

Workshop Ukur, Takar, Timbangan dan Perlengkapannya (UTTP)

Metode pengujian lapangan dan analisis ketidakpastian pengukuran
pada alat UTTP

ALNO KURNIAWAN

Program Studi Metrologi dan Instrumentasi - USU

Aula Fakultas Vokasi USU

Selasa, 22 September 2026

1

Definisi

Kalibrasi vs Verifikasi vs Tera/Tera Ulang vs Justir

2

Kalibrasi dan Ketidakpastian

Cara melakukan kalibrasi alat ukur dan menghitung ketidakpastian

3

Verifikasi SUML

Praktek melakukan verifikasi SUML untuk Anak Timbangan

4

Tera/Tera Ulang

Praktek Tera Ulang timbangan Pegas

5

Justir (Adjustment)

Melakukan justir terhadap UTTP yang diluar BKD

6

Pembubuhan CTT

Memasang Cap Tanda Tera pada UTTP yang telah ditera/tera ulang

Kalibrasi (VIM)

Kalibrasi adalah operasi yang, dalam kondisi tertentu,

- pada tahap pertama menetapkan hubungan antara nilai besaran beserta ketidakpastian pengukuran yang diberikan oleh standar pengukuran dan indikasi yang bersesuaian beserta ketidakpastian pengukurannya,
- dan pada tahap kedua menggunakan informasi tersebut untuk menetapkan suatu hubungan yang memungkinkan diperolehnya hasil pengukuran dari suatu indikasi.

Verifikasi SUML

Verifikasi Standar Ukuran yang selanjutnya disebut Verifikasi adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan oleh pegawai berhak atau pranata laboratorium kemetrologian untuk memastikan standar ukuran mampu telusur secara kemetrologian dan memenuhi syarat teknis. (Permendag No. 31 Tahun 2024)

Tera/Tera ulang

Tera adalah hal menandai dengan tanda tera sah atau tera batal yang berlaku, atau memberikan keterangan tertulis yang bertanda tera sah atau tanda tera batal yang berlaku, dilakukan oleh pegawai berhak berdasarkan pengujian yang dijalankan atas Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan. (Permendag No. 24 Tahun 2024)

Calibration (kalibrasi) $\neq$ Adjustment (justir)

Kalibrasi

Secara sederhana, kalibrasi adalah proses membandingkan penunjukan alat ukur dengan standar acuan yang diketahui nilai dan ketidakpastiannya, lalu menggunakan data perbandingan itu untuk menentukan hasil ukur yang akurat

Justir

Penjustiran adalah kegiatan mencocokkan atau melakukan perbaikan ringan dengan tujuan agar alat yang dicocokkan atau diperbaiki memenuhi persyaratan Tera atau Tera Ulang. (Permendag No. 24 Tahun 2024)

Secara umum :

Justir adalah serangkaian operasi yang dilakukan pada sistem ukur sehingga sistem tersebut memberikan indikasi (penunjukkan) yang ditentukan yang sesuai dengan nilai besaran tertentu.

Ketidakpastian pengukuran merupakan konsep utama dalam metrologi.

VIM mendefinisikan **measurement uncertainty** sebagai parameter non-negatif yang mencirikan dispersi nilai besaran yang diatribusikan kepada measurand, berdasarkan informasi yang digunakan.

Contoh:

$$X = (25,00, \pm 0,02) \text{ mm}$$

Ketidakpastian bukan berarti:

"alatnya salah 0,02 mm."

Tetapi menunjukkan tingkat ketidakpastian yang terkait dengan nilai yang diatribusikan kepada measurand.

Sumber Ketidakpastian

Ketidakpastian dapat berasal dari:

- standar; resolusi;
- repeatability; reproducibility;
- temperatur; kelembapan;
- operator; metode;
- drift; koreksi;
- variasi lingkungan.

Model sederhanaanya:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots}$$

Untuk ketidakpastian diperluas:

$$U = k u_c$$

dengan k sebagai faktor cakupan sesuai pendekatan evaluasi yang digunakan.

Tipe A

Tipe A adalah komponen ketidakpastian yang dievaluasi menggunakan **analisis statistik terhadap serangkaian hasil pengukuran**.

Sederhananya:

Ada pengukuran berulang → data dianalisis secara statistik → diperoleh ketidakpastian Tipe A.

Contoh:

- melakukan penimbangan 10 kali,
- menghitung rata-rata,
- menghitung standar deviasi,
- menghitung ketidakpastian rata-rata.

Tipe B

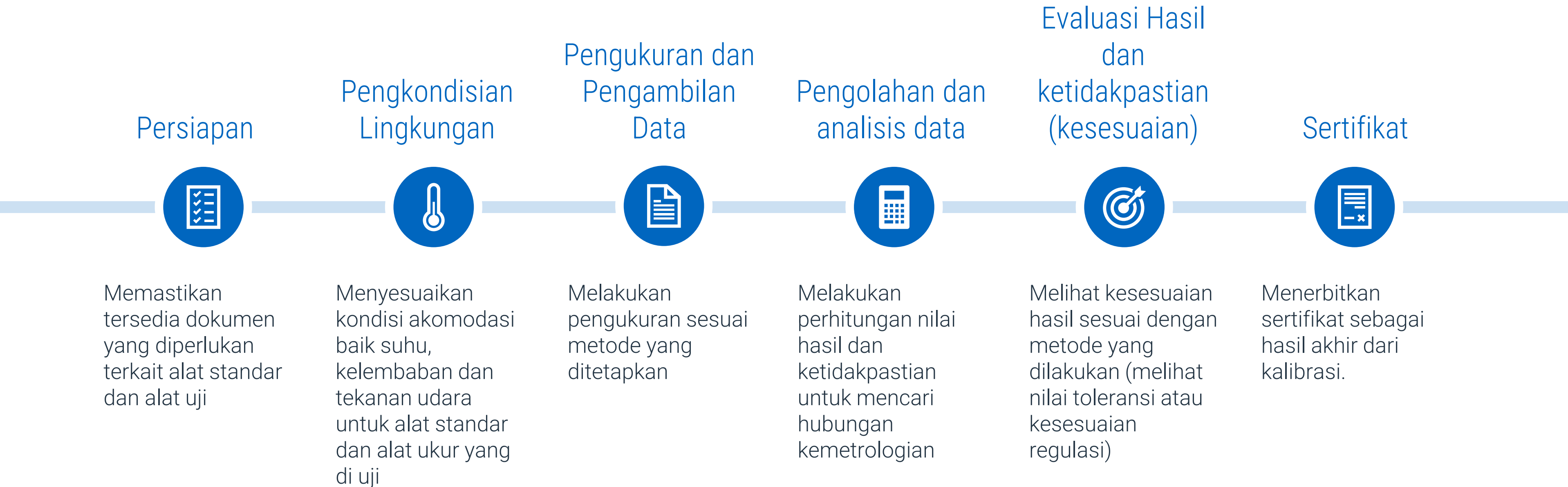
Tipe B adalah komponen ketidakpastian yang dievaluasi **selain melalui analisis statistik pengukuran berulang**.

Sumber informasinya dapat berupa:

- sertifikat kalibrasi,
- spesifikasi alat,
- resolusi alat,
- data referensi,
- pengalaman sebelumnya,
- data historis, Sederhananya:

Tidak berasal dari statistik pengulangan langsung → dievaluasi dari informasi yang tersedia → Tipe B.

Tahapan Kalibrasi / Verifikasi



Verifikasi SUML

Verifikasi Anak Timbangan
Kelas M2 - Nominal 2 kg



Regulasi

Permendag 31 Tahun 2024 tentang SUML

Prosedur Kerja

SK Dirjen PKTN No. 123 Tahun 2020 tentang
Syarat Teknis SUML Besaran Massa

Metode

Perbandingan Langsung
1 siklus ABBA

Hasil

Massa Konvensional dan Ketidakpastian

Kelas anak
timbangan menurut
OIML R-111

Table 1 Maximum permissible errors for weights ($\pm \delta m$ in mg)

Nominal value*	Class E ₁	Class E ₂	Class F ₁	Class F ₂	Class M ₁	Class M ₁₋₂	Class M ₂	Class M ₂₋₃	Class M ₃
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8		2.5		
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6		2.0		
100 mg	0.005	0.016	0.05	0.16	0.5		1.6		
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4				
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3				
10 mg	0.003	0.008	0.025	0.08	0.25				
5 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
2 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				
1 mg	0.003	0.006	0.020	0.06	0.20				

AT Uji

Anak Timabangan :

- Kelas : M2
- Nominal : 2 kg
- Densitas : 2300 kg/m³
- MPE : 300 mg

AT Standar & Mass Comparator

Anak Timabangan :

- Kelas : M1
- Nominal : 2 kg
- Massa Konvensional : 2,000001 kg
- Ketidakpastian : 0,000002 kg
- Densitas : 8000 kg/m³
- MPE : 100 mg

Mass Comparator :

- Kapasitas : 3200 g
- Resolusi : 0,0001 g

Lingkungan

- Temperatur : 20 °C
- Kelembaban : 55 %

Verifikasi Anak Timbangan



AT Uji

Nominal 2 kg

Kelas M2

Nilai : ??



Komparator

Penunjukkan :

Standar (A) = 2,000 kg

Uji (B) = 1,994 kg

Uji (B) = 1,993 kg

Standar (A) = 1,999 kg



AT STandar

Nominal 2 kg

Kelas M1

Nilai : 2,000001 kg

1. Massa Konvensional

- Selisih massa konvensional

$$\Delta m_{ci} = \Delta I_i = \frac{I_{t1i} - I_{r1i} - I_{r2i} + I_{t2i}}{2}$$

- Rata-rata selisih massa konvensional

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}$$

- Massa konvensional

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c}$$

dimana, m_{cr} adalah massa konvensional anak timbangan standar menurut sertifikatnya.

2. Ketidakpastian

No.	Komponen	u	c	v
1.	Resolusi Mass Comparator/ Timbangan Elektronik	$\frac{d\sqrt{2}}{2\sqrt{3}}$	1	50
2.	Ketidakpastian Anak Timbangan Standar	$\frac{u_{ser}}{k}$	1	200
3.	Kemampuan ulang penimbangan*	$\frac{stdev}{\sqrt{6}}$	1	5
4.	Drift AT standar	$\frac{u_{drift}}{\sqrt{3}}$	1	50
5.	Buoyancy Udara	$\frac{0,12}{\sqrt{3}}$	$0,0000016 \times m_{cr}$	50
6.	Kemampuan ulang untuk siklus yang kurang dari 3 seri*	$\frac{repeat_{TE}}{\sqrt{n}}$	1	n-1



► Massa Konvensional & Ketidakpastian

- $m = \dots\dots\dots g$
- $U = \pm \dots\dots\dots g$

► Evaluasi terhadap kesesuaian

- Massa konvensional :
$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U)$$
- Ketidakpastian :
$$(U \leq 1/3 \text{ MPE})$$

► Kesimpulan

- Dalam batas toleransi (Teknis)
- Lolos Verifikasi (legal) → dapat digunakan sebagai SUML untuk Tera/tera ulang

Tahapan Tera/Tera Ulang



Tera/Tera Ulang

Timbangan Pegas Kapasitas 2 kg/10 g



Regulasi

Permendag No. 24 Tahun 2024 tentang Kegiatan Tera dan Tera Ulang UTTP

Prosedur

Kepdirjen No 240 Tahun 2023 tentang Syarat Teknis Timbangan Bukan Otomatis

Metode

Perbandingan Langsung

Hasil

SAH atau BATAL

Tentukan Kelas Timbangan

Kelas Timbangan

Kapasitas (mak) : 2 kg = 2.000 g

Resolusi (e) : 0,010 kg = 10 g

$$n = \text{Mak} / e = 2.000 \text{ g} / 10 \text{ g} = 200$$

Kelas III

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas (min)} &: 10 \times e = 10 \cdot 10 \text{ g} \\ &= 100 \text{ g} \end{aligned}$$

Kelas	Interval Skala Verifikasi (e)	Jumlah interval skala Verifikasi ($n = \frac{\text{Max}}{e}$)		Kapasitas Minimum
		Minimum	Maksimum	
I	0,001 g ≤ e *)	50.000	-	100e
II	0,001g ≤ e ≤ 0,05 g 0,1g ≤ e	100	100.000	20e
		5.000	100.000	50e
III	0,1g ≤ e ≤ 2g 5g ≤ e	100	10.000	20e
		500	10.000	20e
IIII	5g ≤ e	100	1.000	10e

Tabel 4.3. Klasifikasi Timbangan

Titik Pengujian Kebenaran

$M = \text{Muatan} / e$

Jika $e = 10 \text{ g} \rightarrow$

BKD	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas III
$\pm 0,5 e$	$0 \leq m \leq 50.000$	$0 \leq m \leq 5.000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1,0 e$	$50.000 < m \leq 200.000$	$5.000 < m \leq 20.000$	$500 < m \leq 2.000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200.000 < m$	$20.000 < m \leq 100.000$	$2.000 < m \leq 10.000$	$200 < m \leq 1.000$

Tabel 4.7. BKD untuk pengujian kebenaran

Titik perubahan BKD $\pm 0,5 e$

- Muatan = $0 - 500 \text{ g}$

Titik perubahan BKD $\pm 1,0 e$

- Muatan = $500 \text{ g} < m \leq 2.000 \text{ g}$

Titik perubahan BKD $\pm 1,5 e$

- Muatan = $2.000 \text{ g} < m \leq 10.000 \text{ g}$

b. Timbangan Pegas, Timbangan Cepat dan Timbangan Cepat Meja mengikuti Tabel 4.10. berikut:

Jenis Pengujian	BKD Tera	BKD Tera Ulang
Kebenaran	1x	2x
Kemampuan Ulang	1x	2x
Eksentrisitas	1x	2x
Diskriminasi	Penambahan imbuh sebesar BKD menyebabkan penunjukan berubah minimal 0,7 BKD	

Tabel 4.10. Pengujian dan Ketentuan BKD Timbangan Pegas, Timbangan Cepat dan Timbangan Cepat Meja

BKD	Muatan	Tera	Tera Ulang
0,5 e	$0\text{ g} \leq m \leq 500\text{ g}$	5 g	10 g
1,0 e	$500\text{ g} < m \leq 2.000\text{ g}$	10 g	20 g
1,5 e	$2.000\text{ g} < m \leq 10.000\text{ g}$	15 g	30 g

8. Prosedur Tera/Tera Ulang Timbangan Pegas Dan Timbangan Cepat

a. Lingkup

Prosedur ini digunakan untuk tera/tera ulang timbangan pegas dan timbangan cepat. Standar yang digunakan adalah ATS minimal memenuhi kelas M_2 .

b. Persiapan Pengujian

- 1) Pastikan bahwa timbangan dalam keadaan bersih, kering dan tidak berkarat; dan
- 2) Posisikan timbangan dalam keadaan datar, penunjuk kedataran dapat dilihat pada Gambar 5.8. berikut:



Penunjuk kedataran dapat dilihat dari lubang belakang. Posisi datar ditunjukkan oleh batang besi tidak menempel pada sisi lubang.

Gambar 5.8. Penunjuk Kedataran pada Timbangan Pegas

c. Penyetelan Nol

- 1) Pastikan timbangan tanpa muatan;
- 2) Posisikan jarum penunjuk tepat pada skala nol; dan
- 3) Jika jarum menyimpang ke kiri atau ke kanan maka lakukan penyetelan dengan cara memutar sekrup penyetel nol searah atau berlawanan arah jarum jam sesuai kondisi sampai jarum berada pada skala nol sebagaimana tampak pada Gambar 5.9. berikut:



Gambar 5.9. Posisi Sekrup Penyetel Nol Timbangan Pegas

d. Pengujian Kebenaran

- 1) Tentukan minimal 3 titik uji dalam rentang ukur penimbangan, titik uji harus mencakup:
 - a) Min;
 - b) 50% Max;
 - c) Max atau boleh kurang sampai dengan 5e dari Max ($\text{Max} - 5e$).
- 2) Setel nol timbangan;
- 3) Muati dengan ATS pada titik uji yang diperiksa;
- 4) Amati posisi jarum penunjukan;
 - a) jika kesalahan penunjukannya tidak melebihi BKD, maka timbangan dinyatakan “SAH”; atau
 - b) jika kesalahan penunjukannya melebihi BKD, maka timbangan dinyatakan “BATAL”.
- 5) Ulangi langkah 3) dan 4 untuk titik uji lainnya.

e. Pengujian Diskriminasi

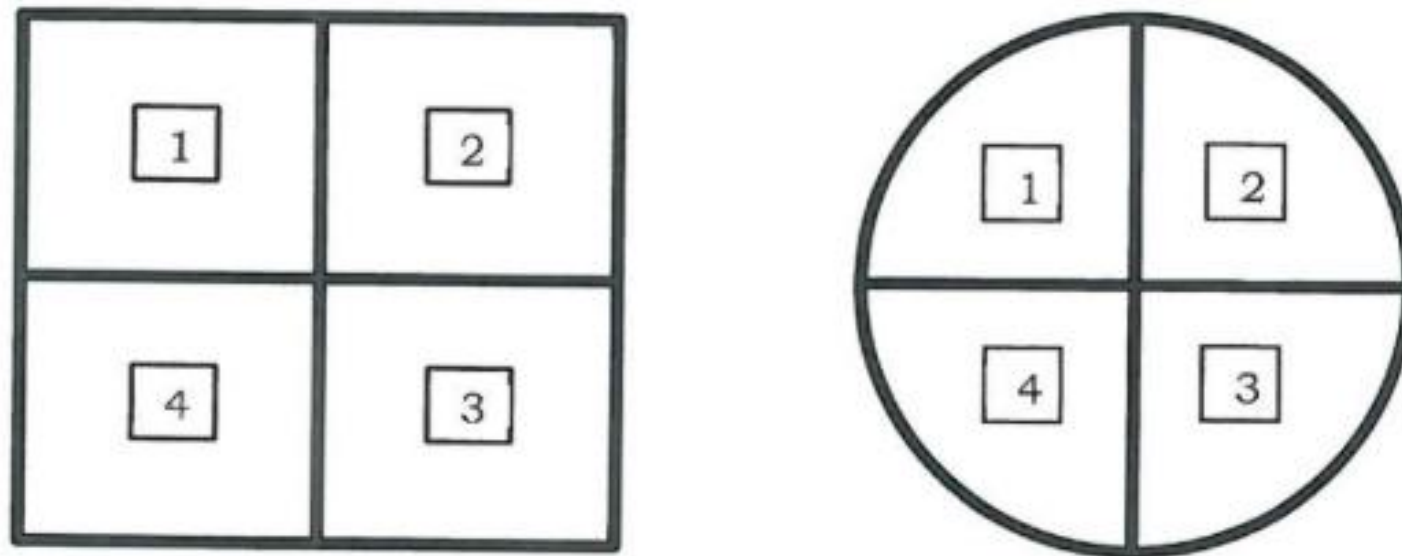
- 1) Pengujian ini dapat menjadi satu kesatuan dengan Pengujian Kebenaran pada muatan mendekati *Max* (*Max* - 5e);
- 2) Setel nol timbangan;
- 3) Muati dengan ATS pada titik uji yang diperiksa;
- 4) Tambahkan imbuh sebesar BKD;
- 5) Amati penunjukannya:
 - a) jika perubahan penunjukan minimal 0,7 BKD maka timbangan dinyatakan “SAH”; atau
 - b) jika tidak bergerak atau bergerak kurang dari 0,7 BKD maka timbangan dinyatakan “BATAL”.
- 6) Ulangi langkah 3) sampai 5) untuk titik uji lainnya.

- f. Pengujian Kemampuan Ulang (*Repeatability*)
- 1) Setel nol timbangan;
 - 2) Muati dengan ATS pada muatan 0,8 *Max*;
 - 3) Amati posisi jarum penunjukan;
 - 4) Tanpa menurunkan muatan uji, lakukan perubahan/gangguan pada muatan dengan cara ditekan sedikit atau anak timbangan diangkat sebagian;
 - 5) Lakukan pengujian minimum sebanyak 3 (tiga) kali; dan
 - 6) Jika selisih penunjukan yang terbesar tidak melebihi BKD maka timbangan dinyatakan “SAH”, jika sebaliknya maka timbangan dinyatakan “BATAL”.

g. Pengujian Eksentrisitas

Pengujian ini tidak dilakukan pada timbangan pegas yang digantung.

- 1) Setel nol timbangan;
- 2) Naikkan ATS dengan nilai di sekitar $1/3 \text{ Max}$ pada posisi yang diuji. Untuk Lantai Muatan yang berbentuk lingkaran letakkan ATS tepat di atas batang penumpu sesuai posisi yang diuji. Posisi uji dapat dilihat pada Gambar 5.10. berikut:



Gambar 5.10. Posisi Uji pada Pengujian Eksentrisitas
Timbangan Pegas

- 3) Amati posisi jarum penunjukan;
 - a) jika kesalahan penunjukannya tidak melebihi BKD, maka timbangan dinyatakan “SAH”; atau
 - b) jika kesalahan penunjukannya melebihi BKD, maka timbangan dinyatakan “BATAL”.
- 4) Ulangi langkah 2) dan 3) untuk posisi lain yang diuji; dan
- 5) Pengujian eksentrisitas dinyatakan “SAH” apabila hasil pengujian untuk semua posisi uji dinyatakan “SAH”.

Evaluasi hasil

- Kebenaran : SAH / BATAL
- Diskriminasi : SAH / BATAL
- Kemampuan Ulang : SAH / BATAL
- Eksentrisitas : SAH / BATAL

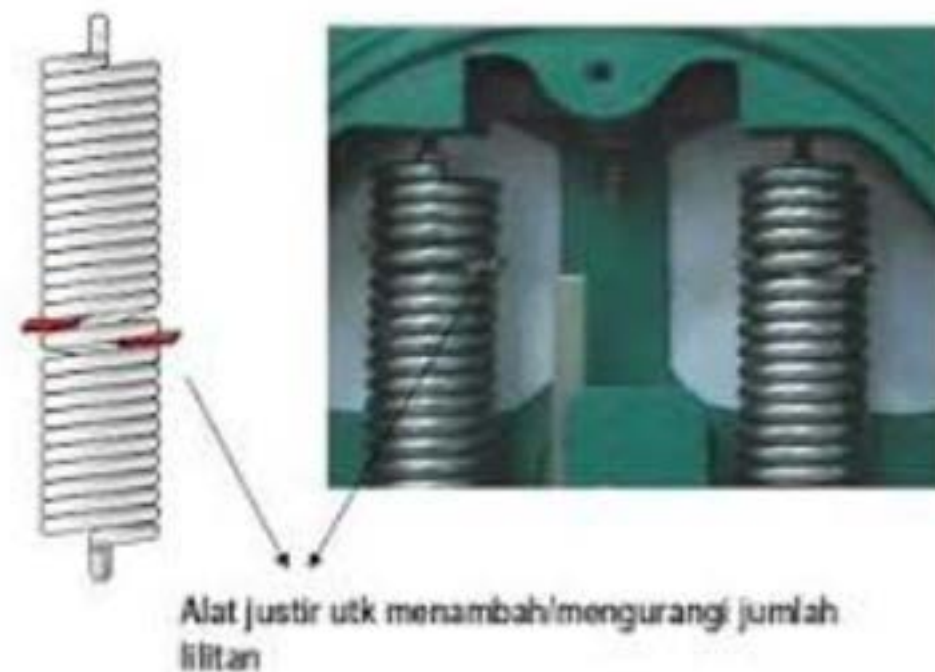
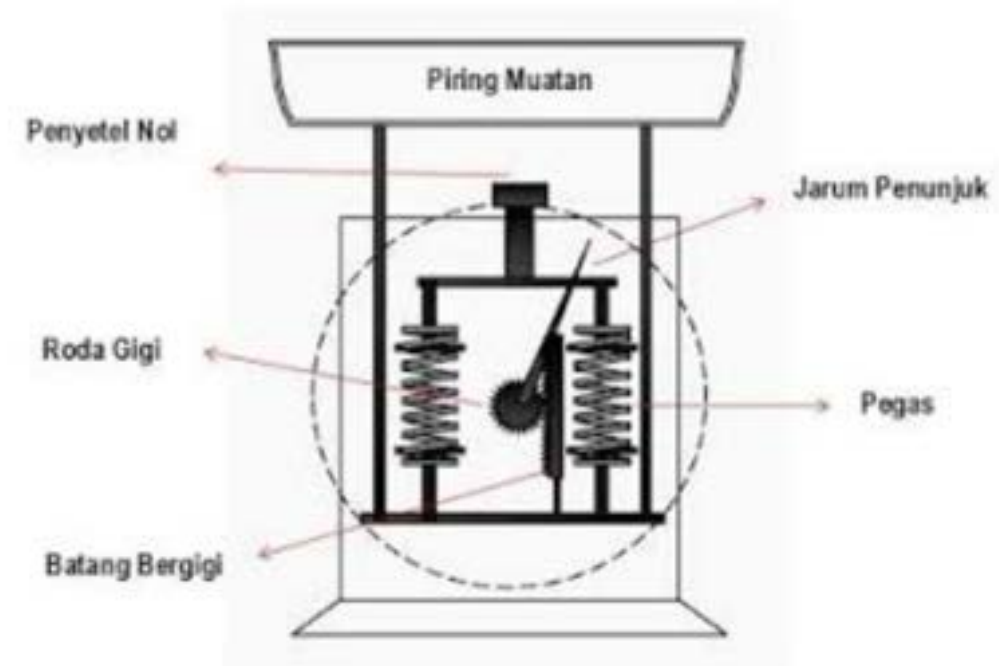
Kesimpulan :

SAH → Pembubuhan CTT

BATAL → Justir / Tidak boleh digunakan



Konstruksi



Pegas

Pada timbangan pegas justir dilakukan dengan mengubah posisi atau panjang efektif pegas.

Prinsip dasarnya:

$$F = kx$$

Pada timbangan pegas, beban menghasilkan:

$$F = mg$$

Sehingga:

$$mg = kx$$

atau:

$$x = \frac{mg}{k}$$

Artinya, untuk massa m tertentu:

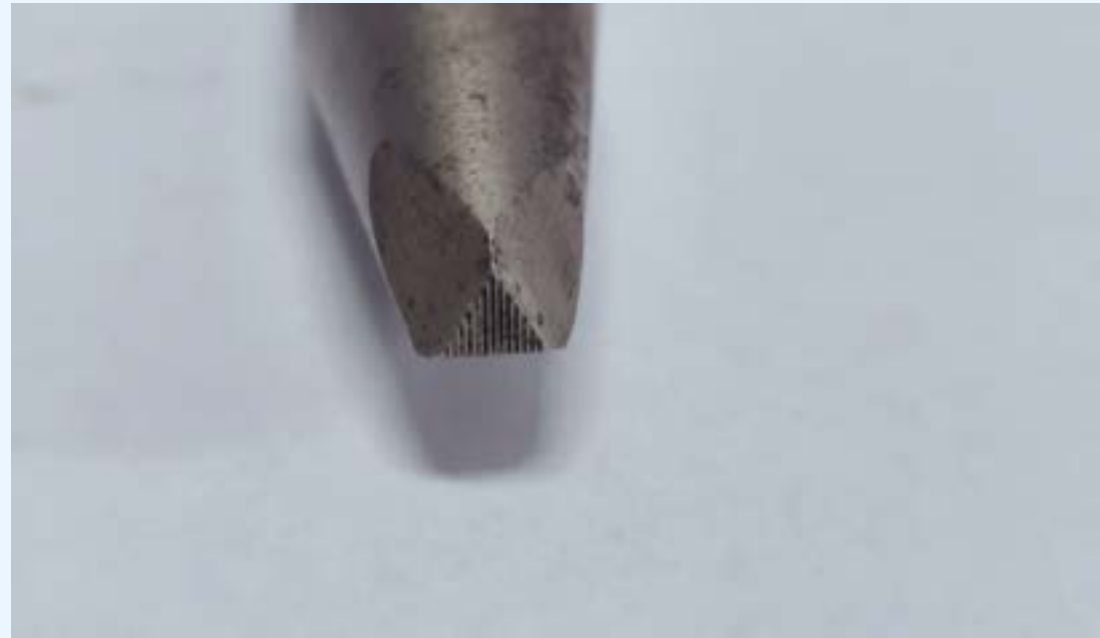
jika k **besar**, x kecil;

jika k **kecil**, x besar.



Tanda Sah

Tanda Sah adalah tanda yang dibubuhkan dan/atau dipasang pada Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan atau pada surat keterangan tertulis terhadap Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan yang memenuhi syarat teknis pada saat ditera atau ditera ulang.



Tanda Batal

Tanda Batal adalah tanda yang dibubuhkan pada Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan atau pada surat keterangan tertulis terhadap Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan yang tidak memenuhi syarat teknis pada saat ditera atau ditera ulang.



Tanda Jaminan

Tanda Jaminan adalah tanda yang dibubuhkan dan/atau dipasang pada bagian tertentu dari Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan yang telah disahkan pada saat ditera atau ditera ulang untuk mencegah penukaran dan/atau perubahan.

Tanda Daerah, dan Tanda Pegawai Yang Berhak



Tanda Daerah

Tanda Daerah adalah tanda yang dibubuhkan pada Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan yang disahkan pada saat ditera untuk mengetahui daerah atau unit pelaksana



Tanda Pegawai Yang Berhak

Tanda Pegawai Yang Berhak yang selanjutnya disebut Tanda Pegawai Berhak adalah tanda yang dibubuhkan pada Alat Ukur, Alat Takar, Alat Timbang, dan Alat Perlengkapan yang disahkan pada saat ditera atau ditera ulang untuk mengetahui pegawai berhak yang melakukan Tera atau Tera Ulang.



Terima Kasih



Aldo Kurniawan



aldo.kurniawan@gmail.com



@alnokurniawan