

PENGUJIAN STANDAR VOLUME UJI PADA SNI 2547:2008 DAN PENGARUH VOLUME UJI DALAM PENGUJIAN METER AIR

Testing for Standard of Test Volume on SNI 2547:2008 and The Effect of Test Volume in The Testing of Water Meters

Bernadus H. Sirenden dan Jalu Ahmad Prakosa

Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (KIM) LIPI
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Banten 15314, Indonesia
e-mail: ben@kim.lipi.go.id; jaluahmad@gmail.com

Diterima: 29 Februari 2012, Direvisi: 30 Oktober 2012, Disetujui: 5 November 2012

Abstrak

Pada pengujian kinerja meter air sesuai SNI 2547:2008 dan OIML R 49-1: 2006 (E) terdapat peraturan mengenai volume uji. Telah dilakukan pengujian volume uji meter air yang memiliki debit nominal (Q_3) = 1,5 m³/h pada variasi volume uji yaitu sebesar 10, 20, 40, 70 dan 80 liter dengan menggunakan standar acuan laju aliran air *piston prover* OT-400 yang dimiliki Puslit KIM LIPI. Dari hasil pengujian didapat bahwa 40 liter merupakan volume uji terbaik untuk meter air berdebit nominal (Q_3) 1,5 m³/h dengan kesalahan dan ketidakpastian terkecil yang memenuhi SNI 2547:2008. Volume uji sangat berpengaruh terhadap kesalahan dan ketidakpastian pengukuran oleh meter air yaitu perbandingan ketidakpastian terhadap rata-rata kesalahan melebihi $\pm 100\%$ untuk semua variasi volume uji sehingga direkomendasikan penetapan volume uji secara tetap seragam pada pengujian kinerja meter air terutama dalam Uji Banding Laboratorium Kalibrasi (UBLK) meter air.

Kata kunci: volume uji, meter air, Standar Nasional Indonesia (SNI)

Abstract

In the performance testing of water meters according to SNI 2547:2008 and OIML R 49-1: 2006 (E) there are regulations about the test volume. The testing of test volume has been performed on water meter that has a permanent flow rate (Q_3) = 1.5 m³ / h in the variation of the test volume at 10, 20, 40, 70 and 80 liters using water flow rate reference standard, piston prover OT-400 that owned by Puslit KIM LIPI. From the test results obtained that 40 liters is the best test volume for water meter with permanent flow rate (Q_3) = 1.5 m³ / h that have the smallest error and uncertainty that meet SNI 2547:2008. Test volume has significant influence to the error and the uncertainty measurement of water meter where the ratio of the water meter uncertainty of the average error is exceeded $\pm 100\%$ for all the variations of test volume so that the recommended test volume setting should be equal and uniform in the performance testing of water meters, especially on Comparison Test of Calibration Laboratory (UBLK) of water meter.

Keywords: test volume, water meter, National Indonesian Standard (SNI)

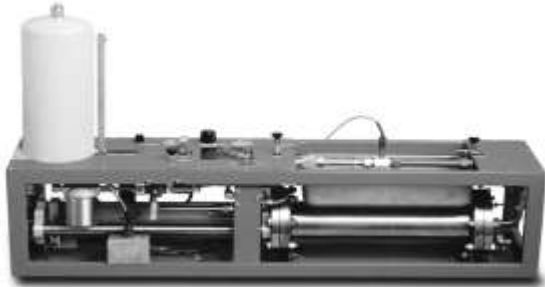
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai SNI 2547:2008 "Spesifikasi meter air minum" yang mengadopsi ISO 4064-1 2005 "Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold water and hot water -- Part 1: Specifications" pada sub pasal 6.7.5.5.1 Pengujian kinerja > Umum > a) volume uji dan juga OIML R 49-1: 2006 (E) "Water meters intended for the metering of cold water and hot water - Part 1: Metrological and technical requirements" pada sub pasal A.6 Performance tests > 1) Test

volumes disebutkan dalam pengujian kinerja meter air terdapat pengujian volume uji. Dijelaskan bahwa nilai volume uji tersebut sesuai dengan volume yang dialirkan dalam satu menit pada saat debit maksimum (Q_4) dimana pengujian tersebut harus dilaksanakan dalam waktu tersingkat dengan mempertimbangkan secara seksama ketidakpastian pengukurannya. Terdapat kalibrator *piston prover* OT-400 di Puslit KIM LIPI yang berfungsi untuk mengkalibrasi alat ukur laju aliran air atau *water flowmeter* dalam rentang ukur 4 liter/menit sampai 1300 liter/menit dengan ketidakpastian 0,12% yang telah melalui proses akreditasi *peer review* oleh Komite Akreditasi Nasional pada

tanggal 7 - 8 November 2011. Standar acuan laju aliran air *piston prover* OT-400 ini dapat digunakan untuk menguji standar volume uji meter air sesuai SNI 2547:2008.



Gambar 1 *Piston Prover* OT-400

1.2 Tujuan

Tujuan pengujian standar volume uji adalah untuk mengetahui pengaruh volume uji dalam pengujian kinerja meter air. Dengan mengetahui seberapa besar pengaruh volume uji pada pengujian kinerja meter air maka penetapan volume uji secara tetap seragam atau pun berbeda-beda pada pengujian meter air terutama dalam Uji Banding Laboratorium Kalibrasi (UBLK) meter air dapat direkomendasikan. Standar volume uji meter air sesuai SNI 2547:2008 "Spesifikasi meter air minum" pun dapat diuji kesesiapannya dengan situasi dan kondisi meter air yang terdapat di Indonesia dengan menguji sampel acak dari mater air konsumen Puslit KIM LIPI.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebuah meter air adalah alat yang digunakan untuk mengukur volume air. Di banyak negara, meter air digunakan pada setiap bangunan perumahan dan komersial dalam sistem penyediaan air minum maupun air bersih pada masyarakat. Meter air umumnya mengukur dan menampilkan volume dalam satuan kaki kubik (ft³), meter kubik (m³) atau galon pada sebuah jenis sistem mekanik atau elektronik. Ada dua metode utama pengukuran aliran yang digunakan dalam meter air sistem mekanik yaitu perpindahan dan kecepatan. Desain berdasarkan perpindahan umumnya meliputi piston berosilasi dan meter disk yang bergerak. Desain berdasarkan kecepatan meliputi *single-jet water meter*, *multi-jet water meter* dan meter air turbin. Ada juga desain non-mekanis seperti meter air elektromagnetik dan meter air ultrasonik. (Wikipedia, 2012).

Microtrack/Omnitrack OT-400 adalah sebuah sistem yang berfungsi mengkalibrasi

flowmeter (flowmeter calibrator). Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip *positive displacement*, dimana sejumlah volume cairan yang terletak di dalam silinder, akan dipindahkan oleh sebuah piston. Untuk menggerakkan piston, maka digunakan udara bertekanan dari kompresor. Perpindahan piston tersebut berkorelasi dengan volume yang telah berpindah. Oleh karena itu, sistem ini juga dinamakan *piston prover*. Kalibrator *piston prover* OT-400 yang berkapasitas volume sekitar 90 liter ini dapat mengkalibrasi alat ukur laju aliran air atau *water flowmeter* dalam rentang ukur 4 liter/menit sampai 1300 liter/menit dengan ketidaktelitian 0,12% yang telah melalui proses akreditasi *peer review* oleh Komite Akreditasi Nasional pada tanggal 7 - 8 November 2011.

Untuk mengukur perpindahan piston di dalam silinder, maka di tangkai piston diletakkan sebuah *linear encoder/translator* yang berfungsi mengukur posisi dan/atau kecepatan perpindahan piston. Sinyal pulsa *linear encoder* tersebut dikirim oleh sebuah perangkat elektronik ke sebuah kartu data akusisi yang berada di dalam komputer. Sedangkan laju aliran didefinisikan sebagai perbandingan antara volume dengan waktu dalam persamaan (1) di bawah ini :

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

dimana :

- Q = Laju aliran, liter/menit
- ΔV = Perubahan volume, liter
- Δt = Perubahan waktu, menit

Translator K atau K-Faktor adalah sebuah konstanta yang menghubungkan pulsa yang dihasilkan oleh *linear encoder/translator* dengan volume cairan yang berpindah. Penentuan Konstanta K-Faktor dilakukan dengan proses *water draw* untuk sejumlah pulsa tertentu yang dibaca dari *linear encoder*. Sehingga didapatkan sebuah konstanta yang menghubungkan antara pulsa yang dikeluarkan oleh *encoder* dengan volume cairan yang dipindahkan oleh piston. Pulsa berpadanan dengan volume, maka untuk mendapatkan volume dan nilai laju aliran maka digunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{N}{K - \text{Faktor}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{f \cdot 60}{K - \text{Faktor}} \quad (3)$$

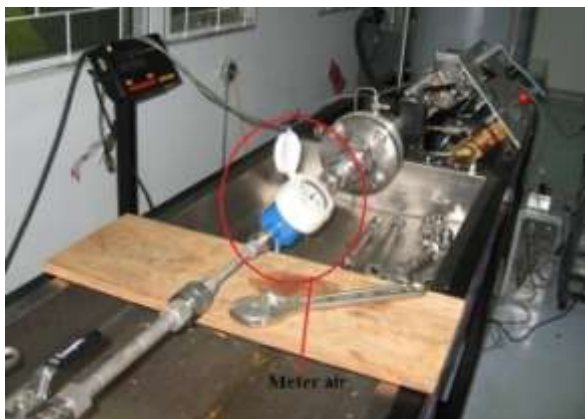
dimana:

f = Frekuensi encoder, pulsa/sekon atau Hz

K-Faktor = Konstanta K-Faktor sebesar 2638,08 pulsa/liter

N = Jumlah pulsa yang dihasilkan encoder, pulsa

(Flow Technology Incorporated, 2005)



Gambar 2 Pemipaan meter air pada piston prover OT-400

3. METODE PENELITIAN

Meter air yang diuji merupakan sampel acak dari konsumen yang menggunakan jasa kalibrasi meter air di Puslit KIM LIPI. Meter air akan diuji sesuai volume uji yang terdapat pada SNI 2547:2008 "Spesifikasi meter air minum" dan OIML R 49-1: 2006 (E) "Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water – Part 1: Metrological and technical requirements" yaitu:

"volume uji: beberapa kuantitas pengaruh harus mempunyai pengaruh konstan pada hasil pengukuran dan bukan pengaruh proporsional yang berkaitan dengan volume yang diukur. Nilai kesalahan yang penting dihubungkan dengan volume yang diukur; oleh karena itu, dalam order harus mampu untuk membandingkan hasil yang diperoleh dalam laboratorium berbeda, nilai ini diperlukan untuk melaksanakan suatu pengujian pada suatu volume yang sesuai dengan yang dialirkan dalam satu menit pada saat debit maksimum Q_4 . Beberapa pengujian, bagaimanapun, boleh dilakukan lebih dari satu menit, dalam hal mana pengujian tersebut harus dilaksanakan dalam waktu tersingkat dengan mempertimbangkan secara seksama ketidakpastian pengukuran tersebut." (SNI 2547:2008 sub pasal 6.7.5.5.1 Pengujian kinerja > Umum > a) volume uji)

"1) Test volumes

Some influence quantities should have a constant effect on measurement results and not a proportional effect related to the measured volume. The value of the significant fault is related to the measured volume; therefore, in order to be able to compare results obtained in different laboratories, it is necessary to perform a test on a volume corresponding to that delivered in one minute at the overload flowrate Q_4 . Some tests, however, may require more than one minute, in which case they shall be carried out in the shortest possible time taking into consideration the measurement uncertainty." (OIML R 49-1: 2006 (E) sub pasal A.6 Performance tests > 1) Test volumes)

Bila dituliskan dalam persamaan matematis adalah sebagai berikut :

$$V_{uji} = Q_4 * t_{uji}, t_{uji} \geq 1 \text{ menit}, U_{uji} \gg 0 \quad (4)$$

dimana :

V_{uji} = Volume uji

t_{uji} = Waktu pengujian

U_{uji} = Ketidakpastian pengujian

Untuk menentukan kesalahan/error merujuk SNI 2547:2008 pada sub pasal 5.2.2 Kesalahan maksimum yang diijinkan > Kesalahan relatif (ϵ) yaitu sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{(V_i - V_a)}{V_a} . 100 \quad (5)$$

$$\epsilon_{\max} = \epsilon + U_{uji} \quad (6)$$

$$\epsilon_{\min} = \epsilon - U_{uji} \quad (7)$$

dimana :

ϵ = kesalahan/error relatif (%)

V_i = Volume yang ditunjukkan meter air

V_a = Volume aktual yang melewati meter air

ϵ_{\max} = Maksimum kesalahan

ϵ_{\min} = Minimum kesalahan

Untuk evaluasi ketidakpastian pengukuran data tipe A dan B dihitung dengan perumusan merujuk standar perhitungan ISO/TAG 4 : 1993 – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement berikut ini :

$$u_i = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\sqrt{n}} \quad \text{(Tipe A) (8)}$$

$$v_i = n-1 \quad \text{(Tipe A) (9)}$$

$$u_i = \frac{a_i}{D} = \frac{1}{2} \cdot \frac{res}{\sqrt{3}} \quad \text{(Tipe B) (10)}$$

$$v_i = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{100}{R} \right)^2 \quad \text{(Tipe B) (11)}$$

$$u_c = \sqrt{\sum c_i^2 \cdot u_i^2} \quad (12)$$

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{c_i^4 \cdot u_i^4}{v_i}} \quad (13)$$

$$U_{ex} = k \cdot u_c \quad (14)$$

R = tingkat keraguan

ci = koefisien sensitivitas data ke-i

vi = derajat kebebasan data ke-i pengukuran

veff = derajat kebebasan efektif pengukuran

k = faktor cakupan sesuai faktor-t student

U_{ex} = Ketidakpastian terentang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan debit maksimal (Q₄) maka merujuk peraturan SNI 2547:2008 sub bab 5.1.3 Hubungan antara debit nominal Q₃ dan debit maksimum Q₄ yaitu sebagai berikut :

$$\frac{Q_4}{Q_3} = 1,25 \quad (15)$$

Digunakan meter air dengan debit nominal (Q₃) 1,5 m³/h, sehingga didapat debit maksimal (Q₄) = 1,875 m³/h. Sesuai perumusan (4), jika waktu pengujian(t_{uji}) sebesar 1 menit maka volume uji (V_{uji}) yang didapat sebesar 0,03125 m³ atau dibulatkan menjadi 31 liter. Perlu diuji volume di bawah dan di atas batas volume uji standar yaitu 31 liter, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kesalahan dan ketidakpastian relatif pengukuran oleh meter air tersebut dimana dilakukan variasi volume uji pada 10, 20, 40, 70 dan 80 liter.

dimana:

ui = ketidakpastian data ke-i pengukuran

uc = ketidakpastian gabungan pengukuran

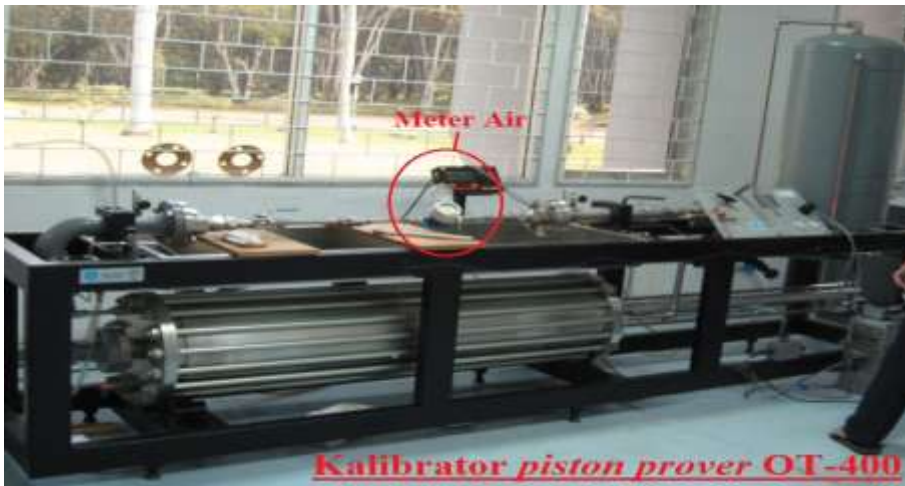
s = nilai simpangan baku atau standar deviasi

xi = nilai data ke-i

a = rentang paruh

res = resolusi alat ukur

D = distribusi/ sebaran



Gambar 3 Pengambilan data meter air di laboratorium aliran Puslit KIM LIPI

Pengukuran dilakukan dengan enam kali pengulangan pengambilan data. Berikut ini hasil pengukuran kesalahan dan ketidakpastian relatif sampel acak meter air dari konsumen dengan

variasi volume uji menggunakan standar acuan laju aliran air piston prover OT-400 di laboratorium aliran Puslit KIM LIPI.

Tabel 1 Nilai kesalahan dan ketidakpastian volume uji 10 liter

V_{uji} 10 liter Debit air (m3/h)	Rerata error (ε)	Ketidakpastian (U_{uji})	ε (liter)	U_{uji} (liter)	Max error ε_{max} (liter)	Min error ε_{min} (liter)
(Q ₁) 0,15	0,59%	0,36%	0,0586	0,0356	0,0942	0,0230
(Q ₂) 0,22	0,21%	0,98%	0,0208	0,0980	0,1187	-0,0772
(Q ₃) 1,5	-0,41%	0,22%	-0,0411	0,0224	-0,0187	-0,0635
(Q ₄) 3,0	-0,78%	0,21%	-0,0776	0,0215	-0,0562	-0,0991
Rerata error (liter)					0,0345	-0,0542
Ketidakpastian rerata error (liter)					0,0851	0,0535

Tabel 2 Nilai kesalahan dan ketidakpastian volume uji 20 liter

V_{uji} 20 liter Debit air (m3/h)	Rerata error (ε)	Ketidakpastian U_{uji}	ε (liter)	U_{uji} (liter)	Max error ε_{max} (liter)	Min error ε_{min} (liter)
(Q ₁) 0,15	0,91%	0,12%	0,0911	0,0120	0,2061	0,1582
(Q ₂) 0,22	0,67%	0,12%	0,0672	0,0118	0,1579	0,1107
(Q ₃) 1,5	-0,34%	0,12%	-0,0339	0,0119	-0,0440	-0,0915
(Q ₄) 3,0	-0,70%	0,13%	-0,0702	0,0127	-0,1150	-0,1657
Rerata error (liter)					0,0513	0,0029
Ketidakpastian rerata error (liter)					0,1550	0,1561

Tabel 3 Nilai kesalahan dan ketidakpastian volume uji 40 liter

V_{uji} 40 liter Debit air (m3/h)	Rerata error (ε)	Ketidakpastian U_{uji}	ε (liter)	U_{uji} (liter)	Max error ε_{max} (liter)	Min error ε_{min} (liter)
(Q ₁) 0,16	1,05%	0,22%	0,1054	0,0216	0,0942	0,0230
(Q ₂) 0,256	0,72%	0,21%	0,0721	0,0205	0,5081	0,3355
(Q ₃) 1,5	-0,36%	0,21%	-0,0358	0,0207	0,3705	0,2061
(Q ₄) 2	-0,36%	0,20%	-0,0359	0,0204	-0,0604	-0,2257
Rerata error (liter)					0,1891	0,0226
Ketidakpastian rerata error (liter)					0,2943	0,2914

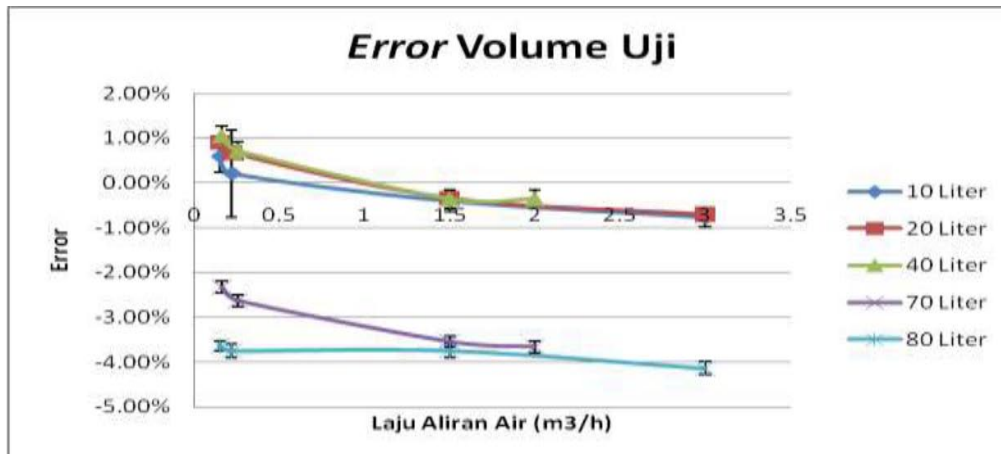
Tabel 4 Nilai kesalahan dan ketidakpastian volume uji 70 liter

V_{uji} 70 liter Debit air (m3/h)	Rerata error (ε)	Ketidakpastian U_{uji}	ε (liter)	U_{uji} (liter)	Max error ε_{max} (liter)	Min error ε_{min} (liter)
(Q ₁) 0,16	-2,32%	0,14%	-0,2324	0,0137	-1,5306	-1,7228
(Q ₂) 0,256	-2,63%	0,13%	-0,2627	0,0129	-1,7485	-1,9295
(Q ₃) 1,5	-3,54%	0,12%	-0,3542	0,0124	-2,3930	-2,5662
(Q ₄) 2	-3,66%	0,12%	-0,3658	0,0124	-2,4740	-2,6478
Rerata error (liter)					-2,0365	-2,2166
Ketidakpastian rerata error (liter)					0,4681	0,4598

Tabel 5 Nilai kesalahan dan ketidakpastian volume uji 80 liter

V_{uji} 80 liter Debit air (m3/h)	Rerata error (ε)	Ketidakpastian U_{uji}	ε (liter)	U_{uji} (liter)	Max error ε_{max} (liter)	Min error ε_{min} (liter)
(Q ₁) 0,15	-3,64%	0,12%	-0,3637	0,0117	-2,8158	-3,0034
(Q ₂) 0,22	-3,75%	0,15%	-0,3747	0,0153	-2,8748	-3,1197

V_{uji} 80 liter	Rerata	Ketidakpastian	ϵ	U_{uji}	Max error	Min error
Debit air (m3/h)	error (ϵ)	U_{uji}	(liter)	(liter)	ϵ_{max} (liter)	ϵ_{min} (liter)
(Q_3) 1,5	-3,75%	0,15%	-0,3747	0,0153	-2,8748	-3,1197
(Q_4) 3,0	-4,14%	0,14%	-0,4143	0,0143	-3,1999	-3,4289
Rerata error (liter)					-2,9413	-3,1679
Ketidakpastian rerata error (liter)					0,1746	0,1824



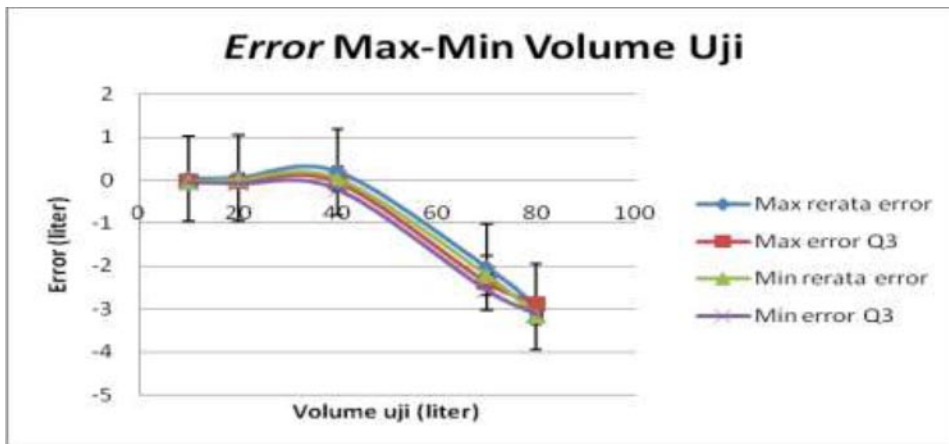
Gambar 4 Grafik kesalahan relatif tiap variasi volume uji

Untuk mempermudah menganalisa data, maka dibuat tabel perbandingan error maksimum-minimum pada nilai rata-rata dan debit nominal

(Q_3) untuk setiap variasi volume uji yang ditampilkan di bawah ini:

Tabel 6 Nilai kesalahan maksimum-minimum variasi volume uji

Volume Uji (liter)	Rerata max error (liter)	Rerata min error (liter)	Max error debit nominal (Q_3) (liter)	Min error debit nominal (Q_3) (liter)
10	0,0345	-0,0542	-0,0187	-0,0635
20	0,0513	0,0029	-0,0440	-0,0915
40	0,1891	0,0226	-0,0604	-0,2257
70	-2,0365	-2,2166	-2,3930	-2,5662
80	-2,9413	-3,1679	-2,8748	-3,1197
\bar{x}	-0,9406	-1,0826	-1,0782	-1,2133
U_{ex}	1,2973	1,3485	1,2794	1,3432
$\frac{U_{ex}}{\bar{x}}$ (%)	-137,92	-124,56	-118,66	-110,70



Gambar 5 Grafik kesalahan maksimum-minimum variasi volume uji

Terlihat pada Tabel 6 *error* maksimum-minimum pada nilai rata-rata dan debit nominal (Q_3) paling kecil terdapat pada volume uji 20 liter yaitu sebesar 0,0029 liter tetapi belum memenuhi syarat minimal standar volume uji 31 liter untuk meter air berdebit nominal (Q_3) 1,5 m³/h. Volume uji 40 liter memiliki *error* maksimum-minimum pada nilai rata-rata dan debit nominal (Q_3) paling kecil yaitu sebesar 0,0226 liter yang telah memenuhi syarat minimal standar volume uji 31 liter. Sedangkan *error* maksimum-minimum pada nilai rata-rata dan debit nominal (Q_3) paling besar terdapat pada volume uji 80 liter yaitu sebesar 3,1679 liter.

Perilaku yang tampak dalam grafik Gambar 4 disebabkan oleh perpaduan karakteristik antara *piston prover* OT-400 dengan meter air yang diuji. Masing-masing alat ukur memiliki karakter sendiri untuk menghasilkan nilai yang mendekati nilai sebenarnya. Pada kasus ini *piston prover* OT-400 dan meter air yang diuji memiliki kesepakatan yang dekat ketika volume yang diuji berada di kisaran 20-40 liter. Lebih dari 40 liter terlihat perbedaan pembacaan kesalahan antara kedua alat ukur semakin besar.

Volume uji sangat berpengaruh terhadap kesalahan dan ketidakpastian pengukuran oleh meter air dimana terpapar dari besarnya nilai perbandingan ketidakpastian dengan nilai rata-

ratanya ($\frac{U_{ex}}{x} > \pm 100\%$) dari rata-rata *error* maksimum dan minimum yaitu sebesar -137,92% dan -124,56% serta *error* maksimum dan minimum debit nominal (Q_3) yaitu sebesar -118,66% dan -110,70% sehingga direkomendasikan penetapan volume uji secara tetap seragam pada pengujian meter air terutama dalam Uji Banding Laboratorium Kalibrasi (UBLK) meter air.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian volume uji dengan enam kali pengulangan pengambilan data pada sebuah sampel meter air dapat disimpulkan bahwa volume uji sangat berpengaruh terhadap kesalahan dan ketidakpastian pengukuran oleh meter air yaitu perbandingan ketidakpastian terhadap rata-rata kesalahan melebihi $\pm 100\%$ untuk semua variasi volume uji sehingga direkomendasikan penetapan volume uji secara tetap seragam pada pengujian kinerja meter air terutama dalam Uji Banding Laboratorium Kalibrasi (UBLK) meter air.

Volume uji 40 liter merupakan volume uji terbaik dari volume yang telah diujikan untuk meter air berdebit nominal (Q_3) 1,5 m³/h dengan kesalahan dan ketidakpastian terkecil yang memenuhi standar volume uji sesuai SNI 2547:2008. Standar volume uji meter air pada SNI 2547:2008 untuk meter air berdebit nominal (Q_3) 1,5 m³/h yaitu sebesar 31 liter masih relevan untuk pengujian kinerja meter air di Indonesia. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian volume uji meter air dengan memperbanyak sampel pengujian dari berbagai merek meter air yang beredar di Indonesia dan variasi meter air berdebit nominal (Q_3) selain 1,5 m³/h sehingga hasilnya lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 2547:2008, *Spesifikasi meter air minum*. Jakarta: BSN.
- Flow Technology Incorporated. (2005). *MICROTRACK/OMNITRACK OT-400 CALIBRATOR Installation, Operation*

- and Manitenance Manual TM-86611 REV.J.* Arizona: FTI.
- Flow Technology Incorporated. (2005). *Calware Variable Definition (Rev A)*. Arizona: FTI.
- Flow Technology Incorporated. (2007). *OT-400 Calibrator Certificate*. Arizona: FTI.
- International Organisation for Standardisation. (1993). *ISO/TAG 4 : 1993 – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. Paris: ISO.
- JCGM. (2008). *JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. Paris: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP dan OIML..
- Komite Akreditasi Nasional. (2011). *Assesment Report of Puslit KIM-LIPI: assessed fields of volume flowrate 7 – 9 November 2011*. Tangerang: KAN.
- Napitupulu, Johni B. (2011). *Pemberitahuan hasil diskusi pembahasan kalibrasi meter air 01 Desember 2011*. Jakarta: KAN.
- Organisation Internationale de Métrologie Légale. (2006). *OIML R 49-1: 2006 (E), Water meters intended for the metering of cold poTabel water and hot water - Part 1: Metrological and technical requirements*. Paris: OIML.
- Sirenden, Bernadus H. (2010). *Penentuan Nilai K-Faktor pada Kalibrator Laju Aliran OT-400 dengan Menggunakan Katup Solenoid yang Dikendalikan Komputer*. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah(PPI) KIM ke-35 Tahun 2010. Tangerang: KIM LIPI.
- Wikipedia. (2012). *Water meter*, http://en.wikipedia.org/wiki/Water_meter, diakses pada tanggal 24 Februari 2012