

PENENTUAN NILAI ACUAN UJI BANDING LABORATORIUM KALIBRASI PADA STUDI KASUS *DIAL GAUGE*

DETERMINING REFERENCE VALUE IN CALIBRATION LABORATORY COMPARISON IN CASE STUDY OF DIAL GAUGE

Asep Ridwan Nugraha¹ dan Nurul Alfiyati¹

¹Pusat Penelitian Metrologi LIPI, Kompleks Puspiptek Gedung 420, Setu, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15314

Email: asep.ridwan.nugraha@lipi.go.id

ABSTRAK

Penentuan nilai acuan adalah langkah yang paling penting dalam menganalisis hasil uji banding laboratorium kalibrasi. Tingkat kesetaraan standar pengukuran ditentukan oleh kesetaraan nilai ukur dengan nilai acuan yang diperoleh dari *pilot* sebagai laboratorium acuan atau data perbandingan hasil uji banding laboratorium kalibrasi. Akibatnya, nilai acuan dan ketidakpastian pengukurannya sangat penting untuk dianalisis. Namun, tidak ada metode yang baku untuk menentukan nilai acuan sehingga ada beberapa metode yang dapat digunakan. Makalah ini melaporkan bagaimana menentukan nilai acuan dalam uji banding laboratorium kalibrasi pada studi kasus *dial gauge*. Pengukuran dilakukan tiga kali, pertama ketika uji banding dimulai, kedua di tengah uji banding, dan ketiga ketika uji banding selesai. Kegiatan ini dilakukan di Laboratorium Metrologi Panjang P2M LIPI dengan menggunakan *dial gauge tester* sebagai standar dan *dial gauge* sebagai artefak. Hasil penelitian menunjukkan penyimpangan dengan *drift* pengukuran sebesar 0,002 mm.

Kata kunci: *dial gauge*, ketidakpastian pengukuran, nilai acuan, UBLK, uji banding

ABSTRACT

Determination of reference value is the most important step in analyzing the calibration laboratory comparison result. The equivalence degree of measurement standard is determined by the equality value with a reference value obtained from pilot as a reference laboratory or the comparison data. Consequently, the reference value and its associated uncertainty are essential for the analysis of comparisons. However, there is no standard method for determining the reference value, so several methods are in use. This paper reports the way to determine reference value in calibration laboratory comparison in case study of dial gauge. The measurements were performed three times, first when the test is started, second in the middle of process, and third when it is completed. It was carried out at Length Metrology Laboratory RCM LIPI by using dial gauge tester as standard and dial gauge as artifact. The results showed drift of measurement is 0.002 mm.

Keywords: *dial gauge, uncertainty measurement, reference value, UBLK, proficiency testing*

1. PENDAHULUAN

Dalam berbagai konteks ilmu pengetahuan, teknologi, dan manufaktur (seperti mesin, fabrikasi, dan manufaktur), kualitas mutu harus dipertahankan sesuai dengan kualifikasi yang telah ditetapkan. Proses pengendalian mutu dapat dilakukan pada tahap perancangan, pemilihan bahan, proses produksi sampai produk tersebut siap dipasarkan. Untuk keperluan itu, diperlukan suatu perangkat ukur yang mampu mengukur besaran dimensional secara cepat, tepat, dan akurat. Pada umumnya, para praktisi industri menggunakan mikrometer, jangka sorong, dan *dial gauge* untuk proses inspeksi

kualitas mutu suatu produk. Untuk menjamin kebenarannya, perangkat inspeksi ini perlu mendapatkan prioritas dalam pemeliharannya. Di samping kemahiran yang baik dalam mengoperasikan alat, proses pemeliharaan dapat dilakukan dengan cara menjaga kondisi ruang agar senantiasa memenuhi persyaratan dan secara rutin melakukan kalibrasi untuk menjamin ketertelusurannya (Cox & Harris, 2006). Selain itu, kompetensi laboratorium kalibrasi dalam melakukan proses kalibrasi patut diperhatikan (Uzunovic, Basic, & Softic, 2013). Kompetensi suatu laboratorium kalibrasi dapat diakui secara nasional melalui sebuah kegiatan

yang bernama Uji Banding Antarlaboratorium Kalibrasi (UBLK).

Dalam beberapa tahun terakhir, Komite Akreditasi Nasional (KAN) telah menyelenggarakan UBLK pada berbagai lingkup kalibrasi, salah satunya pada lingkup metrologi panjang adalah UBLK *dial gauge*. Pada tahun 2015, jumlah peserta dari laboratorium kalibrasi yang mengikuti UBLK *dial gauge* ini sebanyak 22 peserta, tersebar di Pulau Jawa dan Sumatra. Untuk menjamin validitas hasil uji banding, KAN meminta Pusat Penelitian Metrologi LIPI (P2M-LIPI) menjadi penyedia nilai acuan uji banding. Validasi nilai peserta uji banding terhadap nilai acuan sangat penting dilakukan sehingga diperlukan suatu metode penentuan nilai acuan uji banding yang tepat. Dalam uji banding internasional (*Inter Laboratory Comparison*, ILC), penentuan nilai acuan uji banding biasanya dilakukan dengan beberapa cara pendekatan statistik, yaitu dengan rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), dan rata-rata terbobot (*weighted mean*) (Chunovkina, 2003; Cox, 2002, 2007). Oleh karena itu, makalah ini membahas suatu proses penentuan nilai acuan UBLK pada studi kasus *dial gauge* dengan menggunakan metode rata-rata dari pengukuran yang dilakukan oleh laboratorium penyedia nilai acuan dengan tujuan laboratorium kalibrasi dapat menerapkan proses pengukuran yang sama untuk menentukan nilai penyimpangan *dial gauge* dan ketidakpastian pengukuran yang baik di laboratoriumnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

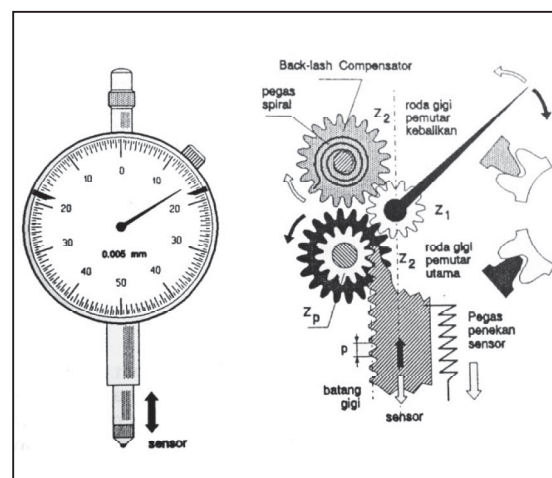
2.1 Dial Gauge

Dial gauge merupakan alat ukur yang biasa digunakan dalam proses pengukuran pergerakan suatu komponen (*backlash*, *endplay*) dan pengukuran kerataannya (*round out*). Selain itu, *dial gauge* juga digunakan untuk secara akurat mengukur dan menentukan kualitas suatu benda, misalnya perbedaan ketinggian antara dua permukaan datar, konsentrisitas dari dua silinder, dan penyimpangan fisik permukaan

benda. *Dial gauge* merupakan alat yang tidak dapat berdiri sendiri, artinya alat tersebut harus dipasangkan pada suatu alat bantu yang disebut *magnetic base* sebagai pemegang *dial gauge* dan berfungsi mengatur posisi dari *dial gauge* (tinggi rendah dan kemiringan) pada tempat atau permukaan benda yang diukur.

Prinsip kerja dari *dial gauge* dapat dilihat pada Gambar 1. Sensor pada *spindle* akan bergerak secara translasi sepanjang satu *pits* batang gigi (*rack*) akan memutar roda gigi pasangannya (*pinion*) sebesar $1/z_p$ putaran (z_p , jumlah gigi *pinion*). Putaran *pinion* diteruskan menjadi putaran jarum penunjuk melalui setiap pasangan roda gigi antara roda gigi utama dengan jarum penunjuk. Pegas spiral sebagai *backlash compensator* digunakan untuk mengompensasi nilai *backlash* (Rochim, 2011).

Pada proses pengukuran *dial gauge*, ada beberapa istilah yang sering digunakan, seperti *instrumental error*, *adjacent error*, dan *retrace error*. *Instrumental error* (selanjutnya disebut kesalahan penunjukan) adalah nilai penyimpangan alat pada suatu titik yang diperoleh dengan cara membandingkan nilai penunjukan *dial gauge* terhadap standar acuan. Pengukuran kesalahan penunjukan dilakukan pada dua arah, yaitu arah naik dan arah turun. Nilai kesalahan penunjukan dihitung dengan persamaan (1).



Sumber: Rochim (2011)

Gambar 1. Prinsip Kerja *Dial Gauge*

di mana:

$$E = R - S \dots\dots\dots (1)$$

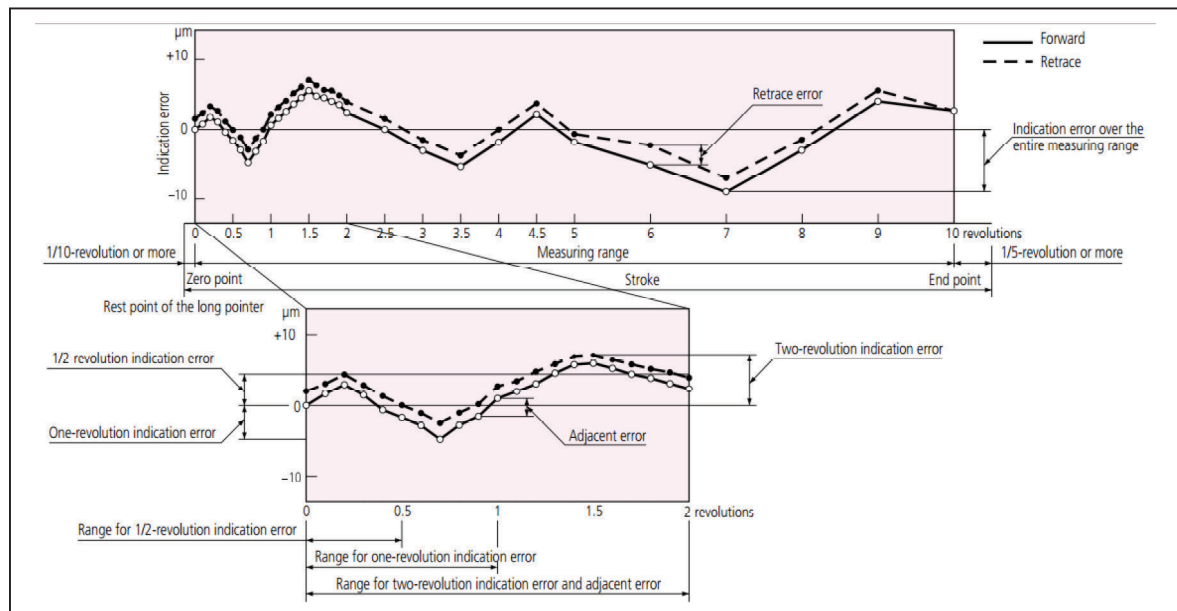
E = kesalahan penunjukan (mm)

R = penunjukan atau pembacaan alat (mm)

S = penunjukan atau pembacaan standar (mm)

Adjacent error (selanjutnya disebut kesalahan beruntun) adalah selisih penunjukan

terbesar antara dua titik yang berjarak 1/10 putaran pada rentang pengukuran nol hingga dua putaran. Nilai kesalahan beruntun dapat disebut juga sebagai nilai akurasi dari *dial gauge*. Selain dua istilah di atas, ada satu istilah lain yang sering digunakan, yaitu *retrace error* (selanjutnya disebut kesalahan histeresis). Kesalahan histeresis adalah selisih penunjukan antara titik yang sama dalam arah



Sumber: Mitutoyo (2012)

Gambar 2. Ilustrasi Perhitungan Kesalahan Penunjukan, Kesalahan Beruntun, dan Kesalahan Histeresis

Tabel 1. Maksimum penyimpangan yang diizinkan menurut JIS B 7503:1997. Skala dalam unit μm.

	Rentang ukur dan interval skala					
	0,01 mm	0,002 mm	0,001 mm			
Rentang pengukuran	10 mm max.	2 mm max.	di atas 2 mm dan kurang dari 10 mm	1 mm max.	di atas 1 mm dan kurang dari 2 mm	di atas 2 mm dan kurang dari 5 mm
Histerisis (<i>retrace error</i>)	5	3	4	3	3	4
Repeatability	5	0,5	1	0,5	0,5	1
Kesalahan penunjukan	1/10 putaran (°)	8	4	5	2,5	4
	1/2 putaran	± 9	± 5	± 6	± 3	± 5
	1 putaran	± 10	± 6	± 7	± 4	± 6
	2 putaran	± 15	± 6	± 8	± 4	± 6
	seluruh rentang ukur	± 15	± 7	± 12	± 5	± 7

(°) = adjacent error

Nilai di dalam tabel adalah pada 20°C

Sumber: JIS (1997)

yang berlawanan. Kesalahan histeresis ini timbul akibat adanya *backlash* (keterlambatan gerak balik) pada saat pembalikan arah putaran karena adanya celah di antara permukaan roda gigi (JIS, 1997). Kesalahan hysteresis dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$E_r = E_{in} - E_{out} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

E_r = kesalahan histeresis (mm)

E_{in} = kesalahan penunjukan pada arah naik (mm)

E_{out} = kesalahan penunjukan pada arah turun (mm)

Ilustrasi perhitungan kesalahan penunjukan, kesalahan beruntun, dan kesalahan histeresis dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan JIS B 7503:1997, penyimpangan yang diijinkan untuk *dial gauge* adalah seperti tertera dalam Tabel 1.

2.2 Evaluasi Ketidakpastian

Acuan utama dalam mengevaluasi ketidakpastian pengukuran adalah JCGM:100:2008 yang dituangkan dalam *Evaluation of Measurement Data: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (JCGM, 2008). Model matematis pada pengukuran *dial gauge* adalah sebagai berikut.

Di mana:

$$E = I_s - I_x + \delta I_d + \delta I_{is} - \delta I_{ix} + I_0 \cdot (\theta_s \cdot \delta \alpha + \alpha_s \cdot \delta \theta) - \delta I_g \dots\dots\dots (3)$$

E = koreksi nilai *dial gauge*

I_s = pembacaan nilai standar acuan

I_x = pembacaan nilai pada *dial gauge* yang diukur

δI_d = stabilitas standar acuan

δI_{is} = daya baca standar acuan

δI_{ix} = daya baca *dial gauge*

I_0 = panjang pembacaan nominal

$\delta \alpha$ = perbedaan koefisien muai termal standar acuan dan UUT

$\delta \theta$ = Perbedaan temperatur dari 20°C

δI_g = kesalahan geometris (kesalahan *abbe*, *airy point*, *Bessel point*, dan lain-lain)

Berdasarkan model matematis pada persamaan 3, ada beberapa komponen yang berkontribusi pada nilai ketidakpastian untuk menentukan nilai koreksi *dial gauge* yang dapat direpresentasikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} u_c^2(E) = & u^2(I_s) + u^2(I_x) + u^2(\delta I_d) + u^2(\delta I_{is}) \\ & + u^2(\delta I_{ix}) + u^2(I_0 \cdot \theta_s \cdot \delta \alpha) \\ & + u^2(I_0 \cdot \alpha_s \cdot \delta \theta) + u^2(\delta I_g) \dots\dots (4) \end{aligned}$$

di mana:

$u_c^2(E)$ = ketidakpastian gabungan dari seluruh kontribusi ketidakpastian

c_1, c_2, c_3 = koefisien sensitifitas untuk setiap kontribusi ketidakpastian,

$$\text{contoh: } c_1 = \frac{\delta E}{\delta I_s}, c_2 = \frac{\delta E}{\delta I_x}, \text{ dst}$$

$u(I_s)$ = ketidakpastian dari sertifikat standar acuan

$u(I_x)$ = ketidakpastian dari pengukuran berulang

$u(I_s)$ = ketidakpastian dari *drift* standar

$u(\delta I_d)$ = ketidakpastian dari daya baca standar acuan

$u(\delta I_{is})$ = ketidakpastian dari daya baca *dial gauge*

$u(\delta \alpha)$ = ketidakpastian dari perbedaan koefisien muai panjang

$u(\delta \theta)$ = ketidakpastian dari perbedaan temperatur

$u(\delta I_g)$ = ketidakpastian dari kesalahan geometri

Dari komponen ketidakpastian di atas, dapat dihitung besarnya nilai ketidakpastian pengukuran *dial gauge*.

3. METODE PENELITIAN

Dalam kegiatan uji banding ini, KAN menyediakan artefak uji banding dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

- 1) Nama alat : Dial gauge
- 2) Divisi skala terecil : 0,01 mm
- 3) Rentang ukur : 0–10 mm
- 4) Pembuat : Mitutoyo
- 5) Model : 2046S
- 6) No. Seri : UPW013



Gambar 3. Artefak yang Digunakan pada UBLK *Dial Gauge*.

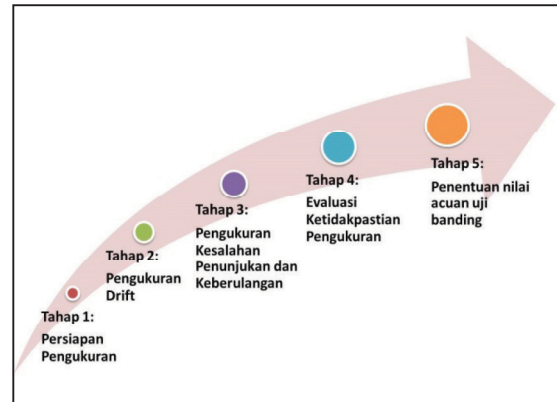
Untuk mengukur kesalahan penunjukan dan kesalahan histeresis diperlukan standar kalibrasi berupa *micrometer head* atau *dial calibration tester* atau alat sejenis yang dapat mengukur dua arah. Dalam hal ini, P2M-LIPI menggunakan standar kalibrasi dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

- 1) Nama alat : Dial gauge tester
- 2) Divisi skala tercil : 0,001 mm
- 3) Rentang ukur : 0–25 mm
- 4) Pembuat : Mitutoyo
- 5) Model : 170-102M-2
- 6) No. Seri : 710032

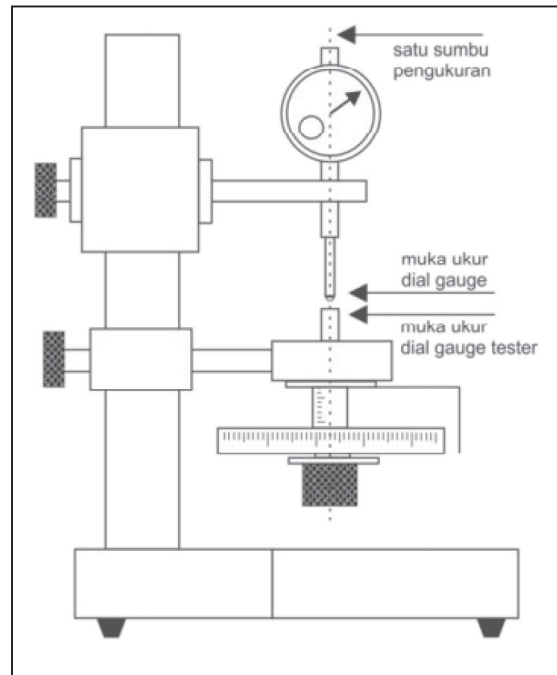
Secara umum, untuk menentukan nilai acuan dalam uji banding ini, metode pengukuran dilakukan dalam empat tahap yang ditunjukkan pada Gambar 4.

3.1 Tahap 1: Persiapan Pengukuran

Pada tahap pertama ini, sebelum melakukan pengukuran untuk mencari kesalahan penunjukan *dial gauge*, dilakukan pembersihan muka ukur pada *dial gauge* dan *dial gauge tester* dengan



Gambar 4. Tahapan Penentuan Nilai Acuan Uji Banding



Gambar 5. Setup pengukuran yang digunakan pada UBLK *dial gauge*

menggunakan alkohol (tingkat kemurnian 96%) dan kain majun atau *chamois*. Kemudian, tunggu 30 menit agar tercapai keseimbangan termal antara *dial gauge* dan *dial gauge tester*. Setelah itu, atur kedudukan *dial gauge* pada *holder dial gauge tester* sehingga ujung *plunger dial gauge* tegak lurus dengan muka ukur *dial gauge tester* dan satu sumbu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan pada protokol teknis uji banding, telah ditentukan titik ukur yang akan diuji seperti pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Titik Ukur Uji Banding

Posisi Nominal	
0,2 mm	4,0 mm
0,6 mm	5,0 mm
1,4 mm	6,0 mm
3,0 mm	7,0 mm
3,5 mm	10,0 mm

3.2 Tahap 2: Pengukuran *Drift*

Pengukuran *drift* adalah suatu pengukuran yang bertujuan untuk mencari pergeseran nilai koreksi (atau nilai penyimpangan) pada suatu titik dari waktu ke waktu karena perubahan sifat metrologi alat ukur (JCGM, 2012). Pada tahap kedua ini, P2M-LIPI mengukur *dial gauge* sebanyak tiga kali pada kurun waktu yang berbeda, yaitu

- 1) pengukuran pertama, sebelum artefak uji banding ini diedarkan.
- 2) pengukuran kedua, pertengahan *loop* ketika artefak uji banding diedarkan.
- 3) pengukuran ketiga, setelah uji banding *dial gauge* ini selesai.

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui *drift* standar yang diakibatkan karena proses pengiriman artefak. Selain itu, proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada perubahan signifikan pada nilai kesalahan pengukuran *dial gauge* dari awal uji banding sampai selesai. Pengukuran *drift* dilakukan pada seluruh titik pengukuran, baik arah naik maupun arah turun.

3.3 Tahap 3: Pengukuran Kesalahan Penunjukan dan Keberulangan

Pada tahap ketiga ini, pengukuran kesalahan penunjukan *dial gauge* dilakukan pada dua arah, yaitu arah naik dan arah turun, masing-masing sebanyak tiga kali pengulangan. Pengukuran keberulangan dilakukan sebanyak sepuluh kali pengulangan pada satu titik yang sama (JIS, 1997). Semua pengukuran diambil di Laboratorium Metrologi Panjang P2M-LIPI pada suhu $(20 \pm 0,3)^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $(55 \pm 10)\%$.

3.4 Tahap 4: Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran

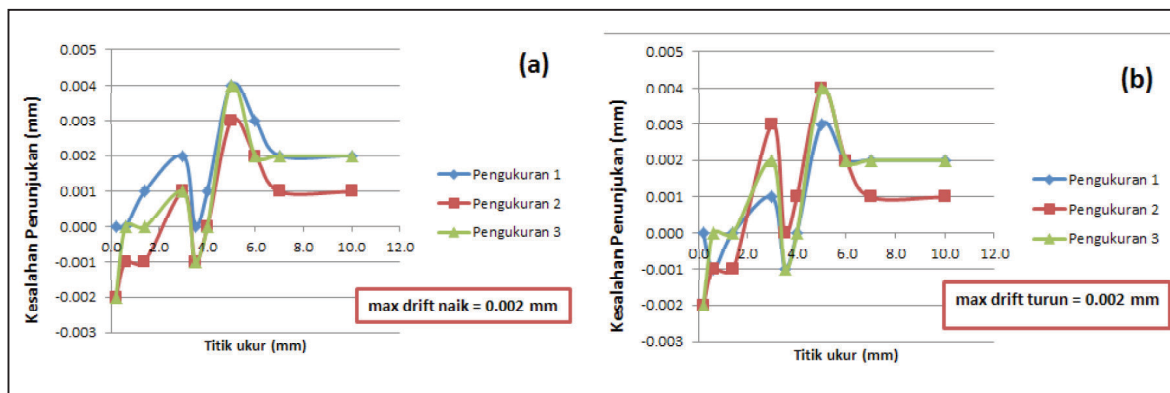
Pada tahap keempat ini, analisis ketidakpastian pengukuran dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) dan (4). Setiap komponen yang berkontribusi pada nilai ketidakpastian telah dijelaskan pada poin 2.2.

3.5 Penentuan Nilai Acuan Uji Banding

Nilai acuan uji banding diperoleh dengan mengambil rerata ketiga nilai pengukuran untuk setiap kondisi naik dan turun, sedangkan nilai ketidakpastian pengukuran acuan diperoleh dengan persamaan (5) (Salgado & Alfiyati, 2015).

$$u_{acuan} = \sqrt{u_c^2 + u_{drift}^2} \text{ dengan } u_{drift} = \frac{drift_{max}}{\sqrt{3}}$$

$$\text{maka, } U_{acuan} = 2 \times u_{acuan} \dots \dots \dots (5)$$

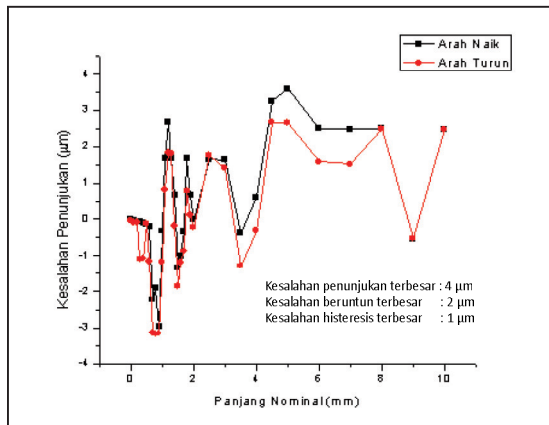


Gambar 6. (a) Grafik Pengukuran *Drift* pada Arah Naik, (b) Grafik Pengukuran *Drift* pada Arah Turun

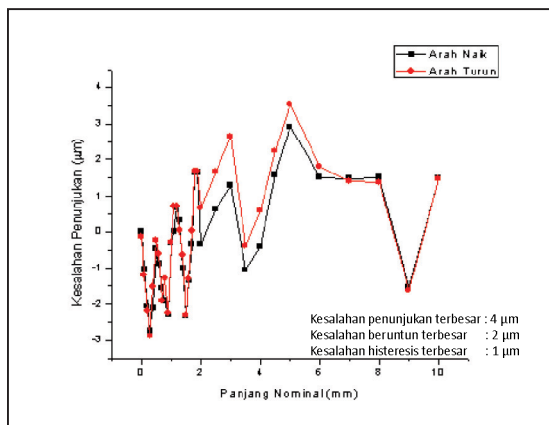
4. HASIL PEMBAHASAN

4. Pengukuran *Drift*

Perhitungan *drift* pengukuran dilakukan dengan cara mencari selisih kesalahan penunjukan terbesar dikurangi dengan kesalahan penunjukan terkecil. Hasil menunjukkan bahwa maksimum nilai *drift* pengukuran pada arah naik maupun turun adalah 0,002 mm. Nilai *drift* ini akan berkontribusi pada nilai ketidakpastian pengukuran acuan seperti pada persamaan (5), yaitu sebesar $u_d = \frac{0,002}{\sqrt{3}} = 0,0012 \text{ mm}$. Jika nilai u_d dibandingkan dengan u_{acuan} , maka kontribusi nilai u_d sangat kecil sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan pada nilai kesalahan penunjukan *dial gauge*. Oleh karena itu, nilai ini dapat dijadikan gambaran bahwa tidak ada kerusakan pada *dial gauge* akibat pengiriman artefak sehingga pengukuran yang dilakukan oleh semua peserta uji banding dapat divalidasi.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Pengukuran Arah Naik dan Turun pada Pengukuran Pertama

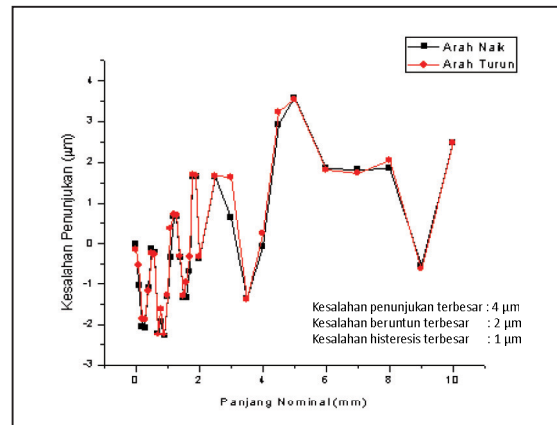


Gambar 9. Perbandingan Hasil Pengukuran Arah Naik dan Turun pada Pengukuran Ketiga

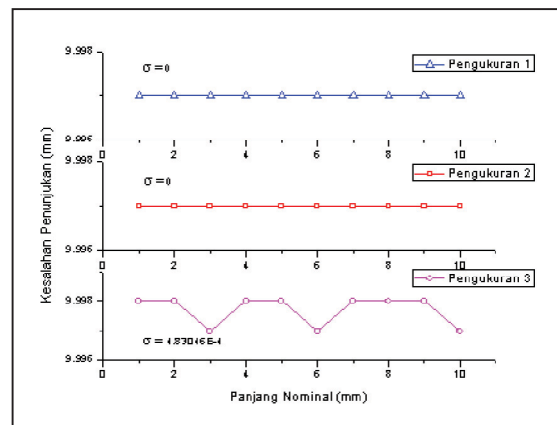
4.2 Pengukuran Kesalahan Penunjukan dan Keberulangan

Berdasarkan grafik di atas, ketiga pengukuran mempunyai nilai yang saling berdekatan. Secara matematis, kesalahan penunjukan, kesalahan beruntun, dan kesalahan histeresis pada pengukuran di atas masih dibawah nilai *measuring permissible error* (MPE) menurut JIS B 7503:1997, yaitu 15 µm, 8 µm, dan 5 µm (JIS, 1997).

Pengukuran keberulangan dilakukan pada titik 10 mm sebanyak sepuluh kali pengukuran. Pada pengukuran pertama dan kedua, nilai standar deviasi untuk pengukuran ini adalah nol karena penunjukan nilai standar pada titik ini menunjukkan nilai yang sama. Akan tetapi, pada pengukuran ketiga, penunjukan nilai standar pada titik ini bervariasi sehingga nilai standar deviasinya sebesar 0,00048 mm. Nilai standar deviasi akan berkontribusi pada nilai ketidakpastian pengukuran.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Pengukuran Arah Naik dan Turun pada Pengukuran Kedua



Gambar 10. Perbandingan Hasil Pengukuran Keberulangan pada Setiap Pengukuran

Tabel 3. *Budget* Ketidakpastian Pengukuran

Sumber ketidakpastian	Satuan	Distribusi	Simbol	Ketidakpastian standar	Koef. Sensitivitas
Sertifikat <i>dial gauge</i> tester	μm	Normal	$u(l_s)$	0,65	1
Keberulangan	μm	Tipe A	$u(l_x)$	0,48	1
<i>drift dial gauge</i> tester	μm	Rectangular	$u(l_d)$	0	1
Daya baca <i>dial gauge</i> tester	μm	Rectangular	$u(l_{is})$	0,5	1
Daya baca <i>dial gauge</i>	μm	Rectangular	$u(l_{id})$	3,333	1
Koef. termal	μm	Rectangular	$u(\delta_\alpha)$	2e-5	$l_o \theta_s$
Perbedaan temp.	μm	Rectangular	$u(\delta_\theta)$	0,2	$l_o \alpha_s$
Geometri	μm	Rectangular	$u(l_g)$	1,50	1
Ketidakpastian gabungan, u_c dan derajat kebebasan (μm)					2,2
Ketidakpastian bentangan untuk $k=2$ (μm)					4,4

Selisih maksimum pada pengukuran keberulangan terbesar 1 μm . Nilai tersebut masih di bawah nilai MPE yangizinkan menurut JIS B 7503, yaitu sebesar 5 μm (JIS, 1997).

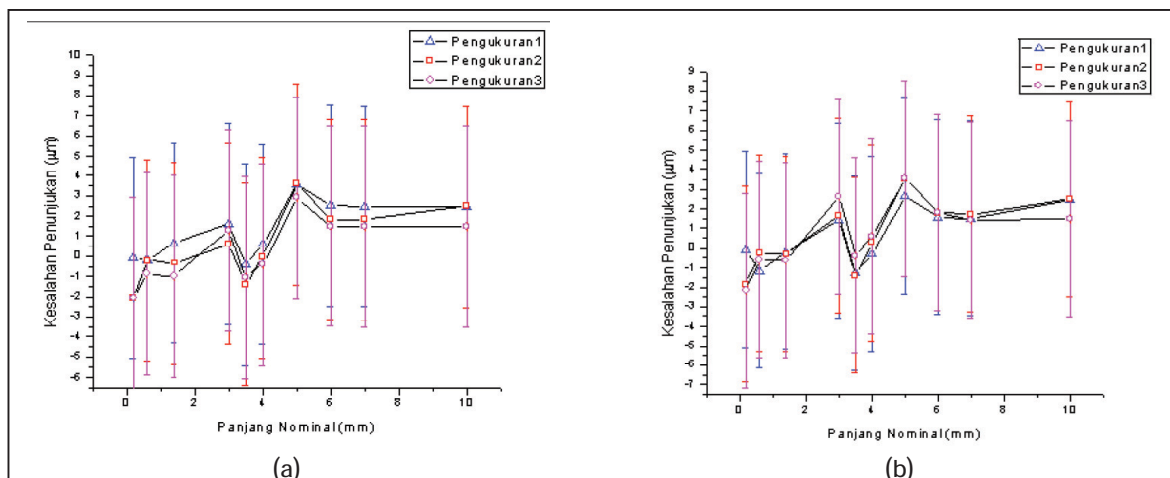
4.3 Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran

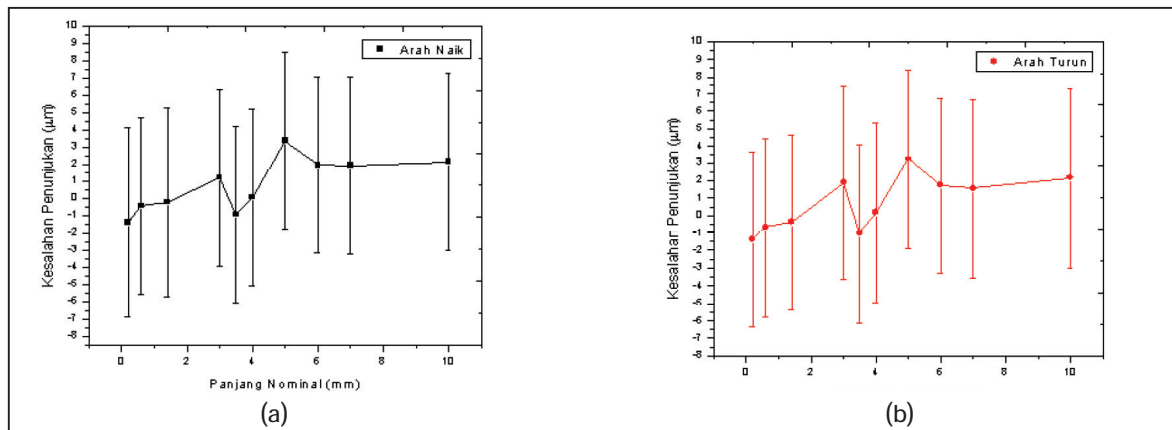
Berdasarkan persamaan (4), ada delapan komponen utama yang berkontribusi besar pada nilai ketidakpastian pengukuran. Komponen ketidakpastian pembacaan *dial gauge* mempunyai kontribusi yang paling besar terhadap nilai ketidakpastian bentangan. Pembacaan *dial gauge* diperoleh seperti halnya *targeting error*, yaitu dengan memperkirakan seberapa besar ketidaktepatan jarum penunjuk *dial gauge* terhadap titik ukurnya. Dalam hal ini,

estimasi *targeting error* adalah 1/3 dari resolusi *dial gauge*. Analisis komponen ketidakpastian pengukuran untuk pengukuran *dial gauge* lebih lengkap ditunjukkan pada Tabel 3.

4.4 Penentuan Nilai Acuan Uji Banding

Berdasarkan protokol teknis uji banding pada Tabel 2, nominal yang digunakan pada uji banding ini ada sepuluh titik, di mana setiap titik mewakili kesalahan penunjukan pada rentang ukur (Tabel 1). Nilai acuan uji banding ini didapat dengan mencari nilai rata-rata ketiga nilai kesalahan penunjukan, baik pada arah naik maupun arah turun, dan nilai ketidakpastian pengukuran diambil dari nilai ketidakpastian terbesar. Ilustrasi nilai acuan uji banding dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

**Gambar 11.** Perbandingan Rata-rata Hasil Pengukuran pada Arah (a) Naik dan (b) Turun



Gambar 12. Grafik Nilai Acuan Uji Banding *Dial Gauge* pada Arah (a) Naik dan (b) Turun

Tabel 4. Nilai Acuan Uji Banding Laboratorium Kalibrasi

Titik Ukur (mm)	Rerata Naik (mm)	Rerata Turun (mm)	U _{acuan} (mm)
0,2	-0,001	-0,001	0,005
0,6	0,000	-0,001	0,005
1,4	0,000	0,000	0,005
3	0,001	0,002	0,006
3,5	-0,001	-0,001	0,005
4	0,001	0,000	0,005
5	0,004	0,004	0,005
6	0,002	0,002	0,005
7	0,005	0,002	0,005
10	0,002	0,002	0,005

Berdasarkan Gambar 12 dan Tabel 4, nilai tersebut yang dijadikan sebagai nilai acuan uji banding *dial gauge*. Kemudian, nilai itu dibandingkan dengan seluruh nilai peserta uji banding untuk menentukan kesetaraan hasil pengukuran antarpeserta. Berdasarkan evaluasi di atas, nilai ini sudah mewakili seluruh kondisi pengukuran para peserta uji banding.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemaparan di atas, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan. Pertama, artefak yang digunakan dalam uji banding ini dalam kondisi baik mulai dari awal uji banding sampai uji banding ini selesai dilaksanakan. Hal tersebut dapat dilihat dari *drift* pengukuran yang bernilai maksimum 2 µm, di mana nilai ini jauh dibawah MPE yang dipersyaratkan, yakni 15 µm, untuk keseluruhan rentang. Kedua,

penentuan nilai acuan lebih baik dilakukan dengan mencari nilai rata-rata pengukuran pertama hingga ketiga yang bertujuan untuk mengakomodir perubahan nilai yang terjadi ketika proses pengiriman artefak. Jika hanya menggunakan salah satu nilai pengukuran, nilai tersebut dianggap tidak *representative* terhadap seluruh proses pengukuran yang dilakukan oleh peserta karena telah terbukti terjadi pergeseran nilai artefak sebesar 0.002 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 6, 7, 8, dan 9.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P2M-LIPI yang telah menyediakan fasilitas dalam kegiatan ini dan kepada KAN yang telah menyelenggarakan UBLK *Dial Gauge* tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Chunovkina, A. G. (2003). Determining reference values and degrees of equivalence in key comparisons. *Measurement Techniques*, 46(4), 60–64.
- Cox, M. G. (2002). The evaluation of key comparison data. *Metrologia*, 39, 589.
- Cox, M. G. (2007). The evaluation of key comparison data : *Metrologia*, 44(3), 187–200. Diakses 20 September 2016 dari <http://doi.org/10.1088/0026-1394/44/3/005>
- Cox, M. G., & Harris, P. M. (2006). Measurement uncertainty and traceability. *Measurement Science and Technology*, 17(3), 553–540. Diakses 20 September 2016 dari <http://doi.org/10.1088/0957-0233/17/3/S13>
- JCGM. (2008). JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression

- of uncertainty in measurement.
- JCGM. (2012). JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). JCGM.
- JIS. (1997). JIS B7503:1997 Dial gauges.
- Mitutoyo. (2012). *Quick guide to precisoin measuring instruments*. Kawasaki-shi, Japan: Mitutoyo Corporation.
- Rochim, T. (2011). *Spesifikasi, metrologi & kontrol kualitas geometrik oleh taufiq rochim*. Bandung: Penerbit ITB.
- Salgado, J., & Alfiyati, N. (2015). EURAMET.L-K3.2009.1: Bilateral comparison on angle. *Metrologia*, 52(1A), 4011. Diakses 12 Oktober 2016 dari <http://stacks.iop.org/0026-1394/52/i=1A/a=04011>
- Uzunovic, N. Z., Basic, H., & Softic, A. (2013). Intercomparison as an excellent tool for testing laboratory methods and practice. Dalam *11th International Symposium on Measurement and Quality Control* (pp. 11–13). Cracow-Kielce, Poland.