PENGUJIAN BEJANA UKUR VOLUME 100 LITER DENGAN METODE VOLUMETRIK PENAKARAN KELUAR MENGGUNAKAN BEJANA UKUR STANDAR 20 LITER

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Diklat Penera Tingkat Terampil

Oleh:

MOHAMAD NURDINSYAH E, A.Md.
NIP. 19931229 201502 1 001

KEMENTERIAN PERDAGANGAN REPUBLIK INDONESIA
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA KEMETROLOGIAN
2017

Laporan Tugas Akhirdengan judul “Pengujian Bejana Ukur Volume 100 Liter dengan Metode Volumetrik Penakaran Keluar Menggunakan Bejana Ukur Standar 20 Liter” yang disusun oleh Mohamad Nurdinsyah E. ini telah diperiksa dan disetujui

Bandung, Nopember 2017

Pembimbing

Suci Ingrid Daniati, M.Si.
NIP. 19840508 200912 2 002

Mengetahui,
Kepala Bidang
Sumber Daya Manusia Kemetrologian

Permadi, S.Sos., M.AP.
NIP. 19630616 198403 1 002

ABSTRAK

Nurdinsyah E, Mohamad. 2017. Pengujian Bejana Ukur Volume 100 Liter dengan Metode Volumetrik Penakaran Keluar Menggunakan Bejana Ukur Standar 20 Liter. Karya Tulis Diklat Penera Tingkat Terampil Tahun 2017. Pembimbing: Suci Ingrid Daniati, M.Si.

Kata kunci : Bejana ukur, Volumetrik, Penakaran Keluar, Liter

Bejana ukur merupakan salah satu alat ukur volume dengan ketelitian tinggi yang memiliki bentuk khusus dan dikategorikan sebagai alat standar atau pembanding untuk menguji alat ukur volume lainnya. Metode volumetrik merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan pengujian bejana ukur berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/2010 tentang syarat teknis bejana ukur.

Pengujian yang dilakukan adalah pada bejana ukur volume 100 L dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar 20 L. Pengujian dilaksanakan pada laboratorium Volume Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian Kementerian Perdagangan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai volume sebenarnya bejana ukur uji pada suhu 28^{o}C (V_{28}), kesalahan *(error)*, nilai skala dan kepekaan leher atas, dan nilai ketidakpastian dari hasil pengujian.

Dari hasil pengujian diperoleh nilai volume sebenarnya (V_{28}) dari bejana ukur sebesar 99.96132 L, kesalahan *(error)* sebesar -38.68 mL nilai skala pada suhu 28^{o}C sebesar 9.773 mL/skala, nilai kepekaan leher atas sebesar 16.565 mL/3 mm, dan nilai ketidakpastian yang diperluas sebesar 0.009067 L. Berdasarkan hasil pengujian, untuk nilai volume sebenarnya (V_{28}), *error*, nilai kepekaan leher atas, dan nilai ketidakpastian yang diperluas, secara keseluruhan masih dalam rentang Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD), sehingga bejana ukur tersebut dapat dinyatakan SAH.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Karya Tulis dengan judul "Pengujian Bejana Ukur Volume 100 Liter dengan Metode Volumetrik Penakaran Keluar Menggunakan Bejana Ukur Standar 20 Liter." Laporan ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan Diklat Fungsional Penera Terampil 2017.

Maksud penulisan ini adalah untuk mengetahui bagaimana prosedur pengujian bejana ukur metode volumetrik berdasarkan SK Dirjen PDN No.23 / KEP / 3 / 2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur, serta untuk mengetahui nilai volume sebenarnya, kesalahan *(error*), dan ketidakpastian hasil pengujian bejana ukur volume 100 liter dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar 20 liter.

Dalam menyelesaikan laporan karya tulis ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Kemetrologian selaku penyelenggara Diklat Fungsional Penera Terampil 2017.
2. Hari Prawoko, Dipl. Ing selaku kepala Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Kemetrologian.
3. Permadi, S.Sos, M.AP. selaku kepala bidang sumber daya manusia kemetrologian.

4. Suci Ingrid Daniati,M.Si. selaku pembimbing yang telah memberikan pengarahan serta bimbingansehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan baik.
5. Rismisari Harfiah, S.T., M.T. selaku wali kelas terampil yang selalu memberikan arahan dan motivasi.
6. Salvador Sarmento yang telah membantu dalam kegiatan pengambilan data.
7. Seluruh widyaiswara yang telah membekali ilmu dan pengetahuan menganai kemetrologian selama diklat.
8. Teman-teman diklat penera tahun 2017, khususnya kelas terampil yang saling memberikan semangat, saran dan motivasi.
9. Orang tua, istri dan anak yang selalu memberikan dorongan moril dan doa.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulisan laporan karya tulis ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Bandung, Nopember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR LAMPIRAN vi

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL viii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penulisan 3

1.4 Batasan Masalah 3

1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II KAJIAN PUSTAKA 5

2.1 Bejana Ukur 5

2.2 Persyaratan Administrasi Bejana Ukur 6

2.3 Persyaratan Teknis dan Persyaratan Kemetrologian Bejana Ukur 8

2.4 Metode Pengujian Bejana Ukur 14

2.5 Pembubuhan Tanda Tera Bejana Ukur 16

BAB III METODOLOGI PENGUJIAN 18

3.1 Prosedur Pengujian Bejana Ukur dengan Metode Volumetrik 18

3.2 Perhitungan Hasil Pengujian 22

3.3 Ketidakpastian Pengujian 25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 34

4.1 Data Hasil Pengujian 34

4.2 Pembahasan 41

BAB V PENUTUP 43

5.1 Kesimpulan 43

5.2 Saran 43

DAFTAR PUSTAKA 45

LAMPIRAN 1 46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Ketidakpastian.....49

Lampiran 2OIML R 16-1.....55

Lampiran 3 Sertifikat Kalibrasi Pascal 100.....56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Bejana Ukur 11

Gambar 2.2 Konstruksi dan Bagian-Bagian Bejana Ukur Tanpa Leher Bawah... 11

Gambar 2.3 Konstruksi dan Bagian-Bagian Bejana Ukur Dengan Leher Bawah 12

Gambar 2.4 Ilustrasi Pengujian Bejana Ukur Metode Gravimetrik 15

Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian Bejana Ukur Metode Volumetrik 16

Gambar 2.6 Tempat Pembubuhan Tanda Tera Bejana Ukur 17

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Besar waktu tetesan berdasarkan Volume Nominal Bejana Ukur 20

Tabel 3.2 Notasi Hasil Pengujian Bejana Ukur 23

Tabel 3.3 Daftar Variabel dan Notasi Perhitungan Ketidakpastian 25

Tabel 3.4 Daftar Variabel dan Notasi Perhitungan Ketidakpastian (Lanjutan) . 26

Tabel 4.1 Data Bejana Ukur Standar..... 34

Tabel 4.2 Data Bejana Ukur Uji..... 34

Tabel 4.3 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-1 35

Tabel 4.4 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-2 35

Tabel 4.5 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-3 35

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-1 36

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-2 36

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-3 37

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Nilai Skala Bejana Ukur..... 38

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kepekaan Leher Atas Bejana Ukur 38

Tabel 4.11 Variabel dan Nilai untuk Perhitungan Ketidakpastian Bejana Ukur .. 39

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Standar Pada Pengujian Bejana Ukur..... 40

Tabel 4.13 Rangkuman Hasil Perhitungan Ketidakpastian yang Diperluas 41

Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengujian dan Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) pada Pengujian Bejana Ukur 41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 1981 tentang Metrologi Legal bertujuan untuk melindungi kepentingan umum perlu adanya jaminan dalam kebenaran pengukuran serta adanya ketertiban dan kepastian hukum dalam pemakaian satuan ukuran, standar satuan, metode pengukuran dan alat-alat ukur takar timbang dan perlengkapannya (UTTP). Bejana ukur merupakan salah satu alat ukur volume dengan ketelitian tinggi yang memiliki bentuk khusus dan dikategorikan sebagai alat standar atau pembanding untuk menguji alat ukur volume lainnya.

Bejana ukur merupakan salah satu alat ukur yang paling sering digunakan sebagai standar dalam proses tera maupun tera ulang alat ukur volume lainnya. Oleh karena itu, bejana ukur perlu dilakukan pemeriksaan dan pengujian secara periodik untuk memelihara kelayakan fungsi alat ukur dan menjamin ketertelusuran standar yang lebih tinggi sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap hasil pengukuran. Berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor : 08/-DAG/PER/3/2010 tentang Alat Ukur Takar Timbang dan Perlengkapannya (UTTP) yang wajib tera dan tera ulang, bejana ukur merupakan salah satu UTTP yang wajib ditera dan ditera ulang.

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur, pengujian bejana ukur dapat dilakukan dengan menggunakan dua macam metode yaitu metode penimbangan (gravimetrikk) dan metode penakaran (volumetrik). Pengujian

gravimetrikk merupakan metode pengujian bejana ukur dengan cara menimbang menggunakan timbangan elektronik ataupun neraca sebagai standar, sedangkan pengujian volumetrik merupakan metode pengujian bejana ukur dengan menggunakan bejana ukur lainnya sebagai standar, baik dengan penakaran masuk maupun penakaran keluar.

Berdasarkan ruang lingkup pekerjaan, penera kelompok keterampilan menangani UTTP dalam kategori tingkat kesulitan I dan tingkat kesulitan II. Menurut Permendag Nomor 73/M-DAG/PER/10/2016 tentang Tingkat Kesulitan Alat-Alat Ukur, Takar, Timbang, dan Perlengkapannya dan Alat Ukur Metrologi Teknis Serta Tingkat Standar dan Peralatan/Perlengkapan Standar, Bejana Ukur yang masuk dalam ruang lingkup pekerjaan penera terampil adalah bejana ukur yang kapasitasnya lebih dari 20 liter yang tergolong dalam UTTP tingkat kesulitan II.

Oleh karena itu, guna meningkatkan kompetensi yang sesuai dengan ruang lingkup pekerjaan penera kelompok keterampilan, maka penulis mengambil tugas akhir dengan judul "Pengujian Bejana Ukur Volume 100 Liter Dengan Metode Volumetrik Penakaran Keluar Menggunakan Bejana Ukur Standar 20 Liter".

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana prosedur pengujian bejana ukur metode volumetrik berdasarkan SK Dirjen PDN No.23 / KEP / 3 / 2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur?

2. Bagaimana nilai volume sebenarnya, kesalahan *(error*), dan ketidakpastian hasil pengujian bejana ukur volume 100 liter dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar 20 liter?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah mengetahui prosedur pengujian bejana ukur berdasarkan SK Dirjen PDN No.23 / KEP / 3 / 2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur, serta mengetahui hasil pengujian (nilai volume sebenarnya, kesalahan (*error)*, dan ketidakpastian dari bejana ukur volume 100 liter dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar 20 liter.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari perluasan pembahasan, maka penulis memberikan batasan masalah atau ruang lingkup. Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Pengujian bejana ukur dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar volume 20 liter.
2. Perhitungan nilai volume sebenarnya adalah nilai volume pada suhu 28^{o}C

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dalam 5 bab, meliputi:

Bab 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Kajian Pustaka

Menjelaskan tentang bejana ukur, persyaratan administrasi, persyaratan teknis dan persyaratan kemetrologian bejana ukur, metode pengujian bejana ukur dan pembubuhan tanda tera pada bejana ukur.

Bab 3 Metodologi Pengujian

Menjelaskan tentang prosedur pengujian bejana ukur dengan metode volumetrik, dan perhitungan hasil pengujian, dan ketidakpastian pengujian.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Berisi penjelasan mengenai data hasil pengujian dan pembahasan.

Bab 5 Penutup

Berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Bejana Ukur

Bejana ukur adalah alat ukur volume statis yang digunakan sebagai standar untuk menguji alat ukur volume lainnya. Kapasitas bejana ukur mempunyai kelipatan $1x10^n$, $2x10^n$, dan $5 x10^n$, dengan n bilangan bulat positif atau nol.

Berdasarkan kapasitasnya bejana ukur dibagi menjadi 2 (dua) yaitu kapasitas kecil ($\leq$ 20 liter) dan kapasitas besar (> 20 liter). Berdasarkan tipe penggunaannya bejana ukur dikelompokkan menjadi 2 (dua) tipe yaitu bejana ukur tipe penggunaan kering dan bejana ukur tipe penggunaan basah. Pada bejana tipe penggunaan kering, pada saat menggunakannya bagian dalam bejana harus dalam keaadaan kering tanpa sisa cairan, sedangkan pada bejana tipe penggunaan basah, pada saat menggunakannya memperhatikan waktu tetes. Waktu tetes pada bejana kapasitas kecil ($\leq$ 20 liter) adalah 10 sekon, sedangkan pada bejana kapasitas besar (> 20 liter) waktu tetesnya adalah 30 sekon. Selain itu, berdasarkan fungsinya bejana dibagi menjadi 2 (dua) yaitu untuk menampung *(to contain)* dan untuk menyerahkan *(to deliver).*

Persyaratan teknis bejana ukur diatur dalam Keputusan Dirjen Perdagangan Dalam Negeri nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur. Syarat Teknis ini merupakan pedoman bagi petugas dalam melaksanakan tera dan tera ulang, serta pengawasan bejana ukur. Beberapa istilah di dalam syarat teknis yang berhubungan dengan bejana ukur antara lain :

1. Kapasitas nominal (VN) adalah nilai yang dipergunakan untuk menandai karakteristik atau sebagai penunjuk volume bejana ukur.
2. Volume kering bejana ukur adalah volume cairan yang dikandung oleh bejana ukur pada suhu dasar, ketika bejana ukur tersebut diisi sampai garis skalanya.
3. Waktu tetes adalah rentang waktu tertentu (10 sekon atau 30 sekon) yang dihitung dari mulai aliran utama putus dan berubah menjadi tetesan.
4. Deformasi plastis adalah perubahan bentuk atau ukuran yang tidak dapat kembali seperti semula *(irreversible)* dari suatu benda karena adanya tekanan, suhu, atau pengaruh lainnya.
5. Ketidakpastian yang diperluas *(expanded uncertainty)* adalah suatu interval sekitar nilai hasil pengukuran, dimana dapat diharapkan nilai hasil pengukuran terletak di dalamnya dan juga merupakan sifat dari besaran yang diukur tersebut.

2.2 Persyaratan Administrasi Bejana Ukur

Persyaratan administrasi bejana ukur mengacu kepada Keputusan Direktur Jenderal Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur.

2.2.1 Ruang Lingkup dan Penerapan

Syarat teknis ini berlaku untuk setiap bejana ukur yang digunakan untuk menakar volume UTTP sebagai berikut :

a. Bejana Ukur
b. Pompa Ukur Bahan Bakar Minyak

c. Tangki Ukur Tetap

d. Tangki Ukur Gerak

e. Meter Arus Bahan Bakar Minyak

f. Meter Prover

g. Meter Air

h. Meter Arus untuk jenis cairan lainnya.

2.2.2 Identitas

Berdasarkan syarat teknis, pada bejana ukur harus terpenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Bejana ukur harus dilengkapi tanda pengenal dengan tulisan dalam huruf latin dan angka arab atau tanda lain yang jelas, mudah dibaca, dan tidak mudah terhapus yang memberikan keterangan sebagai berikut :
   a. nomor Surat Izin Tanda Pabrik atau Izin Tipe;
   b. pabrik / pembuat;
   c. tipe / model;
   d. nomor seri;
   e. kapasitas nominal;
   f. koefisien muai ruang;
   g. penggunaan “kering” dan / atau “basah”; dan
   h. tanda tera.
2. Pelat nominal bejana ukur harus dipasang pada tempat yang mudah terllihat dan tidak mempengaruhi sifat-sifat ukurnya.

2.2.3 Persyaratan Bejana Ukur Sebelum Peneraan

Sebelum dilakukan peneraan, menurut SK Dirjen Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23 /PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur, bejana ukur yang akan ditera harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Bejana ukur yang akan ditera harus memiliki Surat Izin Tipe atau Izin Tanda Pabrik.
2. Label tipe harus terlekat pada Bejana ukur asal impor yang akan ditera.
3. Bejana ukur yang diproduksi di dalam negeri harus memiliki label yang memuat merek pabrik dan nomor Surat Izin Tanda Pabrik.
4. Bejana ukur yang diproduksi di dalam negeri harus memiliki label yang memuat merek pabrik dan nomor Surat Izin Tanda Pabrik dan label tipe untuk bejana ukur asal impor sebelum ditera.
5. Bejana ukur yang akan ditera ulang harus sudah ditera sebelumnya.

2.3 Persyaratan Teknis dan Persyaratan Kemetrologian Bejana Ukur

2.3.1 Persyaratan Teknis

Persyaratan teknis bejana ukur menurut SK Dirjen Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23 /PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur antara lain :

1. Bahan

   Bejana ukur dapat terbuat dari gelas, kuningan, baja anti karat, atau bahan lain yang tahan karat dan tidak mudah melentur.

2. Konstruksi

   a. Bejana ukur harus menggunakan satuan volume yang didasarkan pada satuan Sistem Internasional (SI).

   b. Kapasitas nominal bejana ukur mempunyai kelipatan $1x10^n$ L, $2x10^n$ L, dan $5x10^n$ L dengan n bilangan bulat positif atau nol.

   c. Kapasitas nominal sebagaimana dimaksud pada huruf b diberi tanda yang sesuai dengan cara penggunaan :

      1) "kering";

      2) "basah"; atau

      3) "kering" dan "basah".

   d. Bejana ukur dapat terdiri dari 3 (tiga) bagian utama yaitu :

      1) Leher atas berbentuk silinder atau kotak;

      2) Badan berbentuk silinder; dan

      3) Leher bawah berbentuk silinder atau kotak.

   e. Dalam hal di antara bagian-bagian sebagaimana dimaksud pada huruf d terdapat penghubung, maka penghubung tersebut harus berbentuk kerucut terpancung.

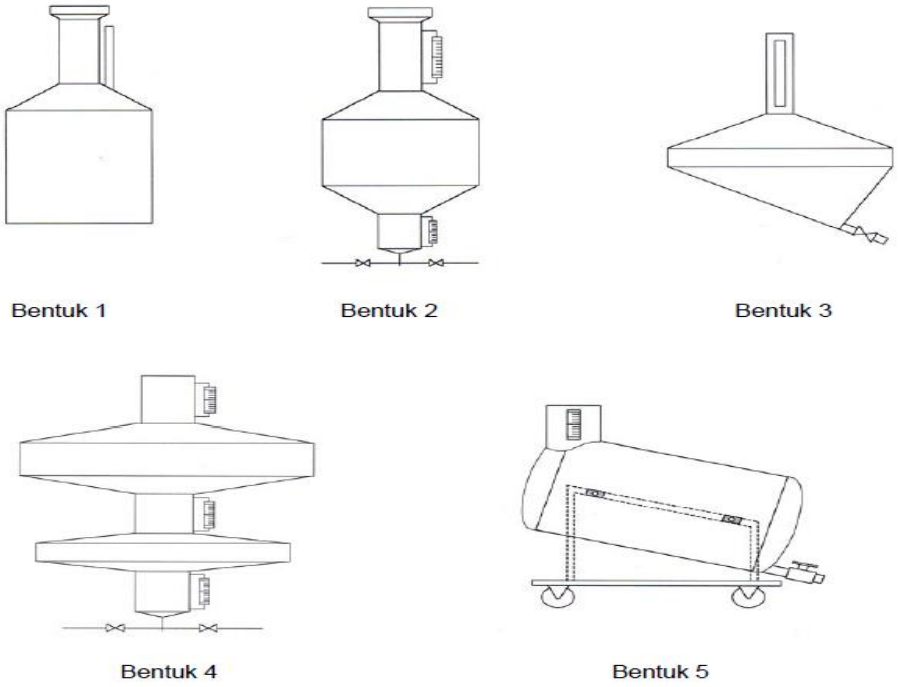
   f. Konstruksi bejana ukur harus dirancang sedemikian rupa, sehingga kokoh, tidak bocor, dan tidak mudah terjadi deformasi plastis yang akan mempengaruhi sifat metrologisnya.

   g. Bejana ukur harus dilengkapi dengan penyipat datar, baik yang bersifat permanen maupun terpisah.

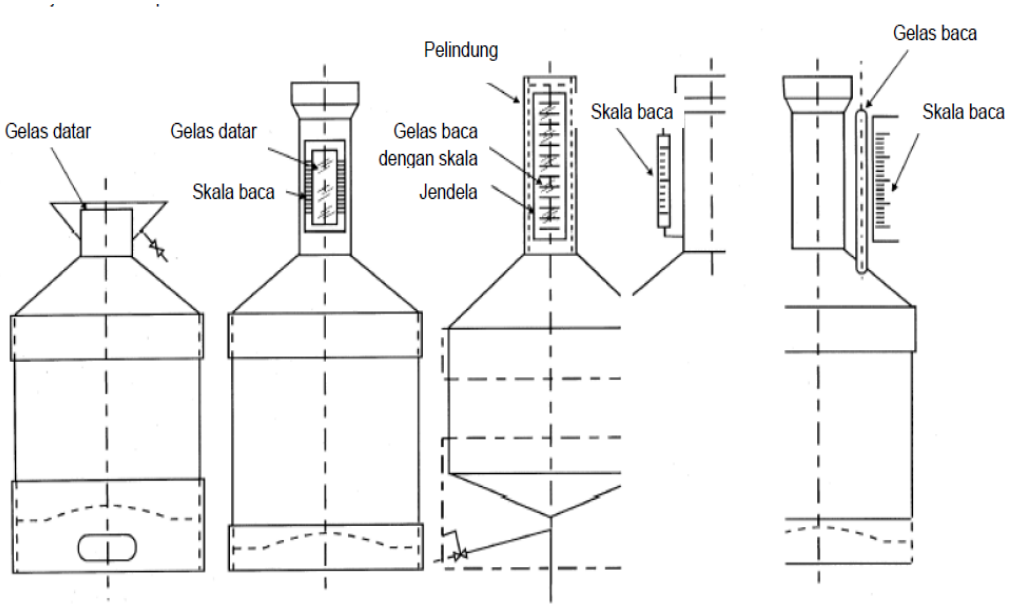
   h. Bejana ukur harus dilengkapi dengan alat penunjukan volume, dengan ketentuan sebagai berikut :

1) alat penunjuk kapasitas nominal, dapat berupa skala atau pipa limpah;
2) alat penunjuk berupa skala, dapat menggunakan skala tunggal atau skala majemuk yang dapat dilengkapi dengan skala nonius atau alat bantu baca meniscus;
3) volume cairan pada leher atas yang ditunjukkan oleh garis skala, minimal 1% dari kapasitas nominal, baik untuk bagian skala positif maupun negative;
4) volume cairan pada leher bawah yang ditunjukkan oleh garis skala, minimal 0,5% dari kapasitas nominal, baik untuk bagian skala positif maupun negatif; dan
5) untuk pipa limpah harus dirancang sedemikian rupa sehingga limpahan air dapat mengalir dengan lancar.

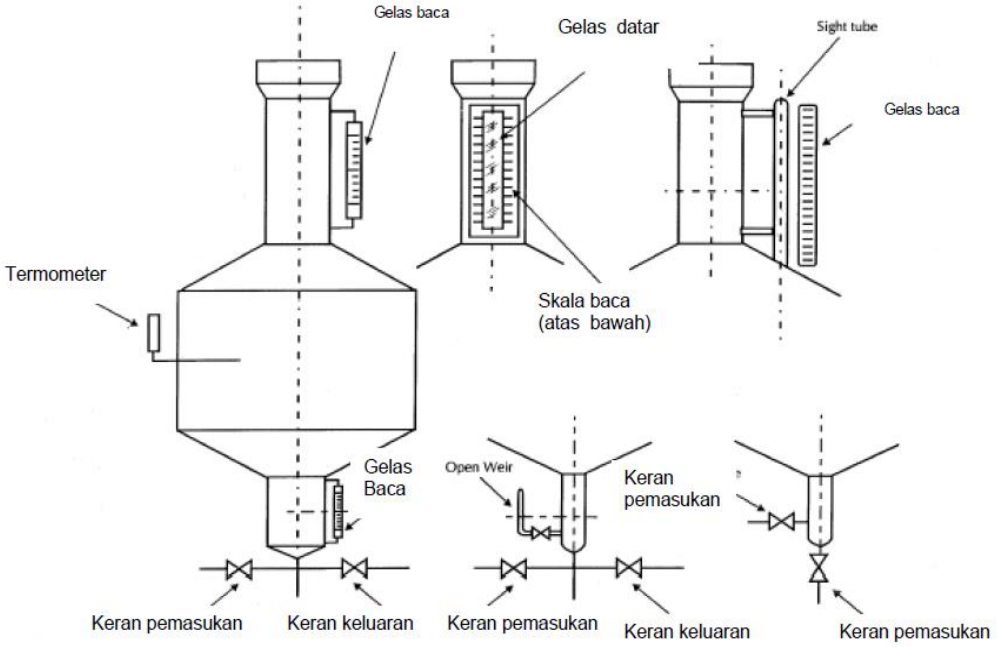
i. Bejana ukur harus dilengkapi dengan tempat untuk meletakkan termometer *(thermowell)* yang terpasang secara permanen serta penempatannya dapat mewakili suhu cairan di dalam bejana ukur.
j. Bejana ukur harus dilengkapi dengan tempat untuk pembubuhan tanda tera.



Gambar 2.1 Bentuk Bejana Ukur
Sumber : SK Dirjen PDN No. 23/PDN/KEP/3/2010



Gambar 2.2 Konstruksi dan Bagian-Bagian Bejana Ukur Tanpa Leher Bawah
Sumber : SK Dirjen PDN No. 23/PDN/KEP/3/2010



Gambar 2.3 Konstruksi dan Bagian-Bagian Bejana Ukur Dengan Leher Bawah
Sumber : SK Dirjen PDN No. 23/PDN/KEP/3/2010

3. Alat Tambahan

   a. Bejana ukur dapat dilengkapi dengan alat tambahan sebagai berikut :

      1) alat justir, yang tidak boleh berubah setelah penyegelan;

      2) gelas penglihat, yang harus dipasang secara permanen dan tidak dapat dilepas atau diganti tanpa memutus segel;

      3) bagian penuangan pada leher atas, untuk memudahkan penuangan;

      4) alat pegangan;

      5) kran pengeluaran pada leher atas; dan

      6) pipa pengeluaran.

   b. Bejana ukur yang dilengkapi dengan pipa pengeluaran yang sebagaimana dimaksud pada huruf a angka 6) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1) dimensi badan dan lubang pengeluaran dubuat sedemikian rupa, sehingga kecepatan turunnya cairan pada badan tidak melebihi 1 cm/sekon;
2) saluran pengeluaran atau pengosongan dipasang sedemikian rupa, sehingga tetesan cairan terpusat pada satu titik;
3) dimensi leher atas dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menghindari terperangkapnya udara, cairan, atau uap air dan masalah dalam pembersihan bejana ukur serta memperhitungkan faktor kepekaannya; dan
4) diameter gelas penglihat cukup, sehingga tidak ada efek kapiler dan efek meniskus.

4. Syarat Penggunaan
   a. Penggunaan bejana ukur dengan sistem kering, bagian dalam bejana ukur dipastikan berada dalam keadaan kering.
   b. Penggunaan bejana ukur dengan sistem basah memperhatikan waktu tetes.
   c. Waktu tetes bejana ukur dengan kapasitas nominal kuran dari atau sama dengan 20 liter adalah 10 sekon dan lebih dari 20 liter adalah 30 sekon.

2.3.2 Persyaratan Kemetrologian

Persyaratan kemetrologian untuk bejana ukur meliputi :

1. Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD)

   BKD untuk bejana ukur yang diatur dalam syarat teknis adalah 1/2000 (satu perduaribu) dari kapasitas nominal atau 5×10^{-4} Vn.

2. Perubahan ketinggian cairan

   Perubahan ketinggian cairan pada leher atas minimum 3 mm sama dengan BKD bejana ukur yang bersangkutan.

3. Ketidakpastian yang diperluas

   Pengujian bejana ukur harus dilaksanakan sedemikian rupa, sehingga ketidakpastian yang diperluasnya adalah 1/5 (satu perlima) BKD untuk izin tipe dan 1/3 (satu pertiga) BKD untuk tera dan tera ulang.

2.4 Metode Pengujian Bejana Ukur

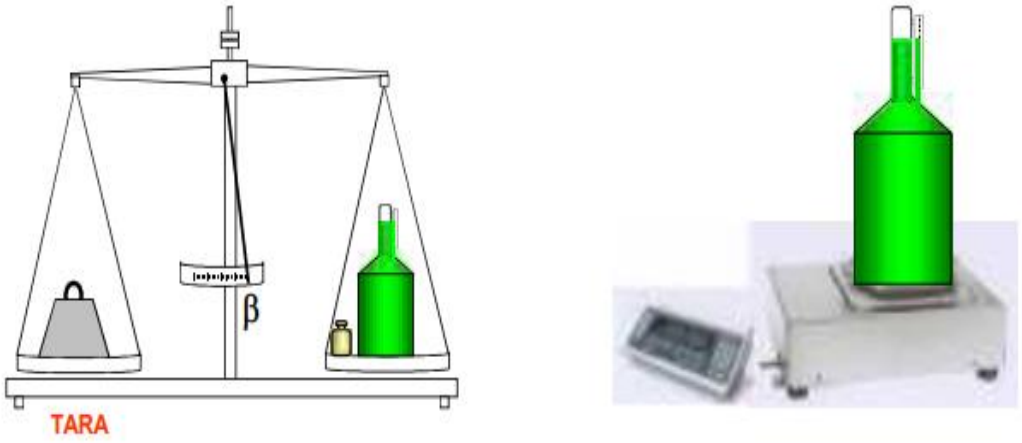
Pengujian bejana ukur berdasarkan Keputusan Dirjen Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur dapat dilakukan dengan 2 (dua) metode yaitu dengan Metode Gravimetrik atau dengan penimbangan dan Metode Volumetrik atau dengan cara penakaran.

2.4.1 Metode Gravimetrik

Metode gravimetrik adalah metode pengujian volume secara tidak langsung dengan menggunakan massa cairan yang ditampung. Dengan telah diketahui massa jenis air dan massa cairan tersebut, maka dapat diketahui volume dari benda tersebut.

Prinsip metode gravimetrik adalah menentukan massa air melalui dua kali penimbangan yaitu pada saat bejana kosong dan pada saat bejana diisi air. Metode ini menggunaka timbangan elektronik atau neraca yang berfungsi sebagai alat penentu massa secara langsung dan alat pembanding antara massa yang diuji dengan massa anak timbangan standar yang digunakan.

Menurut syarat teknis bejana ukur dengan kapasitas kecil (≤ 20 liter) sebaiknya dilakukan pengujian dengan menggunakan metode gravimetrik. OIML dan ISO merekomendasikan metode gravimetrik untuk digunakan dalam pelaksanaan pengujian yang memerlukan tingkat ketelitian pengukuran yang tinggi.



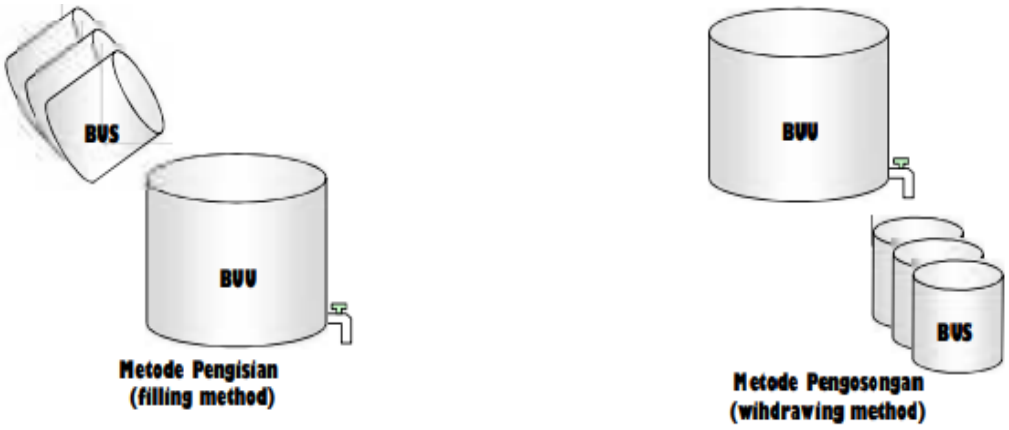
Gambar 2.4 Ilustrasi Pengujian Bejana Ukur Metode Gravimetrik
Sumber : Presentasi Bahan Ajar Bejana Ukur

2.4.2 Metode Volumetrik

Metode volumetrik adalah metode penentuan volume bejana ukur dengan cara penakaran, baik penakaran masuk *(filling method)* maupun penakaran keluar *(withdrawing method)*. Penakaran masuk dilakukan dengan cara mengeluarkan cairan uji dari Bejana Ukur Standar (BUS) ke dalam bejana ukur yang diuji, dimana jumlah bejana ukur standar bisa berjumlah satu atau lebih dan mempunyai volume yang lebih kecil atau sama dengan volume pada bejana ukur yang diuji. Pengujian penakaran masuk dilakukan pada bejana yang mempunyai fungsi untuk menampung *(to contain)*. Penakaran keluar dilakukan dengan cara mengeluarkan

cairan dari bejana ukur yang diuji ke dalam bejana ukur standar dengan volume yang lebih kecil atau sama dengan bejana ukur yang diuji. penakaran keluar dilakukan pada bejana yang mempunyai fungsi untuk menyerahkan *(to deliver)*.

Pengujian bejana ukur harus memenuhi 3 (tiga) sifat ukur yaitu kebenaran, kepekaan, dan ketetapan.



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian Bejana Ukur Metode Volumetrik
Sumber : Presentasi Bahan Ajar Bejana Ukur

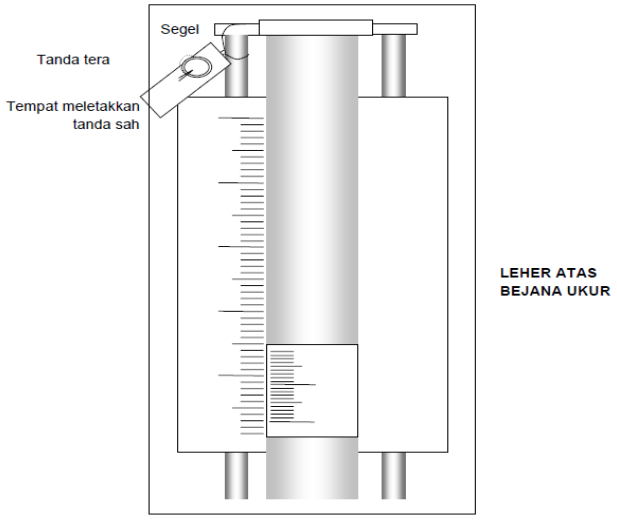
2.5 Pembubuhan Tanda Tera Bejana Ukur

2.5.1 Penandaan Tanda Tera

Pada bejana ukur dipasang lemping tanda tera sebagai tempat pembubuhanTanda Daerah, Tanda Pegawai Yang Berhak, dan Tanda Sah. Tanda Jaminan dibubuhkan dan/atau dipasang pada bagian-bagian tertentu dari bejana ukur yang sudah disahkan pada waktu ditera dan ditera ulang untuk mencegah penukaran dan/atau perubahan. Bentuk tanda tera sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2.5.2 Tempat Tanda Tera

1. Bejana ukur yang telah dilakukan pengujian dan memenuhi persyaratan sebagaimana diatur dalam syarat teknis ini wajib dibubuhi Tanda Daerah, Tanda Pegawai Yang Berhak, dan Tanda Sah yang berlaku secara berurutan pada lemping tanda tera.
2. Lemping tanda tera sebagaimana dimaksud pada angka 1 harus dipasang pada bejana ukur dengan cara diikat dengan kawat segel dan diberikan Tanda Jaminan Plombir (JP) ukuran 8 mm.
3. Tanda Jaminan Plombir (JP) ukuran 8 mm sebagaimana dimaksud pada angka 2 dipasang pada bagian–bagian yang dapat memungkinkan dilakukan perubahan-perubahan sifat ukurnya, seperti alat justir, dan menjamin lemping tanda tera.
4. Bejana ukur yang telah ditera atau ditera ulang wajib dibubuhi Tanda Jaminan Plombir (JP) ukuran 8 mm pada alat justir dan dilengkapi dengan sertifikat pengujian.



Gambar 2.6 Tempat Pembubuhan Tanda Tera Bejana Ukur
Sumber : SK Dirjen PDN No. 23/PDN/KEP/3/2010

BAB III

METODOLOGI PENGUJIAN

Prosedur pengujian yang digunakan adalah metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar 20 Liter. Prosedur pengujian berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur.

3.1 Prosedur Pengujian Bejana Ukur dengan Metode Volumetrik

3.1.1 Standar Acuan

a. International Recommendation OIML R 120 tentang *"Standard capacity measures for testing systems for liquids other than water"*, edisi 1996(E).
b. P4 - OIML Publication tentang *"Verification equipment for national Metrology services"*, edisi Maret 1986.
c. *ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, edisi 1993.
d. Keputusan Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur.

3.1.2 Peralatan, Bahan dan Perlengkapan Pengujian

a. bejana ukur referensi volume 20 liter;
b. bejana ukur uji volume 100 liter;
c. termometer dengan daya baca 0,1°C;
d. *stop watch*;
e. kaca pembesar (*loupe*);
f. landasan bejana, lengkap dengan *waterpass*nya;

g. cerapan pengujian bejana ukur metode volumetrik;

h. pipet;

i. gelas takar kapasitas 1000 mL dengan kelas ketelitian A;

j. gelas takar untuk penyimpanan termometer;

k. lap dan kertas tisu; dan

l. wadah untuk menampung/menyimpan cairan uji.

3.1.3 Cairan Uji

Cairan yang digunakan untuk pengujian harus berupa air yang bersih, bebas dari kontaminasi atau bebas dari bahan yang dapat menyebabkan korosi dan tidak mengandung gelembung-gelembung udara.

3.1.4 Persiapan Pengujian

a. Siapkan dan periksa masa berlaku dari:
   1) sertifikat bejana ukur referensi;
   2) sertifikat termometer; dan
   3) sertifikat gelas takar.

b. Periksa kondisi peralatan standar dan perlatan bantu, pastikan berfungs dengan baik.

c. Pastikan bahwa laboratorium dalam keadaan berfungsi dengan baik untuk melaksanakan pengujian bejana ukur, yaitu:
   1) kondisi laboratorium cukup stabil terhadap faktor lingkungan; dan
   2) penataan peralatan/perlengkapan pengujian yang teratur sehingga tidak akan mengganggu jalannya pelaksanaan pengujian.

d. Siapkan cairan uji. Pastikan jumlah volumenya cukup untuk melaksanakan pengujian bejana ukur yang dimaksud.

e. Aturlah sedemikian rupa, sehingga posisi bejana ukur referensi dan bejana ukur yang akan diuji dalam keadaan datar.

f. Isilah bejana ukur referensi dan bejana ukur yang akan diuji dengan cairan uji sampai batas skala volume nominalnya.

g. Letakkan semua peralatan standar dan perlengkapan pengujian, serta biarkan untuk jangka waktu tertentu (minimum ±30 menit) sampai keseimbangan suhu tercapai.

h. Catat/rekam data teknis bejana ukur referensi dan bejana ukur yang akan diuji ke dalam cerapan pengujian.

i. Perhatikan tipe penggunaan bejana ukur referensi. Pastikan bahwa dalam sertifikatnya tercantum nilai volume untuk tipe penggunaan “basah”.

j. Tentukan tipe penggunaan bejana ukur yang akan diuji “kering” dan/ atau “basah”.

Catatan :

Bejana ukur dengan tipe penggunaan “basah”, saat pengosongannya harus memperhatikan waktu tetes.

Tabel 3.1 Besar waktu tetesan berdasarkan Volume Nominal Bejana Ukur

Volume Nominal (V_N)	Waktu tetes
$V_N \leq$ 20 liter	10 sekon
$V_N >$ 20 liter	30 sekon

Bejana ukur dengan tipe penggunaan “kering”, saat pengosongannya tidak memperhatikan waktu tetes, namun diusahakan sedemikian rupa, sehingga

dalam bejana ukur tidak ada air yang tersisa (misalkan : dengan cara dilap ataupun ditiup dengan angin).

3.1.5 Prosedur Pengujian

a. Penentuan volume sebenarnya pada skala nol bejana ukur

1) Catat data kondisi (suhu dan kelembaban) laboratorium.
2) Kosongkan/keluarkan air dari bejana ukur referensi dan bejana ukur yang akan diuji.
3) Isilah bejana ukur uji dengan air sampai batas skala volume nominalnya.
4) Ukur dan catatlah suhu air dalam bejana ukur uji (t_{WC}) pada 3 titik uji yaitu atas, tengah, dan bawah.
5) Tuangkan air yang ada di dalam bejana ukur uji ke dalam bejana ukur referensi sampai kurang lebih di volume nominalnya.
6) Baca dan catatlah penunjukan volume air pada bejana ukur referensi (V_a).
7) Ukur dan catatlah suhu air dalam bejana ukur referensi (t_{RC}).
8) Kosongkan / keluarkan air dari bejana ukur referensi dengan memperhatikan waktu tetes
9) Bila volume nominal bejana ukur yang diuji lebih besar dari bejana ukur referensi, ulangilah langkah angka 5) sampai dengan angka 8) sehingga volume air dalam bejana ukur yang diuji habis dengan memperhatikan waktu tetes untuk penuangan yang terakhir.

10) Lakukan kembali angka 1) sampai dengan angka 9), sehingga diperoleh hasil pengujian sebanyak 3 (tiga) seri.

b. Pengujian nilai skala Bejana Ukur

1) Letakkan bejana ukur di atas landasannya, isi dengan air sampai meniskus tepat pada skala minimum bejana ukur yang dapat dibaca (penambahan/pengurangan air dilakukan dengan menggunakan pipet) dan bersihkan sisa-sisa air yang masih menempel pada bagian dalam leher bejana.
2) Baca dan catatlah penunjukan skala awal Bejana Ukur s_0 (satuan skala);
3) Tambahkan air sampai meniskus tepat pada skala maksimum bejana ukur yang dapat dibaca menggunakan gelas takar dengan memperhatikan waktu tetes gelas takar (30 sekon).
4) Baca dan catatlah penunjukan skala akhir bejana ukur s_1 (satuan skala);
5) Catat penambahan volume air Δv (satuan mL).

3.2 Perhitungan Hasil Pengujian

Berdasarkan prosedur pelaksanaan pengujian bejana ukur volumetrik penakaran keluar, maka didapatkan beberapa variable atau notasi hasil pengujian yang dapat dirangkum sebagai berikut :

Tabel 3.2 Notasi Hasil Pengujian Bejana Ukur

No.	Variabel Hasil Pengujian	Notasi
1.	Volume nominal bejana ukur yang diuji	N
2.	Volume bersih bejana ukur standar	V_b
3.	Volume sebenarnya bejana ukur standar	V_{RR}
4.	Pembacaan kelebihan/kekurangan dari skala nol volume bejana ukur standar	V_a
5.	Massa jenis air di dalam bejana ukur standar (berdasarkan pengukuran suhu dan tabel massa jenis air Tanaka)	ρ_{RC}
6.	Massa jenis air di dalam bejana ukur yang diuji (berdasarkan pengukuran suhu dan tabel massa jenis air Tanaka)	ρ_{WC}
7.	Suhu air di dalam bejana ukur standar	t_{WR}
8.	Suhu rata-rata air di dalam bejana ukur yang diuji	t_{WC}
9.	Koefisien muai kubik bejana ukur standar	γ_R
10.	Koefisien muai kubik bejana ukur yang diuji	γ_W
11.	Suhu dasar bejana ukur standar	t_{RR}
12.	Suhu dasar bejana ukur yang diuji	t_{WR}
13	Banyaknya penakaran dalam satu seri pengujian	M
14.	Jumlah volume penakaran	S
15.	Pembacaan volume bejana yang diuji	P
16.	Koreksi bejana ukur yang diuji	C
17.	Volume bejana ukur yang diuji sampai dengan skala 0 (nol) pada suhu 28^{o}C	V_{28}
18.	Penunjukkan skala bejana ukur yang diuji pada saat air belum ditambahkan	s_0
19.	Penunjukkan skala bejana ukur yang diuji pada saat air telah ditambahkan	s_1
20.	Perubahan jumlah skala akibat penambahan air	S
21.	Jumlah air yang ditambahkan ke dalam bejana ukur yang diuji	Δv
22.	Perubahan ketinggian meniskus air pada gelas ukur bejana yang diuji setelah ditambahkan air	H
23.	Suhu air yang ditambahkan ke dalam bejana ukur	T
24.	Suhu air referensi yang ditentukan untuk menentukan nilai skala (pada suhu 28^{o}C)	t0
25.	Nilai skala bejana ukur yang diuji	Ns

Perhitungan hasil pengujian bejana ukur meliputi :

a. Volume sebenarnya rata-rata bejana ukur yang diuji pada suhu referensi

1) Volume bersih bejana ukur standar (V_b)

$$V_b = [V_{RR} + V_a].\left[\frac{\rho_{RC}}{\rho_{WC}}\right].[1 + \gamma_W(t_{WR} - t_{WC}) + \gamma_R(t_{RC} - t_{RR})] \qquad (3.2.1)$$

2) Volume bersih total Bejana Ukur referensi (S)

$$S = \sum_{i=1}^{m} (V_b)_i \qquad (3.2.2)$$

3) Koreksi penunjukan volume Bejana Ukur yang diuji (C)

$$C = S - P \qquad (3.2.3)$$

4) Volume sebenarnya Bejana Ukur yang diuji pada suhu referensi (V_{28})

$$V_{28} = N + C \qquad (3.2.4)$$

5) Volume sebenarnya rata-rata Bejana Ukur yang diuji pada suhu referensi ($\bar{V}_{28}$)

$$(\bar{V}_{28}) = \frac{V_{28-seri1} + V_{28-seri2} + V_{28-seri3}}{3} \qquad (3.2.5)$$

b. Nilai skala Bejana Ukur (ns)

1) Jumlah skala s yang diuji dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$s = s_1 - s_0 \quad \text{skala} \qquad (3.2.6)$$

2) Nilai skala (ns)

$$ns = \frac{\Delta v}{s} \quad \frac{mL}{skala} \qquad (3.2.7)$$

3) Nilai skala pada suhu tertentu (ns')

$$ns' = ns\ x\ [1 + (t0 - t)\gamma_m] \qquad (3.2.8)$$

c. Kepekaan leher atas

Perhitungan kepekekaan leher atas dari bejana ukur yang diuji dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Kepekaan = \left[\left(\frac{\Delta V}{h}\right) x\ 3\right]\ mL/3mm \qquad (3.2.9)$$

3.3 Ketidakpastian Pengujian

Pada perhitungan nilai ketidakpastian terdapat beberapa variabel atau notasi yang diperlukan untuk mengolah data ketidakpastian yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.3 Daftar Variabel dan Notasi Perhitungan Ketidakpastian

No.	Notasi	Keterangan
1.	S_{n-1} (V_{ACT})	Standar deviasi dari volume sebenarnya (pada tiga penakaran/seri)
2.	$U_{sert-BUS}$	Ketidakpastian bejana ukur standar pada suhu acuan yang tertera pada sertifikat
3.	k	Faktor cakupan yang tercantum pada sertifikat standar, jika tidak ada diasumsikan nilai k = 2
4.	d_{BUS}	Nilai skala terkecil dari bejana ukur standar
5.	x	Nilai yang besarnya tergantung dai kemampuan baca skala (apabila dapat membaca 1 skala maka x=3, apabila dapat membaca ½ skala maka x=12)
6.	d_{BUU}	Nilai skala terkecil dari bejana ukur yang diuji
7.	$U(\rho_{RC})$	Ketidakpastian standar massa jenis air yang tergantung dari tingkat ketelitian thermometer (pada bejana ukur standar)
8.	$U(\rho_{WC})$	Ketidakpastian standar massa jenis air yang tergantung dari tingkat ketelitian thermometer (pada bejana ukur yang diuji)
9.	t_{udara}	Suhu udara di sekitar bejana ukur (kondisi lab)
10.	t_{RC} (bar)	Rata-rata dari pengukuran suhu air pada bejana ukur standar
11.	nst_{therm}	Day abaca atau nilai skala terkecil dari thermometer
12.	$U_{sert-therm}$	Ketidakpastian thermometer menurut sertifikatnya
13	t_{WC} (bar)	Rata-rata dari pengukuran suhu air pada bejana ukur yang diuji
14.	Vn	Volume nominal bejana ukur yang diuji
15.	CTL (bar)	Rata-rata nilai CTL pada seluruh seri pengujian
16.	CTS (bar)	Rata-rata nilai CTL pada seluruh seri pengujian

Tabel 3.4 Daftar Variabel dan Notasi Perhitungan Ketidakpastian (Lanjutan)

No.	Notasi	Keterangan
17.	M	Jumlah penakaran yang dilakukan (seri)
18.	V_{RR}	Volume bejana ukur standar pada suhu dasar menurut sertifikatnya
19.	V_a (bar)	Rata-rata pembacaan kelebihan/kekurangan dari skala nol volume bejana ukur standar
20.	ρ_{WC} (bar)	Rata-rata dari massa jenis air yang terdapat pada bejana ukur yang diuji
21.	t_{RR}	Suhu dasar dari bejana ukur standar sesuai sertifikat
22.	t_{WR}	Suhu dasar yang dikehendaki pada saat pengujian (28^oC)
23.	γ_R	Koefisien muai kubik bahan bejana ukur standar
24.	γ_W	Koefisien muai kubik bahan bejana ukur standar

a. Ketidakpastian tipe A

1) Ketidakpastian standar

$$u_R = \frac{S_{n-1}(V_{ACT})}{\sqrt{n}} \quad (3.3.1)$$

S_{n-1} (V_{ACT}) adalah standar deviasi, yaitu :

$$S_{n-1}[V_{ACT}] = \sqrt{\frac{\sum(V_{ACTi} - \bar{V}_{ACT})^2}{n-1}} \quad (3.3.2)$$

2) Koefisien sensitivitas

$$c_R = 1 \quad (3.3.3)$$

3) Derajat kebebasan

$$\upsilon_R = n - 1$$

b. Ketidakpastian tipe B

1) Pembacaan penunjukan volume Bejana Ukur yang diuji

a) Ketidakpastian standar

$$u_{VP} = \frac{d_{BUU}}{\sqrt{\mathrm{x}}} \qquad (3.3.4)$$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{VP} = -1 \qquad (3.3.5)$$

c) Derajat kebebasan

Nilai ketidakpastian standar U_{VP} dapat kita percaya sampai dengan 10 % sehingga diperoleh :

$$\upsilon_{VP} = 50$$

2) Volume Bejana Ukur referensi pada suhu referensi

a) Ketidakpastian standar

$$u_{VRR} = \frac{u_{sert-BUS}}{\mathrm{k}} \qquad (3.3.6)$$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{VRR} = (\overline{\mathrm{CTL}}).(\overline{\mathrm{CTS}}).\sqrt{\mathrm{m}} \qquad (3.3.7)$$

c) Derajat kebebasan

Tergantung dari kapabilitas laboratorium yang menerbitkan sertifikat pengujian bejana ukur referensi, namun demikian biasanyadapat kita tuliskan :

$$\upsilon_{VRR} = 50$$

3) Pembacaan kelebihan / kekurangan volume Bejana Ukur referensi

a) Ketidakpastian standar

$$u_{Va} = \frac{d_{BUS}}{\sqrt{\mathrm{x}}} \quad (3.3.8)$$

d_{BUS} adalah nilai skala terkecil (nst) Bejana Ukur referensi.

b) Koefisien sensitivitas

$$\mathrm{c}_{Va} = (\overline{\mathrm{CTL}}).(\overline{\mathrm{CTS}}).\sqrt{\mathrm{m}} \quad (3.3.9)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{\mathrm{Va}} = 50$$

4) Suhu air dalam Bejana Ukur referensi

a) Ketidakpastian standar

$$u_{tRC} = \sqrt{(\mathrm{U}_{HOM-R})^2 + \left(\frac{nst_{therm}}{\sqrt{\mathrm{x}}}\right)^2 + \left(\frac{u_{sert-therm}}{\mathrm{k}}\right)^2} \quad (3.3.10)$$

Dalam perhitungan suhu bejana ukur dianggap sama dengan suhu air pada saat pengujian, oleh karena itu kita harus memperhitungkan faktor homogenitas suhu bejana ukur tersebut. Dinding bejana ukur pada kenyataannya berada antara dua media, udara dan air, oleh karena itu nilai suhu bejana ukur berada antara suhu udara dan suhu air, dengan demikian dapat kita rumuskan ketidakpastian akibat faktor homogenitas ini adalah :

$$U_{HOM-R} = \frac{t_{udara} - t_{RC}}{\sqrt{12}} \quad (3.3.11)$$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{tRC} = (V_{RR} + \bar{V}_a).(\overline{\mathrm{CTL}}).\gamma_R.\sqrt{\mathrm{m}} \quad (3.3.12)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{tRC} = 50$$

5) Suhu air dalam Bejana Ukur yang diuji

a) Ketidakpastian standar

$$u_{tWC} = \sqrt{(\mathrm{U}_{HOM-W})^2 + \left(\frac{nst_{therm}}{\sqrt{\mathrm{x}}}\right)^2 + \left(\frac{u_{sert-therm}}{\mathrm{k}}\right)^2} \quad (3.3.13)$$

$$U_{HOM-W} = \frac{t_{udara} - t_{WC}}{\sqrt{12}} \quad (3.3.14)$$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{tWC} = (V_{RR} + \bar{V}_a).(\overline{\mathrm{CTL}}).\gamma_{\mathbf{W}}.\sqrt{\mathrm{m}} \quad (3.3.15)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{tRC} = 50$$

6) Massa jenis air pada suhu t_{RC}

a) Ketidakpastian standar

$u_{\rho RC;}$ ketidakpastian massa jenis air pada suhu t_{Rc} (3.3.16)

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\rho RC} = (V_{RR} + \bar{V}_a) . (\overline{CTS}) . \frac{\sqrt{m}}{pWC} \quad (3.3.17)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{\rho RC} = 50$$

7) Massa jenis air pada suhu t_{WC}

a) Ketidakpastian standar

$u_{\rho WC;}$ ketidakpastian massa jenis air pada suhu t_{wc} (3.3.18)

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\rho WC} = -(V_{RR} + \bar{V}_a).(\overline{CTL})(\overline{CTS}) \cdot \frac{\sqrt{m}}{pWC} \quad (3.3.19)$$

c) Derajat kebebasan

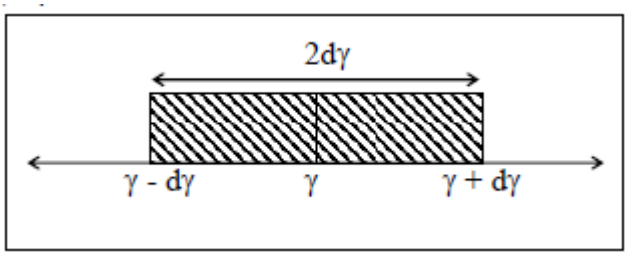
$$\upsilon\rho_{WC} = 50$$

8) Koefisien muai ruang bahan Bejana Ukur Referensi

a) Ketidakpastian standar

$$U_{\gamma R} = \frac{d_{\gamma R}}{\sqrt{3}} \quad (3.3.20)$$

$d_{\gamma R}$: Nilai dari setengah lebar rentang distribusi rectangular dimana nilai $_{\gamma R}$ terletak, seperti ilustrasi dibawah ini



Pada Lampiran Cerapan Syarat Teknis $d_{\gamma R} = 0.000001$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\gamma R} = (V_{RR} + \bar{V}_a).(\overline{CTL}).(\bar{t}RC - tRR).\sqrt{m} \quad (3.3.21)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{\gamma R} = 50$$

9) Koefisien muai ruang bahan Bejana Ukur yang diuji

a) Ketidakpastian standar

$$U_{\gamma W} = \frac{d_{\gamma W}}{\sqrt{3}} \qquad (3.3.22)$$

$d_{\gamma W}$: Nilai dari setengah lebar rentang distribusi rectangular dimana nilai $_{\gamma W}$ terletak.

Pada Lampiran Cerapan Syarat Teknis $d_{\gamma W} = 0.000001$

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\gamma W} = (V_{RR} + \bar{V}_a)(CTL)\,(tWR - \bar{t}WC)\sqrt{m} \qquad (3.3.23)$$

c) Derajat kebebasan

$$\upsilon_{\gamma W} = 50$$

10) Gelembung udara dalam air

a) Ketidakpastian standar

$$u_{\Delta ab} = 0{,}00001 \text{ x } V_N \text{ (L)} \qquad (3.3.24)$$

V_N dalam Liter

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\Delta ab} = 1 \qquad (3.3.25)$$

c) Derajat Kebebasan

$$\upsilon_{\Delta ab} = 50$$

11) Variasi jumlah sisa air

a) Ketidakpastian standar

$$u_{\Delta lr} = 0{,}000005 \times V_N \text{ (L)} \qquad (3.3.26)$$

V_N dalam Liter

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\Delta lr} = 1 \qquad (3.3.27)$$

d) Derajat Kebebasan

$$\upsilon_{\Delta lr} = 50$$

12) Kehilangan air akibat penguapan

a) Ketidakpastian standar

$$u_{\Delta e} = 0{,}000005 \times V_N \text{ (mL)} \qquad (3.3.28)$$

V_N dalam Liter

b) Koefisien sensitivitas

$$c_{\Delta e} = 1 \qquad (3.3.29)$$

c) Derajat Kebebasan

$$\upsilon_{\Delta e} = 50$$

c. Ketidakpastian Standar Gabungan

$$u_c = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2} \quad (3.3.30)$$

d. Derajat Kebebasan Efektif dan Faktor Cakupan

1) Derajat kebebasan efektif

$$\upsilon_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_i \left(\frac{(c_i u_i)^4}{\upsilon_i}\right)} \quad (3.3.31)$$

2) Faktor cakupan

$$k = t_{95}\,(\upsilon_{eff}) \quad (3.3.32)$$

e. Ketidakpastian yang Diperluas

$$U = k\,.\,U_c \quad (3.3.33)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Pengujian bejana ukur volume 100 liter dengan metode volumetrik penakaran keluar ini menggunakan bejana ukur standar volume 20 liter. Data dari bejana ukur standar dan bejana ukur uji yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Bejana Ukur Standar

Merk / Buatan	:	ANKATAMA
Model	:	A.K.U.
No. Seri	:	ATM 00142
Bahan (Koef. Muai)	:	*Stainless Steel* (0.0000477 /^{o}C)
Vol. Nominal	:	20.00000 L
Vol. Sebenarnya	:	19.99045 L
Ketidakpastian	:	± 2.67 mL (95%)
Suhu Acuan	:	20 ^{o}C
Skala Terkecil	:	1 mL
Sertifikat	:	15 Desember 2014
Ketertelusuran	:	SI Direktorat Metrologi

Tabel 4.2 Data Bejana Ukur Uji

Merk / Buatan	:	SNL
Model	:	100-45
No. Seri	:	09002
Bahan (Koef. Muai)	:	*Stainless Steel* (0.0000477 /^{o}C)
Vol. Nominal	:	100 L
Skala Terkecil	:	1 mL

4.1.1 Pengujian Nilai Volume Sebenarnya

Pengujian volume sebenarnya dilakukan dengan mengukur suhu dan melihat pembacaan skala baik dari bejana ukur uji maupun bejana ukur standar. Pembacaan skala pada bejana ukur uji diatur pada posisi pembacaan skala 0 (nol), sedangkan pembacaan skala pada bejana ukur standar diperoleh dari hasil

penakaran keluar. Pengukuran suhu pada bejana ukur uji dilakukan pada 3 (tiga) titik pengukuran yaitu lapisan atas, lapisan tengah, dan lapisan bawah, sedangkan pengukuran suhu pada bejana ukur standar hanya dilakukan pada 1 (satu) titik pengukuran. Pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 (tiga) seri. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-1

Data Bejana Ukur Standar			Data Bejana Ukur Uji	
Penakaran ke	Pembacaan (mL)	Suhu (oC)	Pembacaan skala (mL)	0
1.	19	24.8	Suhu lapisan ke -1	24.8
2.	10	24.8	Suhu lapisan ke -2	24.8
3.	-10	24.8	Suhu lapisan ke -3	24.8
4.	-8	24.8		
5.	-45	24.8		

Tabel 4.4 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-2

Data Bejana Ukur Standar			Data Bejana Ukur Uji	
Penakaran ke	Pembacaan (mL)	Suhu (oC)	Pembacaan skala (mL)	0
1.	25	24.8	Suhu lapisan ke -1	24.8
2.	35	24.7	Suhu lapisan ke -2	24.8
3.	-72	24.7	Suhu lapisan ke -3	24.8
4.	-9	24.8		
5.	-5	24.7		

Tabel 4.5 Data Pengujian Volume Sebenarnya Seri ke-3

Data Bejana Ukur Standar			Data Bejana Ukur Uji	
Penakaran ke	Pembacaan (mL)	Suhu (oC)	Pembacaan skala (mL)	0
1.	8	24.7	Suhu lapisan ke -1	24.7
2.	4	24.7	Suhu lapisan ke -2	24.7
3.	7	24.7	Suhu lapisan ke -3	24.7
4.	-10	24.7		
5.	-37	24.8		

Dari data pengujian pada tabel-tabel diatas, dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan pada sub bagian 3.2, sehingga diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-1

No.	Vol. Nom + Koreksi (V_s) L	Pemb. Skala (V_a) mL	Pemb. Volume L	Suhu t_s ^oC	Ctl ρ_{ts}/ρ_{tm}	Cts $1+\gamma_s(_{ts}-t_{sr})+\gamma_m(t_{mr}-t_m)$	Volume Bersih L
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)+(3) /1000	(5)	(6)	(7)	(8) = (4)x(6)x(7)
1.	19.99045	19	20.00945	24.8	1.000000	1.000382	20.01709
2.	19.99045	10	20.00045	24.8	1.000000	1.000382	20.00808
3.	19.99045	-10	19.98045	24.8	1.000000	1.000382	19.98807
4.	19.99045	-8	19.98245	24.8	1.000000	1.000382	19.99008
5.	19.99045	-45	19.94545	24.8	1.000000	1.000382	19.95306
Suhu cairan bejana uji pada	Lapisan ke -1 =			24.8	Jml Vol Penakaran : S =		99.95638
	Lapisan ke -2 =			24.8	Pemb. Vol. Bejana : P =		100.00000
	Lapisan ke -3 =			24.8	Koreksi Bejana uji : C=S-P		-0.04362
	Rata-rata t_m =			24.8	Vol. Nominal Bejana Uji : N =		100.00000
Volume bejana uji sampai skala 28^{o}C						: V_{28}= N+C	99.95638

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-2

No.	Vol. Nom + Koreksi (V_s) L	Pemb. Skala (V_a) mL	Pemb. Volume L	Suhu t_s ^oC	Ctl ρ_{ts}/ρ_{tm}	Cts $1+\gamma_s(_{ts}-t_{sr})+\gamma_m(t_{mr}-t_m)$	Volume Bersih L
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)+(3) /1000	(5)	(6)	(7)	(8) = (4)x(6)x(7)
1.	19.99045	25	20.01545	24.8	1.000000	1.000382	20.02309
2.	19.99045	35	20.02545	24.7	1.000025	1.000377	20.03351
3.	19.99045	-72	19.91845	24.7	1.000025	1.000377	19.92646
4.	19.99045	-9	19.98145	24.8	1.000000	1.000382	19.98907
5.	19.99045	-5	19.98545	24.7	1.000025	1.000377	19.99349
Suhu cairan bejana uji pada	Lapisan ke -1 =			24.8	Jml Vol Penakaran : S =		99.96562
	Lapisan ke -2 =			24.8	Pemb. Vol. Bejana : P =		100.00000
	Lapisan ke -3 =			24.8	Koreksi Bejana uji : C=S-P		-0.03438
	Rata-rata t_m =			24.8	Vol. Nominal Bejana Uji : N =		100.00000
Volume bejana uji sampai skala 28^{o}C						: V_{28}= N+C	99.96562

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pengujian Volume Sebenarnya Bejana Ukur Uji (V_{28}) Seri ke-3

No.	Vol. Nom + Koreksi (V_s) L	Pemb. Skala (V_a) mL	Pemb. Volume L	Suhu t_s ^oC	Ctl ρ_{ts}/ρ_{tm}	Cts $1+\gamma_s(t_{ts}-t_{sr})+\gamma_m(t_{mr}-t_m)$	Volume Bersih L
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)+(3) /1000	(5)	(6)	(7)	(8) = (4)x(6)x(7)
1.	19.99045	8	19.99845	24.7	1.000000	1.000382	20.00608
2.	19.99045	4	19.99445	24.7	1.000000	1.000382	20.00208
3.	19.99045	7	19.99745	24.7	1.000000	1.000382	20.00508
4.	19.99045	-10	19.98045	24.7	1.000000	1.000382	19.98807
5.	19.99045	-37	19.95345	24.8	0.999975	1.000386	19.96065
Suhu cairan bejana uji pada	Lapisan ke -1 =			24.7	Jml Vol Penakaran : S =		99.96197
	Lapisan ke -2 =			24.7	Pemb. Vol. Bejana : P =		100.00000
	Lapisan ke -3 =			24.7	Koreksi Bejana uji : C=S-P		-0.03803
	Rata-rata t_m =			24.7	Vol. Nominal Bejana Uji : N =		100.00000
Volume bejana uji sampai skala 28^{o}C						: V_{28}= N+C	99.96197

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai V_{28} untuk pengujian seri ke-1 sebesar 99.95638 L, nilai V_{28} untuk pengujian seri ke-2 sebesar 99.96562, dan nilai V_{28} untuk pengujian seri ke-3 sebesar 99.96197, maka akan didapatkan hasil V_{28} rata-rata berdasarkan persamaan 3.2.5 sebesar 99.96132 L atau dapat dikatakan bejana ukur yang diuji tersebut memiliki kesalahan *(error)* sebesar -0.03868 L atau -38.68 mL. Jika dibandingkan dengan batas kesalahan yang diizinkan (BKD) dimana BKD adalah 1/2000 Vn yaitu sebesar ± 50 mL, maka *error* dari hasil pengujian ini masih dalam rentang BKD dan bejana ukur uji tersebut dinyatakan SAH (berdasarkan pengujian volume sebenarnya pada suhu 28^{o}C).

4.1.2 Pengujian Nilai Skala dan Kepekaan Leher Atas

Pada pengujian nilai skala dan kepekaan leher atas dari bejana ukur diperoleh hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Nilai Skala Bejana Ukur

PENGUJIAN NILAI SKALA BEJANA UKUR		
Volume air suling (ΔV)	:	1500 mL
Jumlah skala (s)	:	153.5 Skala
Nilai skala (ΔV/s)	:	9.772 mL/skala
Suhu air suling (t)	:	24.7 ^{o}C

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kepekaan Leher Atas Bejana Ukur

PENGUJIAN KEPEKAAN LEHER ATAS		
Volume air suling (ΔV)	:	1500 mL
Ketinggian permukaan cairan (h)	:	271.65 Mm
Kepekekaan leher atas	:	16.565 mL/3 mm

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh nilai skala hasil pengujian sebesar 9.772 mL/skala pada suhu 24.7^{o}C. Sementara itu, dengan menggunakan persamaan 3.2.8 dapat diketuhai nilai skala pada suhu referensi (t_0) 28 ^{o}C adalah sebesar 9.773 mL/skala. Untuk pengujian kepekaan leher atas dengan menggunakan persamaan 3.2.9 diperoleh nilai kepekaan leher atas sebesar 16.565 mL/3 mm. Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) untuk kepekaan leher atas adalah 1/2000 dari volume nominal (100 Liter) yaitu sebesar 50 mL/3 mm. Dari data diatas dapat dinyatakan bahwa untuk pengujian kepekaan leher atas dari bejana ukur adalah SAH, karena jumlah penambahan air yang diperlukan untuk menaikkan ketinggian meniskus air lebih kecil dari BKD yang ditentukan.

4.1.3 Perhitungan Ketidakpastian

Berdasarkan data-data dari peralatan standar dan hasil pengujian, maka diperoleh variabel dan nilai-nilai untuk menghitung ketidakpastian seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Variabel dan Nilai untuk Perhitungan Ketidakpastian Bejana Ukur

No.	Notasi	Nilai
1.	S_{n-1} (V_{ACT})	0.004654
2.	$U_{sert-BUS}$	0.002670
3.	k	2.000000
4.	d_{BUS}	0.001000
5.	x	3.000000
6.	d_{BUU}	0.001000
7.	U(ρ_{RC})	0.005000
8.	U(ρ_{WC})	0.005000
9.	t_{udara}	24.800000
10.	t_{RC} (bar)	24.753333
11.	nst_{therm}	0.100000
12.	$U_{sert-therm}$	0.110000

No.	Notasi	Nilai
13.	t_{WC} (bar)	24.766667
14.	Vn	100.000000
15.	CTL (bar)	1.000003
16.	CTS (bar)	1.000381
17.	m	3.000000
18.	V_{RR}	19.990450
19.	V_a (bar)	-5.866667
20.	ρ_{WC} (bar)	997.106313
21.	t_{RR}	20.000000
22.	t_{WR}	28.000000
23.	γ_R	0.000048
24.	γ_W	0.000048

Dari data-data diatas, dapat diolah menjadi data perhitungan ketidakpastian standar dan nilai koefisien sensitivitas dari ketidakpastian pengukuran pengujian bejana menggunakan metode volumetrik penakaran keluar. Perhitungan ketidakpastian standar dapat diperoleh menggunakan persamaan 3.3.1 sampai dengan persamaan 3.3.29. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Standar Pada Pengujian Bejana Ukur

No.	Sumber Ketidakpastian		Ketidakpastian Standar (ui)	Koefisien Sensitivitas (ci)	Derajat Kebebasan (vi)
1.	Ketidakpastian Tipe A *(Repeatability* V_{28}*)*	R	0.002687	1.000000	2
2.	Pembacaan Penunjukkan Volume Bejana Ukur Uji	V_p	0.000577	-1.000000	50
3.	Volume Bejana Ukur Referensi pada Suhu Referensi	V_{RR}	0.001335	1.732716	50
4.	Pembacaan kelebihan/kekurangan Volume Bejana Ukur Referensi	V_a	0.000577	1.732716	50
5.	Suhu air dalam Bejana Ukur Referensi	t_{RC}	0.080885	0.001166	50
6.	Suhu air dalam Bejana Ukur Uji	t_{WC}	0.080317	-0.001166	50
7.	Massa Jenis air pada suhu t_{RC}	ρ_{RC}	0.005000	0.024543	50
8.	Massa Jenis air pada suhu t_{WC}	ρ_{WC}	0.005000	-0.024544	50
9.	Koefisien Muai ruang bahan Bejana Ukur Referensi	γ_R	5.773×10^{-7}	116.273485	50
10.	Koefisien Muai ruang bahan Bejana Ukur Uji	γ_W	5.773×10^{-7}	79.097527	50
11.	Gelembung Udara dalam air	Δab	0.001000	1.000000	50
12.	Variasi jumlah sisa air	ΔIr	0.000500	1.000000	50
13.	Kehilangan air akibat penguapan	Δe	0.000500	1.000000	50

Dengan menggunakan persamaan 3.3.30 sampai dengan 3.3.33, data-data diatas dapat diolah sehingga diperoleh nilai ketidakpastian yang diperluas. Rangkuman hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.13 Rangkuman Hasil Perhitungan Ketidakpastian yang Diperluas

Ketidakpastuan Standar Gabungan	u_c	0.003932
Derajat Kebebasan Efektif	v_{eff}	8.955248
Faktor Cakupan	k	2.306004
Ketidakpastian yang Diperluas	U	0.009067

Dari tabel diatas, maka penulisan hasil ketidakpastian pengukuran bejana ukur adalah 99.96132 L ± 0.00907 L. Berdasarkan persyaratan kemetrologian dari bejana ukur tentang Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD), nilai ketidakpastian yang diperluas untuk tera atau tera ulang adalah sebesar 1/3 dari nilai BKD yaitu ± 16.67 mL atau ± 0.01667 L. Dari hasil perhitungan, nilai ketidakpastian yang diperluas masih dalam rentang nilai BKD.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dan perhitungan bejana ukur volume 100 Liter dengan metode volumetrik penakaran keluar menggunakan bejana ukur standar volume 20 liter, maka hasil tersebut dapat dirangkum dan dibandingkan dengan Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Pengujian dan Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) pada Pengujian Bejana Ukur

Variabel	Nilai Hasil Pengujian	BKD
Volume Sebenarnya (V_{28})	99.96132 L	
Kesalahan *(Error)* (V_{28})	-38.68 mL	± 50 mL
Kepekaan Leher Atas	16.565 mL/3 mm	50 mL/3 mm
Ketidakpastian yang Diperluas	0.00907 L	± 0.01667L
Nilai Skala	9.773 mL/skala	

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai kesalahan *(error)* dari volume sebenarnya pada suhu 28^{o}C, nilai kepekaan leher atas, dan nilai ketidakpastian yang diperluas dari hasil pengujian secara keseluruhan masih dalam rentang Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD), artinya bejana ukur yang diuji dapat dinyatakan SAH berdasarkan persyaratan kemetrologian menurut SK Dirjen PDN No. 23/PDN/KEP/3/2010 tentang syarat teknis bejana ukur.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 3 (tiga) seri, didapatkan nilai Repeatability yang merupakan standar deviasi dari hasil perhitungan volume sebenarnya (V_{28}) sebesar 0.004654 L. Faktor yang cukup signifikan dalam mempengaruhi perbedaan hasil pengukuran seri satu dengan lainnya adalah pembacaan meniskus pada penunjukkan bejana ukur uji maupun bejana ukur standar. Pada saat pembacaan meniskus, sangat besar kemungkinan terjadi kesalahan paralaks, disebabkan karena posisi pembacaan yang kurang tegak lurus maupun kondisi gelas baca pada bejana ukur.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dalam penulisan tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain :

1. Dari pengujian bejana ukur volume 100 liter dengan metode volumetrik menggunakan bejana ukur standar 20 liter, diperoleh nilai volume sebenarnya pada suhu 28 ^{o}C (V_{28}) sebesar 99.96132 L, nilai kesalahan *(error)* sebesar -38.68 mL, dan nilai ketidakpastian yang diperluas sebesar 0.00907 L.
2. Pada pengujian nilai skala dan kepekaan leher atas pada bejana ukur 100 liter, diperoleh nilai skala sebesar 9.773 mL/skala, dan nilai kepekaan leher atas sebesar 16.565 mL/3 mm.
3. Nilai hasil pengujian volume sebenarnya pada suhu 28^{o}C (V_{28}), kesalalahan *(error)*, kepekaan leher atas, dan ketidakpastian yang diperluas masih didalam rentang Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) sehingga bejana ukur yang diuji dapat dinyatakan SAH.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan bagi yang akan melakukan pengujian bejana ukur menggunakan metode volumetrik penakaran keluar antara lain :

1. Perhatikan posisi tubuh pada saat membaca meniskus bejana ukur, pastikan pandangan tegak lurus terhadap posisi meniskus pada gelas baca bejana ukur untuk meminimalisir kesalahan paralaks.

2. Perhatikan posisi tubuh saat akan mengangkat dan menuangkan cairan pada bejana ukur volume 20 liter ke dalam bak penampungan agar tidak mengakibatkan cedera pada bagian tubuh.
3. Perhatikan posisi bejana ukur pada saat menuangkan cairan pada bejana ukur ke dalam bak penampungan yaitu pada posisi 80-90 derajat. Agar tidak ada sisa cairan yang tertinggal pada bejana ukur.
4. Pada saat penakaran keluar dari bejana uji ke dalam bejana standar, atur posisi selang dan pembukaan *valve* agar tidak ada percikan air yang keluar, karena akan mempengaruhi hasil pengukuran. Selain itu perhatikan baik-baik berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam satu kali penakaran agar air tidak meluap.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Khafid dan Rismisari Harfiah. 2017. *Bahan Ajar Diklat Penera Tingkat Terampil Peneraan UTTP Volume Statis*. Bandung: Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian.

Organisation Internationale de Metrologie Legale (OIML).2012.*International Recommendation OIML R120-e96 Edition 2012 (E). Standars Capacity Measures for Testing Measuring System for Liquid Others Than Water*. Paris: Bureau International de Metrologie Legale.

Rahmadi, Affan Ibnu. 2016. *Perbandingan Pengujian Bejana Ukur dengan Metode Gravimetrik dan Volumetrik serta Studi Awal Postur Tubuh dalam Melakukan Prosedur Pengujian Bejana Ukur (Contoh Kasus Bejana Ukur Kapasitas 10 L)*. Tugas Akhir Diklat Tidak Diterbitkan Bandung: Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian.

Republik Indonesia. 2010. Keputusan Direktur Jendral Perdagangan Dalam Negeri Nomor 23/PDN/KEP/3/2010 tentang Syarat Teknis Bejana Ukur. Jakarta: Kementerian Perdagangan.

Yudha, Gloria Vera. 2014. *Perbandingan Pengujian Bejana Ukur 100 Liter Menggunakan Bejana Ukur Standar 20 Liter dan 10 Liter dengan Metode Volumetrik Penakaran Keluar*. Tugas Akhir Diklat Tidak Diterbitkan Bandung: Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian.

LAMPIRAN 1

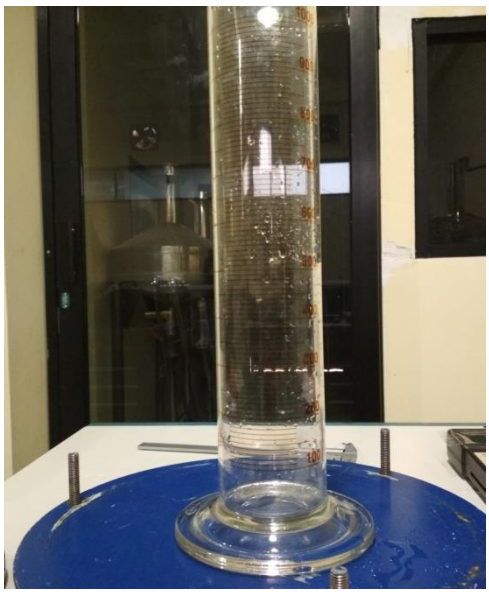
STANDAR, PERALATAN DAN PERLENGKAPAN PENGUJIAN



Bejana Ukur Uji



Bejana Ukur Standar



Gelas Ukur



Thermometer

KEMENTERIAN PERDAGANGAN
MINISTRY OF TRADE

DIREKTORAT JENDERAL STANDARDISASI DAN PERLINDUNGAN KONSUMEN
DIREKTORAT METROLOGI

Jl. Pasteur No. 27 Bandung 40171
Telp. (022) 4203597 (Hunting), Fax. (022) 4207035

SERTIFIKAT KALIBRASI

Calibration certificate

Nomor : 3930 / SPK.5.7 / 12 / 2014

Nama Alat : **BEJANA UKUR**
Measuring instrument

No. Order :	2072-22-022 07/11/2014

Merek / Buatan *Trade mark / manufactured by*	:	ANKATAMA / INDONESIA
Model / Tipe *Model / Type*	:	- / A.K.U
Nomor Seri *Serial Number*	:	ATM 00142 / -
Kapasitas / Daya baca *Capacity / Readability*	:	20 L / 5 mL
Suhu Dasar *Temperatur Refference*	:	20 °C
Koefisien Muai Kubik *Thermal cubic expansion*	:	0,0000477 / °C

Pemilik : **PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA KEMETROLOGIAN**
User **Jl. Daeng M. Ardiwinata km 3,4 Cihanjuang Parongpong**

Hasil : **DISAHKAN BERDASARKAN UNDANG – UNDANG R.I.**
Result **NOMOR 2 TAHUN 1981 TENTANG METROLOGI LEGAL DAN DIBUBUHI TANDA TERA SAH "14"**

Berlaku Sampai : **DESEMBER 2015**
Due to

Sertifikat ini terdiri dari 2 (dua) halaman
This certificate consists of 2 (two) pages

Bandung, 15 Desember 2014

Direktur Metrologi
u.b
Kepala Balai Pengelolaan
Standar Nasional Satuan Ukuran,

Agus Permana

Dilarang menggandakan sebagian dari isi sertifikat ini tanpa ijin tertulis dari Direktorat Metrologi Bandung

METODE, STANDAR DAN TELUSURAN
Method, Standard and Traceability

- Metode : Volumetrik
  OIML R-120 (1996) "*Standard capacity measures for testing systems for liquid other than water*"
- Standar : Bejana Ukur (merk : Ankatama)
- Tertelusur ke Satuan Pengukuran SI melalui Direktorat Metrologi

DATA KALIBRASI
Calibration data

- Referensi : Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Kemetrologian, tanggal 7 November 2014
- Tanggal : 10 Desember 2014
- Dikalibrasi oleh : Noprizal A., S.Si., MT., Enat Nati Siti Ropakah, SH., & R. Nanda Zukasyana
- Lokasi : Laboratorium Volume Direktorat Metrologi Bandung
- Kondisi ruangan : Suhu : (20 ± 3) °C
  Kelembaban : (50 ± 10) %

HASIL
Results

Suhu Dasar	15°C	15,6°C	20°C	28°C
Volume sebenarnya (mL)	19985,68	19986,25	19990,45	19998,07
Nilai Skala Utama (mL)	5,00	5,00	5,00	5,00
Waktu Tetesan (s)	10			
Ketidakpastian (k=2) (mL)	± 2,67			
Kepekaan Leher (mL/3mm)	9,091			

Kepala Seksi Pelayanan Teknis

Oki Sri Swastini
NIP. 19750625 199403 2 001

K-16- 01848

KEMENTERIAN PERDAGANGAN REPUBLIK INDONESIA
MINISTRY OF TRADE

DIREKTORAT JENDERAL STANDARDISASI DAN PERLINDUNGAN KONSUMEN
DIREKTORAT METROLOGI

Jl. Pasteur No. 27 Bandung 40171
Telp. (022) 4203587 (Hunting), Fax. (022) 4207035

KAN
Laboratorium Kalibrasi
No. LK-045-IDN

SERTIFIKAT KALIBRASI

Calibration certificate

Nomor : 1385 / SPK.5.7 / 06 / 2016

Nama Alat : **GELAS UKUR**
Measuring instrument

No. Order :	3828-16-027 09/06/2016

Merek / Buatan *Trade mark / manufactured by*	:	IWAKI / -
Model / Tipe *Model / Type*	:	- / IN
No. Seri / No. Identitas *Serial Number/Identity Number*	:	- / -
Kapasitas / Daya baca *Capacity / Readability*	:	100 ~ 1000 mL / 10 mL
Kelas / Suhu Acuan *Class / Temperature Reference*	:	A / 20 °C

Pemilik : **PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA KEMETROLOGIAN**
User **Jl. Daeng Muhammad Ardiwinata km 3.4 Cihanjuang Parongpong – Bandung 40559**

Sertifikat ini terdiri dari 2 (dua) halaman
This certificate consists of 2 (two) pages

Bandung, 20 Juni 2016

Direktur Metrologi
u.b
Kepala Balai Pengelolaan
Standar Nasional Satuan Ukuran,

KEMENTERIAN PERDAGANGAN
STANDARDISASI DAN PERLINDUNGAN KONSUMEN
DIREKTORAT JENDERAL

Agus Permana

METODE, STANDAR DAN TELUSURAN
Method, Standard and Traceability

- Metode : - ISO 4788 (2005-05-01) Laboratory glassware – Graduated measuring cylinder
  - IK-501 Kalibrasi Gelas Ukur
- Standar : Timbangan Elektronik kelas I (NS : 1121273179), Thermometer (NS :22450303) & Stopwatch
- Tertelusur ke Satuan Pengukuran SI Melalui Direktorat Metrologi

DATA KALIBRASI
Calibration data

- Referensi : Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian, Tanggal 9 Juni 2016
- Tanggal : 10 Juni 2016
- Dikalibrasi oleh : Hadi Widarso, ST. & Moh. Agung Nugroho, A.Md
- Lokasi : Laboratorium Volume Direktorat Metrologi
- Kondisi ruangan : Suhu : (20 ± 3) °C
  Kelembapan : (50 ± 10) %

HASIL
Results

Nominal (mL)	Volume Sebenarnya (mL)	Ketidakpastian k=2 (mL)
100	100,06	± 0,67
500	500,06	± 0,67
1000	1000,6	± 1,7

Kepala Seksi Pelayanan Teknis

Oki Sri Swastini
NIP. 19750625 199403 2 001

KEMENTERIAN PERDAGANGAN
MINISTRY OF TRADE

DIREKTORAT JENDERAL STANDARDISASI DAN PERLINDUNGAN KONSUMEN
DIREKTORAT METROLOGI

Jl. Pasteur No. 27 Bandung 40171
Telp. (022) 4203597 (Hunting), Fax. (022) 4207035

K-16- 01872

KAN
Laboratorium Kalibrasi
No. LK-045-IDN

SERTIFIKAT KALIBRASI

Calibration certificate

Nomor : 1345 / SPK.5.7 / 06 / 2016

Nama Alat : **THERMOMETER DIGITAL**
Measuring instrument

No. Order :	3828-16-027 09/06/2016

Merek / Buatan *Trade mark / manufactured by*	:	LUTRON / TAIWAN
Model / Tipe *Model / Type*	:	TM – 917 / -
Nomor Seri / Identitas *Series Number / Identity*	:	I.309924 / -
Kapasitas / Daya baca *Capacity / Readability*	:	- / 0,1 °C
Kelas *Class*	:	-

Pemilik : **PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA KEMETROLOGIAN**
Usor **Jl. Daeng Muhammad Ardiwinata km 3.4 Cihanjuang Parongpong – Bandung 40559**

Sertifikat ini terdiri dari 2 (dua) halaman
This certificate consists of 2 (two) pages

Bandung, 13 Juni 2016

Direktur Metrologi
u.b.
Kepala Balai Pengujian UTTP,

Bambang Sihono

Dilarang menggandakan sebagian dari isi sertifikat ini tanpa ijin tertulis dari Direktorat Metrologi Bandung

METODE, STANDAR DAN TELUSURAN
Method, Standard and Traceability

- Metode : - JIS Z 8710 "Temperature Measurement-General Measurement"
  - IK-402-04 Kalibrasi Thermometer Digital
- Standar : Dry Block+Built in PRT; FLUKE; 9170/5609; B56017/3694
- Tertelusur ke Satuan Pengukuran SI melalui PT. Siwali Swantika

DATA KALIBRASI
Calibration data

- Referensi : Pusat Pengembangan Sumber Daya Kemetrologian, tanggal 9 Juni 2016
- Tanggal : 10 Juni 2016
- Dikalibrasi oleh : Yulia Artati, ST., MT., Teguh Pranoto Saderi, ST. & M. Asistetaqun.S.Si.
- Lokasi : Laboratorium Suhu Direktorat Metrologi
- Kondisi ruangan : Suhu : (22 ± 2) °C
  Kelembapan : (60 ± 10) %

HASIL
Results

Pembacaan Alat (°C)	Koreksi (°C)	Ketidakpastian (k=2) (°C)
0,5	- 0,53	± 0,11
25,0	- 0,01	± 0,11
49,9	+ 0,11	± 0,11
74,9	+ 0,11	± 0,11
100,2	- 0,20	± 0,11

Kepala Seksi Pelayanan Teknis

Oki Sri Swastini
NIP. 19750625 199403 2 001

Dilarang menggandakan sebagian dari isi sertifikat ini tanpa ijin tertulis dari Direktorat Metrologi Bandung