

SNSU PK.P-09:2023

Panduan Kalibrasi Rollmeter



SNSU PK.P-09:2023

PANDUAN KALIBRASI ROLLMETER

Penyusun:

1. Ocka Hedrony
2. Nurul Alfiyati
3. Nurlathifah
4. Eka Pratiwi
5. Okasatria Novyanto
6. Azwar Sabana
7. Istiqomah
8. Rina Yuniarty
9. Ganang Adhitama
10. M. Fathurrahman
11. I.G.A. Pristha Arvikadewi

Kontributor:

1. Asesor KAN Lingkup Panjang
2. Sekretariat Komite Akreditasi Nasional (KAN)

Desain sampul: Bagus Muhammad Irvan & David Nicko Harmanditya - BSN

Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi, dan Biologi

Badan Standardisasi Nasional

Hak cipta © Badan Standardisasi Nasional, 2023

Lembar Pengesahan

Panduan Kalibrasi Rollmeter (SNSU PK.P-09:2023) diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional sebagai upaya untuk mengharmoniskan pelaksanaan kalibrasi rollmeter di laboratorium kalibrasi maupun institusi lain yang berkepentingan dengan pengukuran yang perlu dijamin keabsahannya. Panduan ini mencakup definisi umum, langkah-langkah kalibrasi, serta evaluasi ketidakpastian pengukuran. Panduan ini disusun berdasarkan acuan metode internasional, nasional, maupun sumber ilmiah lainnya melalui proses pembahasan internal di Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi, dan Biologi, serta dengan mempertimbangkan masukan dari para ahli di bidang metrologi dimensi.

Dokumen ini diterbitkan secara bebas dan tidak untuk diperjualbelikan secara komersial. Bagian dari dokumen ini dapat dikutip untuk keperluan edukasi atau kegiatan ilmiah dengan menyebutkan sumbernya, namun tidak untuk keperluan komersial.

Disahkan tanggal 28 Desember 2023

Y. Kristianto Widiwardono

Deputi Bidang Standar Nasional Satuan Ukuran

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

1	Pendahuluan.....	1
2	Ruang lingkup.....	1
3	Definisi.....	1
4	Prinsip kalibrasi	2
5	Persyaratan kalibrasi	2
6	Prosedur kalibrasi	2
7	Proses Kalibrasi.....	2
7.1	Persiapan	2
7.2	Metode menggunakan mistar standar	3
7.2.1	Rentang ukur rollmeter sama dengan mistar standar	3
7.2.2	Rentang ukur rollmeter lebih panjang dari mistar standar.....	4
7.3	Metode menggunakan ruler calibrator	5
8	Ketidakpastian pengukuran	6
8.1	Evaluasi ketidakpastian jika rollmeter sama panjang dengan standar	7
8.2	Evaluasi ketidakpastian jika rollmeter lebih panjang dengan standar	7
8.3	Evaluasi sumber ketidakpastian	8
8.4	<i>Budget</i> ketidakpastian	10
9	Laporan kalibrasi	13
	Lampiran A	14
	Lampiran B	15
	Bibliografi.....	16

Panduan Kalibrasi Rollmeter

1 Pendahuluan

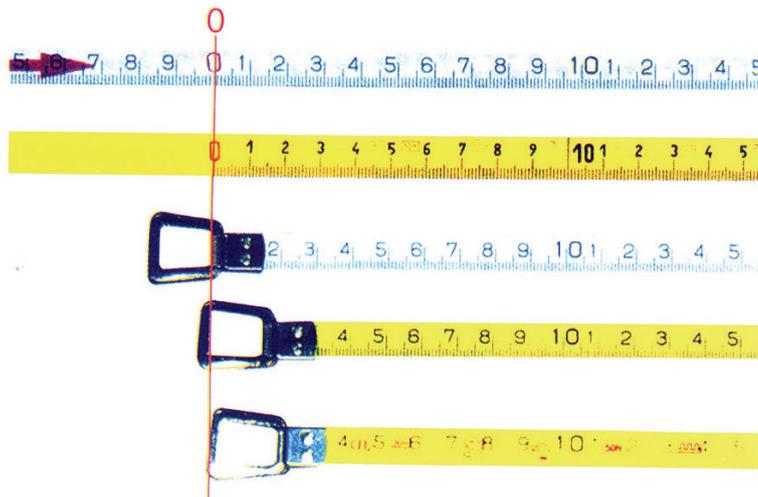
- 1.1. Tujuan dibuatnya panduan kalibrasi rollmeter ini adalah untuk mengharmoniskan pelaksanaan kalibrasi alat ukur jenis rollmeter yang dilakukan oleh laboratorium yang menerapkan SNI ISO/IEC 17025, *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*.
- 1.2. Metode kalibrasi yang diuraikan dalam petunjuk ini mengacu pada standar JIS B 7512. Evaluasi ketidakpastian pengukuran mengacu pada dokumen JCGM 100:2008, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*.

2 Ruang lingkup

- 2.1. Petunjuk ini menetapkan prosedur kalibrasi untuk pembacaan skala pada rollmeter dan penggaris/mistar baja atau tape, baik yang berbahan tekstil dan steel.
- 2.2. Petunjuk ini juga menetapkan prosedur evaluasi ketidakpastian pengukuran yang terkait dengan kalibrasi rollmeter atau tape, penggaris/mistar baja.

3 Definisi

- 3.1. Titik cardinal adalah titik pada garis skala rentang pengukuran efektif yang dijadikan acuan untuk awal pengukuran (titik nol).



Gambar 1. Beberapa contoh titik cardinal

- 3.2. Rentang pengukuran efektif adalah rentang dari titik cardinal sepanjang garis skala yang ditunjukkan oleh nilai nominal terbesar.

4 Prinsip kalibrasi

Pengukuran kesalahan penunjukan rollmeter dilakukan dengan perbandingan terhadap mistar standar atau ruler calibrator.

5 Persyaratan kalibrasi

Kalibrasi dilakukan dalam suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan relatif dibawah 65 %. Jika suhu ruang pengukuran di luar rentang tersebut, kalibrasi dapat dilakukan tetapi pengaruh suhu terhadap ketidakpastian pengukuran harus diperhitungkan dan dipastikan masih di bawah batas toleransi.

6 Prosedur kalibrasi

Secara umum, kalibrasi rollmeter dilakukan dengan dua metode yaitu metode komparatif menggunakan mistar standar dan metode langsung menggunakan ruler calibrator. Pada metode yang menggunakan mistar standar dibutuhkan alat bantu berupa scale loupe dengan resolusi minimal 0,1 mm untuk membaca perbandingan skala. Sedangkan pada metode yang menggunakan ruler calibrator, pembacaan skala diperoleh dari pergerakan ruler calibrator yang ditampilkan pada display.

Jika mistar standar atau ruler calibrator yang digunakan memiliki rentang ukur sama atau lebih panjang dari rollmeter, maka pengambilan data kalibrasi dapat dilakukan mulai dari titik cardinal sampai dengan panjang maksimal rollmeter.

Jika mistar standar atau ruler calibrator yang digunakan memiliki rentang ukur yang lebih pendek dari rollmeter, maka diperlukan beberapa kali langkah pengukuran, agar rentang efektif dari rollmeter dapat dikalibrasi.

7 Proses Kalibrasi

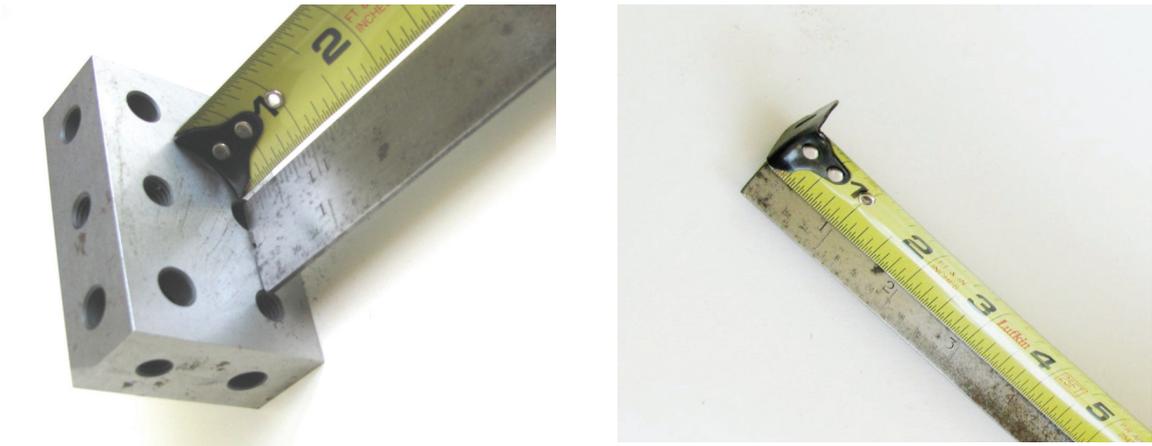
7.1 Persiapan

Sebelum melakukan kalibrasi, harus dipastikan rollmeter dalam keadaan bersih dan skala dapat diamati dengan jelas.

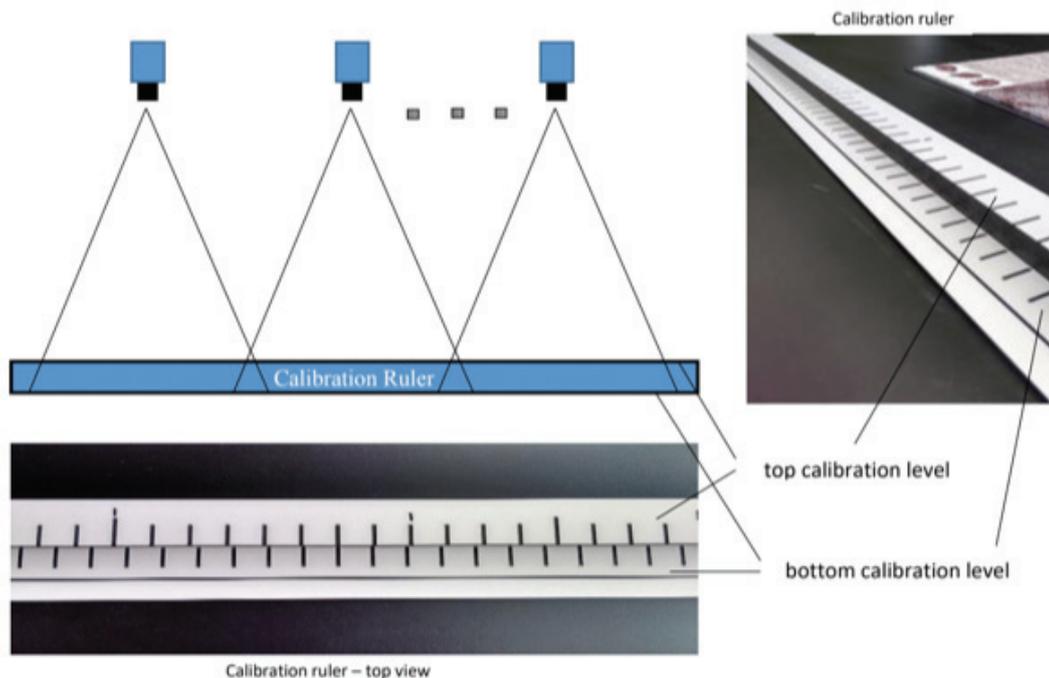
7.2 Metode menggunakan mistar standar

7.2.1 Rentang ukur rollmeter sama dengan mistar standar

- a) Letakkan mistar standar dan rollmeter yang dikalibrasi di atas meja/landasan yang rata, dan rapatkan kedua sisi skala dari mistar standar dan rollmeter, atur kedua titik nol (titik cardinal) dari mistar standar dan rollmeter sehingga keduanya terletak dalam 1 garis atau berhimpit sebagaimana pada Gambar 2 atau menghimpitkan mistar standar dengan rollmeter sebagaimana pada Gambar 3.



Gambar 2. Contoh ilustrasi merapatkan mistar standar dengan rollmeter
(<https://www.instructables.com/Steel-Measuring-Tape-Calibration/>)



Gambar 3. Contoh ilustrasi menghimpitkan mistar standar dengan rollmeter
(<https://digmar.at/products/scan-systems/calibration/>)

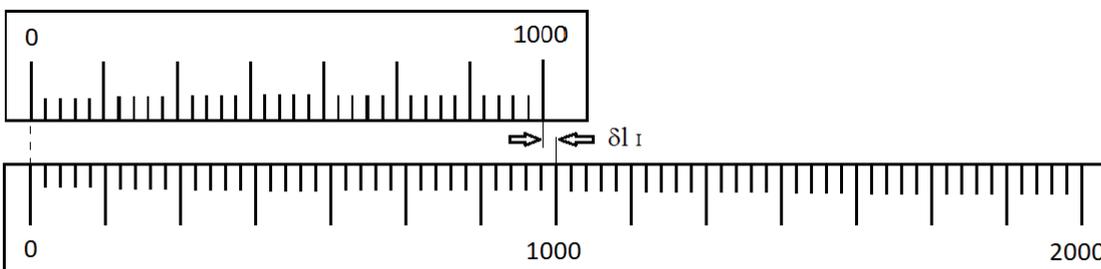
- b) Gunakan penjempit (*clamp*), stopper ataupun pemberat yang cukup (tidak terlalu membebani) untuk menjaga kestabilan posisi mistar standar dan rollmeter.
- c) Lakukan pengambilan data mulai dari titik nol hingga nominal maksimal dari mistar standar.
- d) Baca selisih antara garis skala pada mistar standar dengan garis skala pada rollmeter dengan bantuan scale loupe dan catat setiap data pengukuran di dalam lembar kerja.
- e) Hitung deviasi rollmeter terhadap mistar standar sebagai hasil pada langkah (d) ditambah koreksi sertifikat kalibrasi mistar standar.

7.2.2 Rentang ukur rollmeter lebih panjang dari mistar standar

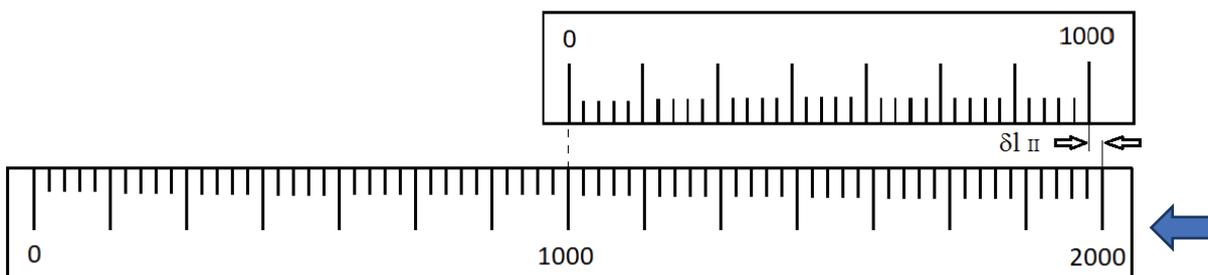
Jika rollmeter lebih panjang dari mistar standar (Gambar 4), maka rollmeter digeser atau diposisikan pada titik ukur rentang berikutnya untuk mendapatkan pembacaan pengukuran rollmeter (Gambar 5). Catat setiap data pengukuran di dalam lembar kerja.

Banyaknya data yang diambil pada 1 meter pertama, minimal 10 data yang mewakili rentang 1 meter. Untuk 1 meter berikutnya minimal data yang diambil adalah 3 data yang mewakili rentang 1 meter.

Untuk pengulangan/*repeatability*, dilakukan sebanyak 10 kali pada titik yang dianggap memiliki deviasi terbesar.



Gambar 4. Contoh posisi rollmeter sebelum digeser



Gambar 5. Contoh posisi rollmeter setelah digeser

Pada Gambar 4, terdapat nilai deviasi δl_I di jarak 0 mm - 1000 mm yang ditentukan berdasarkan perbandingan rollmeter terhadap mistar standar dengan titik awal 0 mm.

Pada Gambar 5, terdapat nilai deviasi δl_{II} di jarak 1000 mm - 2000 mm yang ditentukan berdasarkan perbandingan rollmeter terhadap mistar standar dengan titik awal 1000 mm.

Nilai deviasi pada nilai nominal 2000 mm dapat ditentukan dengan:

$$\delta l_{2000} = \delta l_I + \delta l_{II} \quad (1)$$

dengan δl_I = nilai deviasi pada jarak 0 mm – 1000 mm

δl_{II} = nilai deviasi pada jarak 1000 mm – 2000 mm

7.3 Metode menggunakan ruler calibrator

- a) Letakkan rollmeter yang dikalibrasi di atas meja kerja ruler calibrator.
- b) Posisikan titik nol ruler calibrator dengan titik cardinal (titik nol) dari rollmeter segaris.
- c) Posisikan rollmeter lurus dan sejajar (*alignment*) terhadap pergerakan ruler calibrator.
- d) Gunakan pemberat seperti pada gambar 6, untuk menjaga kestabilan posisi rollmeter.
- e) Pengambilan data dilakukan mulai dari titik nol hingga nominal maksimal dari ruler calibrator.
- f) Pada 1 meter pertama, banyaknya data yang diambil minimal 10 data yang mewakili rentang 1 meter. Untuk 1 meter berikutnya minimal data yang diambil adalah 3 data yang mewakili rentang 1 meter.
- g) Untuk pengulangan/repeatability, dilakukan sebanyak 10 kali pada titik yang dianggap memiliki deviasi terbesar.
- h) Nilai deviasi rollmeter ditentukan dari selisih pembacaan ruler calibrator terhadap nilai nominal rollmeter.
- i) Jika rollmeter lebih panjang dari ruler calibrator, geser atau posisikan rollmeter pada rentang titik ukur berikutnya untuk mendapatkan pembacaan pengukuran.



Gambar 6. Kalibrasi rollmeter menggunakan ruler calibrator

8 Ketidakpastian pengukuran

Dalam melakukan kalibrasi, terdapat dua jenis galat (*error*) yang harus diperhatikan. Yaitu galat acak (*random error*) dan galat sistematis. Galat acak adalah hasil dari pengaruh yang bersifat acak dan tidak dapat dikoreksi, dan otomatis menimbulkan ketidakpastian. Sedangkan galat sistematis adalah bias yang secara teoretis dapat dikoreksi, namun dalam kenyataannya koreksi tersebut tidak dapat ditentukan dengan sempurna, sehingga tetap harus diperhitungkan sebagai sumber ketidakpastian. Pada panduan ini, komponen ketidakpastian dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yang berasal dari pengaruh acak, dan yang berasal dari pengaruh sistematis.

Ketidakpastian yang berasal dari pengaruh acak umumnya bersifat independen, besarnya galat acak pada satu kejadian sama sekali tidak mempengaruhi besarnya galat pada kejadian berikutnya. Artinya, tidak ada korelasi (atau koefisien korelasinya nol). Sedangkan ketidakpastian dari pengaruh sistematis yang sama akan bersifat dependen satu sama lain, sehingga berkorelasi penuh. Contoh kasus pengukuran yang dipengaruhi oleh korelasi adalah pengukuran yang bersifat komparatif atau aditif/kumulatif, seperti halnya kalibrasi rollmeter.

Jika sebuah pengukuran mempunyai model matematis sebagai berikut:

$$y = x_1 + x_2 + x_3 \quad (2)$$

Maka ketidakpastian pengukuran untuk measurand y dapat dituliskan:

$$u^2(y) = u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3) + 2c_1c_2u(x_1)u(x_2)r_{12} + 2c_1c_3u(x_1)u(x_3)r_{13} + 2c_2c_3u(x_2)u(x_3)r_{23} \quad (3)$$

8.1 Evaluasi ketidakpastian jika rollmeter sama panjang dengan standar

Kesalahan penunjukan rollmeter dihitung dengan model seperti pada Persamaan 4.

$$E = L - L_s - L_s(\theta_s \cdot \delta\alpha + \alpha_s \cdot \delta\theta) - L_D - L_G - L_T \quad (4)$$

E : Kesalahan penunjukan rollmeter

L : Penunjukan nilai rollmeter

L_s : Penunjukan nilai standar (ruler calibrator/mistar standar)

θ_s : Suhu rata-rata antara standar (ruler calibrator/mistar standar) dan rollmeter

$\delta\alpha$: Selisih koefisien muai termal antara standar (ruler calibrator/mistar standar) dan rollmeter

α_s : Koefisien muai termal rata-rata antara standar (ruler calibrator/mistar standar) dan rollmeter

$\delta\theta$: Selisih antara suhu standar (ruler calibrator/mistar standar) dan rollmeter

L_D : *Drift* nilai koreksi standar (ruler calibrator/mistar standar)

L_G : Koreksi akibat ketidaksempurnaan geometrik dan posisi rollmeter

L_T : Koreksi akibat kesalahan dalam menargetkan garis graduasi (*targeting*)

Berdasarkan model matematis pada Persamaan 4, ketidakpastian baku gabungan dalam nilai kesalahan penunjukan dapat dihitung dengan Persamaan 5.

$$u_c^2 = u^2(L) + u^2(L_s) + L_s^2 \cdot \theta_s^2 \cdot u^2(\delta\alpha) + L_s^2 \cdot \alpha_s^2 \cdot u^2(\delta\theta) + u^2(L_D) + u^2(L_G) + u^2(L_T) \quad (5)$$

8.2 Evaluasi ketidakpastian jika rollmeter lebih panjang dengan standar

Persamaan (6) merupakan contoh perhitungan ketidakpastian gabungan untuk koreksi rollmeter nominal 2000 mm dikalibrasi menggunakan standar 1000 mm dapat dituliskan sebagai berikut:

$$u^2(\delta l_{2000}) = u^2(x_{s1.I}) + u^2(x_{s2.I}) + u^2(x_{r1.I}) + u^2(x_{r2.I}) + u^2(x_{s1.II}) + u^2(x_{s2.II}) + u^2(x_{r1.II}) + u^2(x_{r2.II}) + 2c_{I}c_{II}u(x_{s1.I})u(x_{s1.II}) + 2c_{I}c_{II}u(x_{s2.I})u(x_{s2.II}) \quad (6)$$

dengan $c_I = 1$ dan $c_{II} = 1$:

$$\begin{aligned}
 u^2(\delta l_{2000}) &= u^2(x_{s1}) + u^2(x_{s2}) + u^2(x_{r1}) + u^2(x_{r2}) + u^2(x_{s1}) + u^2(x_{s2}) + u^2(x_{r1}) + u^2(x_{r2}) \\
 &\quad + 2u(x_{s1})u(x_{s1}) + 2u(x_{s2})u(x_{s2}) \\
 &= 2u^2(x_{s1}) + 2u^2(x_{s2}) + u^2(x_{r1}) + u^2(x_{r2}) + u^2(x_{r1}) + u^2(x_{r2}) + 2u^2(x_{s1}) \\
 &\quad + 2u^2(x_{s2}) \\
 &= 4u^2(x_{s1}) + 4u^2(x_{s2}) + 2u^2(x_{r1}) + 2u^2(x_{r2}) \tag{7}
 \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa untuk komponen ketidakpastian yang tidak berkorelasi seperti $u(x_{r1.I})$ dan $u(x_{r1.II})$, maka nilai resultan dari komponen $u(x_{r1.i})$ adalah $\sqrt{2}u(x_{r1})$, yaitu hasil dari penjumlahan kuadrat. Sedangkan komponen yang berkorelasi penuh seperti $u(x_{s1.I})$ dan $u(x_{s1.II})$, maka nilai resultannya adalah $\sqrt{4u^2(x_{s1})} = 2u(x_{s1})$, yaitu hasil penjumlahan biasa.

Konsep di atas dapat diperluas untuk pengukuran yang sifatnya kumulatif sebanyak N pengulangan (misalnya kalibrasi pita ukur 10 m dengan perbandingan 10 kali terhadap mistar acuan 1 m):

$$u^2(\delta l_N) = N^2u^2(x_{s1}) + N^2u^2(x_{s2}) + Nu^2(x_{r1}) + Nu^2(x_{r2}) \tag{8}$$

Jika persamaan di atas dituangkan dalam bentuk tabel bujet ketidakpastian, maka faktor N dapat diperhitungkan sebagai *faktor pengali koefisien sensitivitas* dengan ketentuan:

- untuk komponen dari efek sistematis, koefisien sensitivitas dikalikan N;
- untuk komponen dari efek acak, koefisien sensitivitas dikalikan \sqrt{N} .

8.3 Evaluasi sumber ketidakpastian

Sumber ketidakpastian dalam persamaan (4) dapat dievaluasi menurut panduan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi beberapa sumber ketidakpastian

Variabel	Estimasi nilai	Estimasi ketidakpastian
L	$L = \bar{L}$ \bar{L} : Rata-rata penunjukan mistar baja UUT dari pengukuran berulang	$u^2(L) = u^2(L_1) + u^2(L_2) + u^2(L_3)$ $u(L_1) = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $u(L_1)$: ketidakpastian dari sebaran nilai pengukuran berulang s : simpangan baku n : banyaknya pengukuran pada titik ukur yang dievaluasi Pengukuran berulang untuk mengevaluasi sebaran nilai dapat dilakukan pada salah satu titik ukur dan sebaiknya dilakukan 10 kali pada titik tersebut. $u(L_2) = \frac{a}{\sqrt{3}}$ $u(L_2)$: ketidakpastian akibat pembulatan pada penunjukan <i>reticle scale (loupe)</i> atau <i>ruler calibrator</i> .

Variabel	Estimasi nilai	Estimasi ketidakpastian
		<p>a : setengah dari nilai terkecil yang dapat dibaca dari skala penunjukan <i>reticle scale (loupe)</i> atauruler <i>calibrator</i>.</p> $u(L_3) = \frac{U_{95}}{k}$ <p>$u(L_3)$: ketidakpastian dari sertifikat <i>reticle scale</i></p>
L_S	$L_S = L_{SN} + \delta L_S$ L_{SN} : Nilai penunjukan standar acuan δL_S : Nilai koreksi standar acuan	$u(L_S) = \frac{U_{95}}{k}$ <p>$u^2(L_S)$ = ketidakpastian dari sertifikat mistar baja standar atauruler <i>calibrator</i>.</p>
θ_S	$\theta_S = \frac{T_{mistar\ standar} + T_{mistar\ UUT}}{2}$ <p>Nilai θ_S dapat diestimasi dari rata-rata suhu ruang di titik pengukuran pada saat pengukuran</p>	<p>$u(\theta_S)$ tidak perlu diestimasi karena koefisien sensitivitasnya nol.</p>
$\delta\alpha$	<p>$\delta\alpha = 0$ (diasumsikan bahwa mistar standar dan mistar UUT terbuat dari bahan yang sama)</p>	<p>Dapat diestimasi dari perkiraan, misalnya</p> $u(\delta\alpha) = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} \text{ } ^\circ\text{C} .$
α_S	<p>Nilai rata-rata koefisien muai bahan pembuat mistar standar dan mistar UUT</p> <p>Misalnya jika mistar standar dan mistar UUT terbuat dari baja, $\alpha_S = 11,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$</p>	<p>$u(\alpha_S)$ tidak perlu diestimasi karena koefisien sensitivitasnya nol.</p>
$\delta\theta$	<p>$\delta\theta = 0$ (diasumsikan bahwa mistar standar dan mistar UUT telah dikondisikan cukup lama sehingga mempunyai suhu yang sama)</p>	<p>Dapat diestimasi dari perkiraan, misalnya</p> $u(\delta\theta) = \frac{0,2}{\sqrt{3}} \text{ } ^\circ\text{C} .$
L_D	<p>Jika ada riwayat kalibrasi, L_D dapat dihitung dari selisih penyimpangan maksimum dan minimum setiap nominal dari riwayat sertifikat kalibrasi</p> <p>Jika tidak ada riwayat kalibrasi, diasumsikan $L_D = 10\%$ dari ketidakpastian sertifikat kalibrasi.</p>	<p>Jika L_D dihitung dari riwayat kalibrasi, $u(L_D)$ dapat dihitung dari</p> $Drift = \frac{E_{max}(x) - E_{min}(x)}{rentang\ tahun}$ $u(L_D) = \frac{Max\ Drift}{\sqrt{3}}$ <p>E_{max} dan E_{min} diperoleh dari sertifikat kalibrasi standar pada setiap titik</p>

Variabel	Estimasi nilai	Estimasi ketidakpastian
L_G	$L_G=0$	Dapat diestimasi dari perkiraan <i>cosine error</i> sebesar 1° . $u(L_G) = \frac{0,15 \cdot L}{\sqrt{3}} \mu\text{m}$ L : rentang ukur dalam mm.
L_T	$L_T=0$	Dapat diestimasi dari perkiraan setengah ketebalan garis (UUT) misalnya : $u(L_T) = 30 \mu\text{m}$

8.4 Budget ketidakpastian

Contoh budget ketidakpastian ditunjukkan dalam Tabel 2 dengan nilai masukan sebagai berikut:

Tabel 2. Contoh *budget* ketidakpastian

Budget untuk rentang 1 meter.

Tabel kontribusi ketidakpastian pengukuran										N = 1	
Unit Laboratorium	Dimensi	Rentang Ukur	:	0	s/d	5000	mm				
Nama alat yang di Analisis :		Rollmeter	:		:		0.1	mm			
Standar yang digunakan :		Ruler calibrator	:		:						
No.	Komponen	Satuan	Distribusi	semi range	Pembagi	v_i	u_i	$(N) c_i$	u_{ci}	$(u_{ci})^2$	$(u_{ci})^4/v_i$
1	Repeatability	mm	Normal	0.52	3.16	9	2.E-01	1	2.E-01	3.E-02	8.E-05
2	Resolusi ruler calibrator	mm	segi-4	0.05	1.73	200	3.E-02	1	3.E-02	8.E-04	3.E-09
	Sertifikat kalibrasi ruler										
3	calibrator	mm	Normal	0.04	2	200	2.E-02	1	2.E-02	4.E-04	8.E-10
4	Perubahan suhu pengukuran	°C	segi-4	0.05	1.73	200	3.E-02	0.01	3.E-04	1.E-07	6.E-17
5	Koef. muai thermal	°C ⁻¹	segi-4	2.3E-06	1.73	200	1.E-06	200	3.E-04	7.E-08	2.E-17
6	Drift standar	mm/tahun	segi-4	0.0040	1.73	200	2.E-03	1	2.E-03	5.E-06	1.E-13
7	Kesalahan geometri	mm	Segi-4	0.15	1.73	200	9.E-02	1	9.E-02	8.E-03	3.E-07
9	Kesalahan penargetan	mm	Segi-4	0.03	1.73	200	2.E-02	1	2.E-02	3.E-04	5.E-10
Jumlah										0.035706	7.93E-05
Ketidakpastian baku gabungan, uc										0.188959	
Derajat kebebasan efektif, v eff										16.07706	
Faktor cakupan, k-student's for v eff and CL 95 %										2.12	
Ketidakpastian bentangan, U = k.uc (Satuan , Unit)										0.40	
										mm	

CATATAN : Nilai komponen ketidakpastian hanya sebagai ilustrasi.

Budget untuk rentang 5 meter.

Tabel kontribusi ketidakpastian pengukuran													
Unit Laboratorium	:	Dimensi	Rentang Ukur		:	0	5000	mm	N = 5				
Nama alat yang di Analisis	:	Rollimeter	Resolusi		:		0.1	mm					
Standar yang digunakan	:	Ruler calibrator			:								
No.	Komponen	Satuan	Distribusi	semi range	Pembagi	v_i	u_i	$(N) c_i$	$u_i c_i$	$(u_i c_i)^2$	$(u_i c_i)^4 / v_i$	Catatan :	
1	Repeatability	mm	Normal	0.52	3.16	9	2.E-01	2.236067977	4.E-01	1.E-01	2.E-03	random	
2	Resolusi ruler calibrator	mm	segi-4	0.05	1.73	200	3.E-02	5	1.E-01	2.E-02	2.E-06	sistematis	
3	Sertifikat kalibrasi ruler calibrator	mm	Normal	0.04	2	200	2.E-02	5	1.E-01	1.E-02	5.E-07	sistematis	
4	Perubahan suhu pengukuran	°C	segi-4	0.05	1.73	200	3.E-02	0.03	7.E-04	6.E-07	2.E-15	random	
5	Koef. muai thermal	°C ⁻¹	segi-4	0.0E+00	1.73	200	0.E+00	447	0.E+00	0.E+00	0.E+00	random	
6	Drift standar	mm/tahun	segi-4	0.0040	1.73	200	2.E-03	5	1.E-02	1.E-04	9.E-11	sistematis	
7	Kesalahan geometri	mm	Segi-4	0.15	1.73	200	9.E-02	2.236067977	2.E-01	4.E-02	7.E-06	random	
9	Kesalahan penargetan	mm	Segi-4	0.03	1.73	200	2.E-02	2.236067977	4.E-02	2.E-03	1.E-08	random	
Jumlah										0.203301	0.001985		
Ketidakpastian baku gabungan, uc											0.450889		
Derajat kebebasan efektif, v eff												20.8215	
Faktor cakupan, k-student's for v eff and CL 95 %											2.09		
Ketidakpastian bentangan, U = k.uc (Satuan , Unit)											0.94	mm	

CATATAN : Nilai komponen ketidakpastian hanya sebagai ilustrasi.

9 Laporan kalibrasi

Hasil pengukuran kesalahan penunjukan dapat ditampilkan sebagai nilai kesalahan pengukuran, atau sebagai nilai koreksi penunjukan dengan tanda (+/-) yang berlawanan dengan nilai kesalahan penunjukan beserta nilai ketidakpastian pengukurannya.

Lampiran A
(informatif)

Contoh laporan kalibrasi

Nama Alat / *Instrument Name* :
 Nama Pembuat / *Manufacturer* :
 Tipe & No. Seri / *Type & Serial Number* :
 Tanggal Kalibrasi / *Calibration Date* :
 Tempat Kalibrasi / *Calibration Place* :
 Kelembapan/*Relative Humidity* : (±) %
 Suhu / *Temperature* : (±) °C

HASIL KALIBRASI/CALIBRATION RESULT

Panjang Nominal / Nominal Length (mm)	Koreksi / Correction (mm)
0,000	
1,000	
5,000	
10,000	
20,000	
50,000	
100,000	
500,000	
1000,000	
.	
.	
.	
10000,000	

CATATAN : Nilai pada tabel hanya sebagai ilustrasi dan bukan merupakan panduan.

Catatan/Notes:

Standar kalibrasi / *Reference standard* :

Prosedur kalibrasi/ *Calibration procedure* :

Hasil pengukuran yang dilaporkan tertelusur ke SI melalui..... / *The reported measurement result is traceable to the SI through*

Ketidakpastian pengukuran/ *Measurement uncertainty*:

Ketidakpastian pengukuran dinyatakan pada tingkat kepercayaan tidak kurang dari 95% dengan faktor cakupan $k = 2$ / *Uncertainty of measurement is expressed at a confidence level of no less than 95% with coverage factor $k = 2$.*

Pelaksana/ *Calibration Officer*:

Penyelia/ *Supervisor* :

Lampiran B (informatif)

Teori koefisien korelasi

Koefisien korelasi r_{ij} menunjukkan apakah besaran x_i dan x_j saling berkorelasi; $r_{ij} = 0$ artinya saling tidak berkorelasi (atau dapat disebut independen satu sama lain); $r_{ij} = 1$ artinya berkorelasi penuh; $r_{ij} = -1$ artinya berkorelasi penuh secara berlawanan. Sering kali korelasi antarbesaran dianggap tidak ada, sehingga persamaan ketidakpastian biasanya hanya ditulis tanpa suku korelasi:

$$u^2(y) = u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3) \quad (1)$$

Namun, ada kondisi tertentu ketika korelasi perlu diperhitungkan, khususnya jika ada komponen ketidakpastian yang bersumber dari efek sistematis.

Diandaikan bahwa ketidakpastian pengukuran pada rentang i mempunyai sumber ketidakpastian dari pengaruh acak dan sistematis sebagai berikut:

$$u^2(\delta l_i) = u^2(x_{s1.i}) + u^2(x_{s2.i}) + u^2(x_{r1.i}) + u^2(x_{r2.i}) \quad (2)$$

dengan $u(x_{sj})$ = ketidakpastian dari efek sistematis dan $u(x_{rj})$ = ketidakpastian dari efek acak.

Bibliografi

JIS B 7512:2018, *Steel Tape Measures*.

JCGM 100:2008, *Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement*.

EA-4/02 M:2013, *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration*.



Diterbitkan oleh :

LABORATORIUM STANDAR NASIONAL SATUAN UKURAN BSN

Kompleks Puspiptek, Gedung 420, Setu,
Tangerang Selatan 15314 - Banten Indonesia

Telp. 021- 7560533, 7560534, 7560571

Fax. 021-7560568, 7560064

www.bsn.go.id