ini mengacu pada timbangan. Persamaan ketidakpastian ini sebagai berikut.

$$u_2 = \frac{0,41 \times d \text{ (mg)}}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

Dimana :

$d$  = resolusi timbangan (mg)



### Ketidakpastian Kemampuan Baca Timbangan ( $U_3$ )

Ketidakpastian keterbacaan skala diukur menggunakan resolusi skala, dan keterulangan pembacaan skala berada pada nilai beban 100% (Tirtasari, 2017). Persamaan ketidakpastian kemampuan baca timbangan sebagai berikut.

$$u_3 = \frac{0,5 \times d \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Dimana :

d = resolusi timbangan (mg)

### Ketidakpastian *Bouyancy* Udara ( $U_4$ )

Komponen yang berpengaruh pada ketidakpastian *bouyancy* adalah densitas udara ruangan. Densitas udara ruang penimbangan ditentukan sebesar nilai konvensional  $1,2 \text{ kg/m}^3$  dengan asumsi rentang nilai  $\pm 10\%$ . Nilai ketidakpastian akibat densitas udara sebagai berikut (Lestari, 2021).

$$u_4 = \frac{0,12}{\sqrt{3}} \text{ kg/m}^3 \quad (5)$$

$$c_4 = \left( \frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_s} \right) M \quad (6)$$

Dimana :

$\rho_s$  = densitas anak timbangan standar =  $8000 \text{ kg/m}^3$  (OIML R 111-1, 2004)

$\rho_t$  = densitas anak timbangan test =  $7,39 \text{ kg/m}^3$  (OIML R 111-1, 2004)

### Ketidakpastian Kestabilan Anak Timbangan Standar ( $U_5$ )

Asumsi bobot berada di pusat ambiguitas ini. Untuk kalibrasi awal standar, persamaannya adalah

$$u_5 = \frac{8\% \times MPE}{k} \quad (7)$$

*Maximum permissible error* (MPE) adalah kesalahan terbesar yang diizinkan untuk verifikasi awal dari anak timbangan OIML pada kelas tertentu. Namun, MPE juga dapat digunakan untuk verifikasi selanjutnya, karena jika MPE anak timbangan OIML dinyatakan atau ditetapkan lebih besar dari MPE seperti pada Tabel 1, maka anak timbangan tersebut tidak dapat dinyatakan sebagai anak timbangan OIML.

Tabel 1: MPE untuk Anak Timbangan Kelas E2 dan F1 Muatan 1 g - 2000 g

Nominal (g)	Kelas E <sub>2</sub>	Kelas F <sub>1</sub>
1	0,03	0,1
2	0,04	0,12
5	0,05	0,16
10	0,06	0,2
20	0,08	0,25
50	0,10	0,3
100	0,16	0,5
200	0,30	1
500	0,80	2,5
1000	1,60	5



Nominal (g)	Kelas E <sub>2</sub>	Kelas F <sub>1</sub>
2000	3,00	10
5000	8,00	25
10000	16,00	50
20000	30,00	100

### Ketidakpastian Gabungan (U<sub>c</sub>)

Ketidakpastian baku gabungan dari suatu pengukuran, yang digunakan untuk menyatakan perkiraan standar deviasi dari suatu hasil pengukuran, diperoleh dengan menggabungkan ketidakpastian baku dari setiap perkiraan (KAN, 2003). Perhitungan ketidakpastian gabungan diperoleh melalui persamaan berikut.

$$U_{gab} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \quad (8)$$

Dimana :

U<sub>gab</sub> = ketidakpastian gabungan

U = ketidakpastian

### Derajat Bebas Efektif (V<sub>eff</sub>)

Derajat kebebasan efektif merupakan penggabungan dari semua derajat kebebasan (Sholihah, 2016). Perhitungan derajat bebas efektif diperoleh melalui persamaan berikut.

$$V_{eff} = \frac{U_{gab}^4}{\frac{u_1^4}{v_1} + \frac{u_2^4}{v_2} + \frac{u_3^4}{v_3} + \frac{u_4^4}{v_4} + \frac{u_5^4}{v_5}} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

V<sub>eff</sub> = derajat bebas efektif

U<sub>gab</sub> = ketidakpastian gabungan

U = ketidakpastian

### Ketidakpastian Yang Diperluas (U<sub>95</sub>)

Ketidakpastian yang diperluas bertujuan untuk memberikan interval di mana estimasi nilai kuantitas terukur diperkirakan dengan tingkat kepercayaan tertentu (Malau, 2021)

$$U_{95} = k \times U_{gab} \quad (10)$$

Dimana :

U<sub>95</sub> = ketidakpastian yang dipeluas

U<sub>gab</sub> = ketidakpastian gabungan

k = konstanta yang terdapat pada sertifikat

Berisi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, instrumen dan teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitiannya. Dapat ditulis dalam sub-subbab, dengan sub-heading, sub-sub judul, namun ditulis dengan huruf kecil berawalkan huruf capital, TNR-11 **bold**, rata kiri.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

Data kalibrasi anak timbangan kelas F1 dengan anak timbangan standar E2 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Data Kalibrasi Anak Timbangan

Keterangan	Pembacaan ( g )



S1 (Standar)	1999,92
T1 ( Tes )	1999,92
T2 ( Tes )	1999,91
S2 (Standar)	1999,91
S3 (Standar)	1999,92
T3 ( Tes )	1999,92
T4 ( Tes )	1999,92
S4 (Standar)	1999,92

Hasil kalibrasi dari pengujian pertama didapatkan nilai massa anak timbangan standar (S1) yaitu 1999,92 g dan anak timbangan tes (T1) yaitu 1999,92 g. Selanjutnya pengujian kedua didapatkan nilai massa anak timbangan tes (T2) yaitu 1999,91 g dan anak timbangan standar (S2) yaitu 1999,91 g. Terdapat penurunan massa pada pengujian pertama dengan pengujian kedua.

Selanjutnya pengujian ketiga didapatkan nilai massa anak timbangan standar (S3) yaitu 1999,92 g dan anak timbangan tes (T3) yaitu 1999,92 g. Terdapat kenaikan massa pada pengujian kedua dengan pengujian ketiga. Dan pada pengujian keempat didapatkan nilai massa anak timbangan tes (T4) yaitu 1999,92 g dan anak timbangan standar (S4) yaitu 1999,92 g. Pada pengujian ketiga dengan keempat tidak ada perubahan massa. Dari hasil data kalibrasi anak timbangan maka diperoleh nilai massa konvensional anak timbangan yang dikalibrasi ( $M_T$ ) yaitu 1999,999 g. Hasil perhitungan ketidakpastian anak timbangan manual dan software ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 3: Ketidakpastian

Komponen	ui (mg)
Standar Anak Timbangan ( $U_1$ )	0,5
Daya Ulang Pembacaan ( $U_2$ )	2,3671
Kemampuan Baca Timbangan ( $U_3$ )	4,0824
Bouyancy ( $U_4$ )	69282,0323
Ketidakstabilan Anak Timbangan Standar ( $U_5$ )	0,24
Gabungan ( $U_c$ )	4,9620
Derajat Bebas Efektif ( $V_{eff}$ )	104,5544
Ketidakpastian Yang Diperluas ( $U_{95}$ )	9,84

Pada hasil perhitungan ketidakpastian yang diperluas ( $U_{95}$ ) memperoleh hasil yaitu 9,84 mg. Berdasarkan Tabel 1 nilai MPE pada anak timbangan 2000 g sebesar 10 mg. Maka, Hasil perhitungan  $U_{95}$  memenuhi persyaratan kemetrolagian yaitu tidak lebih besar dari nilai MPE kelas F1.

Penentuan hasil verifikasi berdasarkan acuan OIML R 111-1 Tahun 2004 yang dituang dalam SK Dirjen PKTN Nomor 123 Tahun 2020 tentang Syarat Teknis Standar Ukuran Metrologi Legal Besaran Massa, verifikasi dinyatakan sah apabila parameter-parameter yang diuji memenuhi syarat kemetrolagian (Lestari, 2021). Berdasarkan perhitungan anak timbangan UUT kelas F1 dengan massa konvensional 2000 g, masih layak termasuk dalam tipe anak timbangan kelas F1 OIML.

#### 4. SIMPULAN /CONCLUSION

Dari penelitian kalibrasi anak timbangan 2000 g, dapat ditarik kesimpulan bahwa kalibrasi anak timbangan 2000 g kelas F1 (UUT) di kalibrasi menggunakan anak timbangan standar kelas E2 2000 g serta mendapatkan nilai massa konvensional dan ketidakpastian pembacaan alat ukur tersebut. Hasil pengujian ketidakpastian yang diperluas ( $U_{95}$ ) berada dalam rentang *maximum error* yang diizinkan dan



masih layak termasuk dalam tipe anak timbangan kelas F1 OIML. Sehingga, sesuai dokumen OIML R 111-1: 2004, pengujian anak timbangan kelas F1 dinyatakan tertelusur.

## 5. DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCES

- Amani, N., & Arief, D. S. (2015). Kalibrasi Jangka Sorong Nonius (*Vernier Calliper*) Berdasarkan Standar Jis B 7507 di Laboratorium Pengukuran Teknik Mesin Universitas Riau. In *JOM FTEKNIK VOLUME* (Vol. 2, Issue 2).
- Budiarto, A. (2018). Perencanaan Besaran Ruang Pada Bangunan Metrologi Legal Dinas Perdagangan Dan Perindustrian. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 6(1), 89–94.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjamin Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1.
- KAN. (2003). *Evaluasi Dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran*. Jakarta.
- Lestari, N., Ratnaningtyas, W. P., & Joko, A. (n.d.). Analisis Hasil Verifikasi Standar Massa Anak Timbangan Kelas M1 dengan Metode Perbandingan Langsung. *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang (SINOV)*, 4.
- Malau, Ms. (2021). Analisa Kalibrasi Alat *Infant Warmer* Menggunakan Alat *Incubator Analyzer*. In *Jurnal Mutiara Elektromedik* (Vol. 5, Issue 2).
- Organisation Internationale De Metrologie Legale (OIML) R 111-1: 2004*
- Purbaningtias, T. E., Wiyantoko, B., Syahputra, R., Ruwindya, Y., Miranda, S., Nashriyah, R., & Wibowo, B. (2022). Estimasi Angka Ketidakpastian Asal Kalibrasi Instrumen Terhadap Pengujian Kualitas CPO. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 5(2), 145–157. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol5.iss2.art9>
- Rahmah, F., Salsabila, F., Studi, P., Fisika, T., Teknik, F., Sains, D., & Nasional, U. (n.d.). *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Uji Kalibrasi Alat Ukur Massa pada Neraca Analitik Menggunakan Metode Perbandingan Langsung*.
- Setiyono, J. (2018). *Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Timbangan Digital Mengacu pada Standar JCGM 100:2008*. 1(1).
- Sholihah, F. M. (2016). Teknik Kalibrasi Timbangan Elektronik Menggunakan Metode CSIRO. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 2(2).
- Solikin, A. F., Kusriani, K., & Wibowo, F. W. (2021). Analisis Cluster Data Interkomparasi Anak Timbangan dengan Algoritma Self Organizing Maps. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(2). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i2.3698>
- Sufyani, R., & Hartanto, D. (2016). Analisis Prosedur Kalibrasi Dalam Menentukan Nilai Ketidakpastian Pada Dial Indikator Berdasarkan JIS B 7503. *Jurnal Isu Tenologi STT Mandala*, 11(1), 67.
- Tirtsari, N. L. (2017). Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Neraca Analitik di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES. . *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 152.
- Yudianto, A. D. (2021). Perancangan Perangkat Lunak Akuisi Data Suhu dan Kelembaban Udara Pada Alat Ukur Lutron HT-305. *Jurnal Insan Metrologi*, 1(1), 14.