

STUDI METODE KALIBRASI HIGROMETER ELEKTRIK *Study on Electrical Hygrometer Calibration Method*

Arfan Sindhu Tistomo

Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (KIM) LIPI
Kawasan PUSPIPTEK Serpong 15314, Banten, Indonesia
email: arfan@kim.lipi.go.id

Diterima: 11 Desember 2013, Direvisi: 14 Februari 2014, Disetujui: 17 Maret 2014

Abstrak

Studi metode kalibrasi higrometer elektrik telah dilakukan. Sebuah metode yang tidak mengukur efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu dari alat yang dikalibrasi serta pada umumnya digunakan oleh laboratorium kalibrasi di Indonesia, dibandingkan dengan metode yang direkomendasikan oleh BIPM (*International Bureau of Weights and Measures*). Proses kalibrasi dilakukan dua kali dalam setahun dengan rentang 40 %RH sampai dengan 80 %RH. Ketidakpastian terentang metode pertama dihitung dengan menambahkan efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu yang didapat dari metode kedua. Uji tes statistik menggunakan E_n number dilakukan untuk validasi. Sebagai hasilnya, E_n number untuk semua nilai yang diuji di bawah 1 yang berarti bahwa metode pertama dapat digunakan selama estimasi yang tepat akan efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu dilakukan.

Kata kunci: kelembaban, histeresis, suhu, validasi, kalibrasi.

Abstract

Study on electrical hygrometer calibration method has been conducted. The method, which does not measure hysteresis and temperature dependence effect of the unit under test and is generally used by calibration laboratories at Indonesia, is compared against the method which is recommended by BIPM (International Bureau of Weights and Measures). The calibration process is carried out twice in a year covering 40% RH to 80% RH calibration range. The expanded uncertainty of the first method is calculated by adding the effect of hysteresis and temperature dependence obtained from the second method. Statistic test use the E_n number to make validation. As a result, E_n numbers for all tested values are lower than 1 (one), which means that the first method can be used as long as a correct estimation of the hysteresis and temperature dependence effect is taken.

Keywords: humidity, hysteresis, temperature, validation, calibration.

1. PENDAHULUAN

Terdapat dua buah metode yang secara umum digunakan di dalam mengkalibrasi higrometer elektrik. Pertama, pengukuran kelembaban relatif dilakukan dari nilai terendah menuju nilai tertinggi sesuai dengan rentang kalibrasi yang ditentukan pada suatu suhu ruangan tertentu (*standby temperature*) yang biasanya 23 °C atau 25 °C. Metode ini diterapkan oleh banyak laboratorium kalibrasi di Indonesia dan beberapa NMI (*National Metrology Institute*) seperti NIS Mesir (Mahmoud E.E., 2009). Kedua, pengukuran kelembaban relatif dilakukan secara naik dan turun sesuai dengan rentang kalibrasi yang ditentukan pada beberapa suhu ruangan (*standby temperature*). Dengan cara ini, sumber ketidakpastian yang berupa histeresis dan

kegayutan terhadap suhu dapat ditentukan sekaligus. Kedua komponen tersebut cukup besar sumbangannya (Arfan dkk, 2013) sehingga harus ada di dalam ketidakpastian pengukuran seperti yang disyaratkan oleh M. Heinonen (2006). Metode ini juga direkomendasikan oleh BIPM kepada NMI-NMI yang pada dasarnya memiliki fasilitas *primary level* (Nielsen J, 2013).

Metode pertama jelas menawarkan kecepatan di dalam pengerjaan. Namun, output yang dihasilkan kurang memberikan kehandalan akibat tidak terukurnya efek dari histeresis dan kegayutan terhadap suhu. Untuk mengatasi kelemahan tersebut estimasi efek kedua parameter ini dapat saja dilakukan.

Walaupun langkah tersebut cukup rasional, validasi metode tetap perlu dilakukan

untuk menjamin mutu dari output yang dihasilkan sesuai dengan SNI ISO/IEC 17025:2008 klausa 5.4 (BSN, 2008).

Makalah ini memaparkan kajian tentang validitas metode pertama apabila ketidakpastian berasal dari histeresis dan kegayutan terhadap suhu diberikan dari metode kedua sebagai nilai estimasi berdasarkan uji statistik menggunakan persamaan E_n number.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Higrometer Elektrik

Tipe ini merupakan higrometer yang paling banyak digunakan oleh industri. Pada umumnya sensor jenis ini berupa sebuah lapisan tipis terbuat dari polimer yang diletakkan diantara dua buah elektroda (M. Heinonen 2006). Ketika molekul-molekul uap air bersentuhan dan masuk ke dalam lapisan tipis tersebut maka nilai tahanan atau kapasitan berubah. Perubahan secara elektrikal ini menandakan perubahan kelembaban udara. Mayoritas tipe ini sudah berupa alat digital bahkan ada yang sudah dilengkapi dengan kemampuan merekam data.

2.2 Uji Statistik E_n number

Merupakan uji statistik yang didapatkan dari perbedaan nilai ukur metode pertama dengan nilai ukur metode kedua (acuan) dibagi akar penjumlahan kuadratik masing-masing ketidakpastian terentangnya dan dirumuskan sebagai berikut (National Association for Proficiency Testing, 2013).

$$E_n = \frac{|x - X|}{\sqrt{U_x^2 + U_X^2}} \quad (1)$$

Dimana x adalah nilai ukur metode pertama dan X adalah nilai ukur metode kedua. U_x dan U_X berturut-turut adalah ketidakpastian terentang nilai ukur metode pertama dan kedua dengan tingkat kepercayaan 95%.

Tingkat validasi dibagi menjadi dua kategori yaitu apabila E_n bernilai kurang atau sama dengan satu, maka metode pertama dikatakan valid dan sebaliknya apabila E_n bernilai lebih besar daripada satu maka metode pertama dikatakan tidak valid.

3. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan adalah sebuah standar berupa *two-pressure humidity generator* 200

produksi Thunder Scientific. Sedangkan *unit under test* (UUT) berupa termohigrometer elektrik produksi STEINS dengan akurasi ± 3 %RH sampai ± 5 %RH. Rentang kalibrasi yang ditetapkan adalah 40 %RH sampai 80 %RH yang merupakan rentang kalibrasi yang umum dilakukan oleh laboratorium kalibrasi di Indonesia. UUT ditempatkan di dalam mini chamber yang ketidakseragaman suhunya di bawah $\pm 0,1^\circ\text{C}$ (A.S. Tistomo et al, 2013). Data diambil sebanyak 10 kali dalam interval waktu 5 menit. Output kalibrasi berupa koreksi yaitu selisih penunjukan standar dikurangi dengan penunjukan UUT yang didapat melalui interpolasi data berbasis persamaan polynomial orde 2 sebagai berikut:

$$\text{koreksi} = a_0 + a_1 \times RH + a_2 \times RH^2 \quad (2)$$

Dimana a_0, a_1 , dan a_2 adalah konstanta yang didapatkan melalui regresi linear orde 2 RH adalah penunjukan alat (UUT).

Proses kalibrasi dilakukan dua kali dalam kurun waktu kurang dari setahun. Selama selang waktu antara percobaan pertama dengan percobaan kedua, UUT digunakan dan diperlakukan sedemikian hingga dapat dipastikan UUT mengalami *drift*. Rentang waktu ini diambil karena pada umumnya periode kalibrasi UUT dengan spesifikasi di atas adalah setahun sekali (KAN, SR 05).

3.1 Metode Pertama

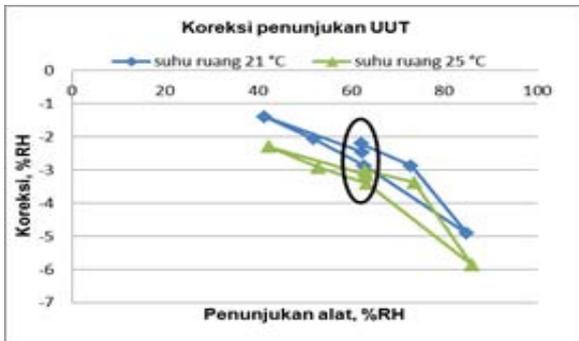
Kalibrasi dilakukan pada suhu ruangan/*chamber* (*standby temperature*) 23°C . Pengukuran kelembaban relatif dilakukan dari titik ukur terendah menuju titik ukur tertinggi (*ascending*). Titik-titik ukur tersebut adalah 40 %RH, 45 %RH, 50 %RH, 55 %RH, 60 %RH, 65 %RH, 70 %RH, 75 %RH, 80 %RH. Sembilan titik tersebut digunakan agar dapat memberikan derajat kebebasan yang cukup secara statistik ketika persamaan koreksi (2) diformulasikan.

3.2 Metode Kedua

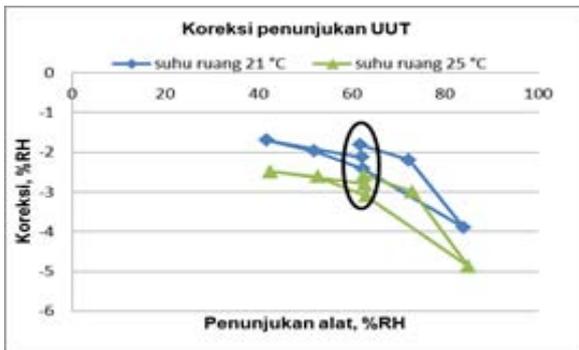
Kalibrasi dilakukan pada suhu ruangan 21°C dan 25°C atau $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Untuk tiap-tiap suhu ruangan, pengukuran kelembaban relatif dilakukan mulai dari 60 %RH \rightarrow 70 %RH \rightarrow 80 %RH \rightarrow 60 %RH \rightarrow 50 %RH \rightarrow 40 %RH \rightarrow 60 %RH. Nilai ketidakpastian dari histeresis dan kegayutan terhadap suhu diambil dari perbedaan koreksi awal dan akhir pada titik 60 %RH.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kalibrasi UUT pertama dan kedua kali, ketidakpastian baku dari efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu berturut-turut sebesar $\pm 0,35$ %RH dan $\pm 0,37$ %RH seperti yang terlihat di Gambar 1 dan 2 (ditandai dengan lingkaran). Untuk metode pertama, ketidakpastian tersebut digabung dengan ketidakpastian baku pengukuran lainnya kemudian dikalikan dengan 2 untuk mendapatkan ketidakpastian terentangnya. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara perhitungan ketidakpastian terentang untuk metode pertama yang sudah ditambahkan dengan efek tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1 Koreksi penunjukan UUT dengan metode kedua sebelum interpolasi pada kalibrasi I.



Gambar 2 Koreksi penunjukan UUT dengan metode kedua sebelum interpolasi pada kalibrasi II.

Tampak pada Tabel 1 bahwa ketidakpastian terentang untuk semua pengukuran memiliki level yang sama (setara). Ini membuktikan bahwa langkah penambahan ketidakpastian dari efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu sudah tepat mengingat komponen ini tidak ada pada metode pertama.

Tabel 1 Hasil kalibrasi.

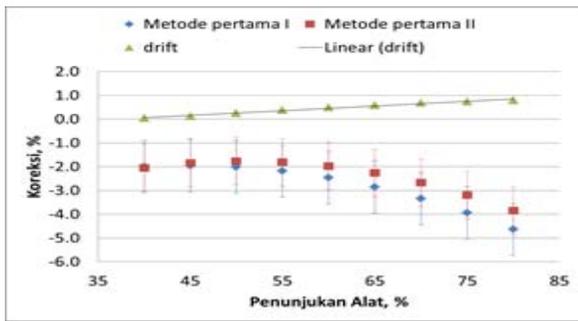
Penun- jukan Alat (%RH)	Koreksi Kalibrasi I (% RH)		Koreksi Kalibrasi II (% RH)	
	Metode Pertama I	Metode Kedua I	Metode Pertama II	Metode Kedua II
40	-2,0	-2,0	-2,0	-2,3
45	-2,0	-2,0	-1,8	-2,1
50	-2,0	-2,1	-1,8	-2,1
55	-2,2	-2,3	-1,8	-2,1
60	-2,5	-2,6	-2,0	-2,3
65	-2,9	-2,9	-2,3	-2,5
70	-3,3	-3,4	-2,7	-2,8
75	-3,9	-3,9	-3,2	-3,2
80	-4,6	-4,5	-3,9	-3,7
U₉₅	1,1	1,1	1,0	1,1

Tabel 2 Analisis ketidakpastian metode pertama.

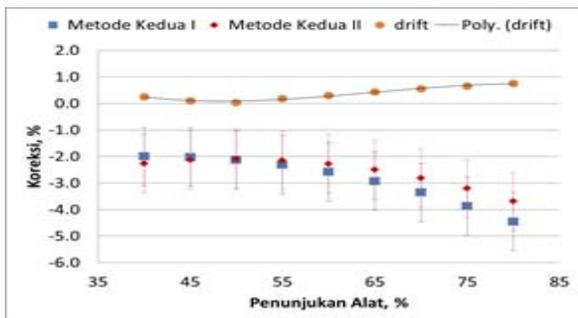
Komponen ketidakpastian	Satuan	Metode pertama I	Metode Pertama II
u gabungan dari standar	%RH	0,17	0,17
Resolusi UUT	%RH	0,03	0,03
stabilitas	%RH	0,01	0,02
linearitas	%RH	0,36	0,24
u persamaan koreksi	%RH	0,02	0,00
Histeresis,tem. dependence	%RH	0,35	0,37
U₉₅	%RH	1,1	1,0

Selanjutnya, kedua metode juga sama-sama dapat mendeteksi *drift* UUT kurang dari 1 %RH yang terjadi di antara selang waktu periode kalibrasi seperti tampak pada Gambar 3 dan 4. Walaupun demikian, *drift* yang diungkap oleh kedua metode memiliki perbedaan. Metode pertama memperlihatkan *drift* yang cenderung linear, sedangkan metode kedua memperlihatkan *drift* yang tidak linear.

Drift yang muncul pada kedua metode mengakibatkan pergeseran nilai tengah (nilai terbaik) pengukuran. Akan tetapi baik metode pertama maupun metode kedua menunjukkan bahwa hasil kalibrasi mampu menutup pergeseran tersebut yang ditunjukkan dengan lengan (*error bar*/ ketidakpastian) dari kalibrasi I mencakup nilai tengah kalibrasi II dan sebaliknya.



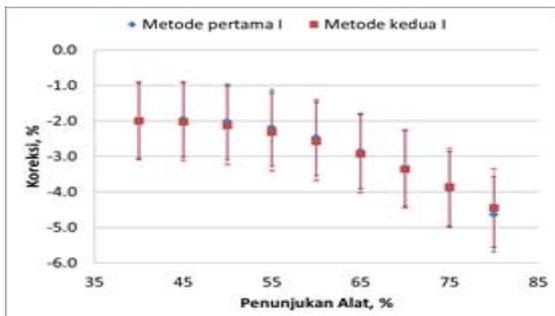
Gambar 3 Perbandingan hasil kalibrasi I dan II oleh metode pertama.



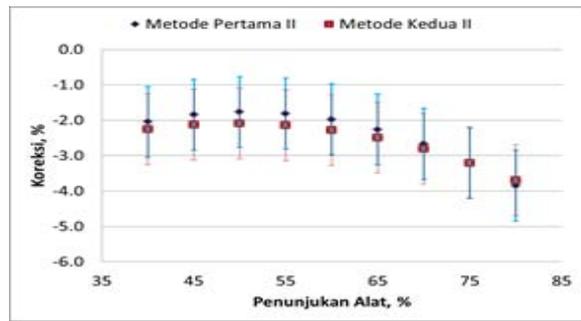
Gambar 4 Perbandingan hasil kalibrasi I dan II oleh metode kedua.

Adapun perbandingan kedua metode pada tiap-tiap kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Tampak bahwa nilai tengah metode pertama berbeda dengan nilai tengah metode kedua. Akan tetapi nilai tengah metode kedua masih dicakup oleh ketidakpastian metode pertama begitu pula sebaliknya nilai tengah metode pertama dicakup oleh ketidakpastian metode kedua (kondisi serupa dengan *drift* pada Gambar 3 dan 4). Sehingga hasil kalibrasi tersebut dapat dikatakan *inlier*.

Evaluasi uji statistik E_n number dapat dilihat pada Tabel 3. Tampak bahwa semua nilai kurang dari 1, sehingga dapat dikatakan bahwa metode pertama valid dan dapat digunakan dengan syarat pelaku kalibrasi dapat mengestimasi efek histeresis dan *temperature dependence* dengan baik.



Gambar 5 Perbandingan kedua metode pada kalibrasi pertama.



Gambar 6 Perbandingan kedua metode pada kalibrasi kedua.

Tabel 3 Uji statistik E_n number.

Penunjukan Alat (%RH)	E_n number	
	kalibrasi 1	Kalibrasi 2
40	0,0	0,1
45	0,0	0,2
50	0,1	0,2
55	0,1	0,2
60	0,1	0,2
65	0,1	0,2
70	0,0	0,1
75	0,0	0,0
80	0,1	0,1

5. KESIMPULAN

Metode kalibrasi higrometer elektrik dengan hanya melakukan pengukuran kelembaban relatif dari nilai terendah menuju tertinggi pada satu suhu ruang (*standby temperature*) saja dapat digunakan. Hal ini telah dibuktikan dan divalidasi dengan metode yang direkomendasikan oleh BIPM melalui uji statistik menggunakan E_n number dimana nilainya kurang dari 1.

Syarat yang harus dipenuhi adalah adanya estimasi yang rasional terhadap sumber ketidakpastian yang muncul dari efek histeresis dan kegayutan terhadap suhu UUT yang dikalibrasi.

Mengingat beragamnya higrometer elektrik di Indonesia, maka penelitian berkaitan dengan nilai tipikal dari efek histeresis dan *temperature dependence* untuk masing-masing tipe higrometer elektrik perlu dilakukan di masa yang akan datang. Dengan adanya nilai tipikal tersebut akan memudahkan serta menyeragamkan laboratorium kalibrasi di Indonesia di dalam mengestimasi ketidakpastian akibat efek dari histeresis dan kegayutan terhadap suhu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh staf laboratorium suhu Puslit KIM LIPI yang telah memberikan masukan serta saran demi tersusunnya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfan Sindhu Tistomo, Ghufron Zaid, lip Ahmad Rifai. (2013). Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI - KIM) ke-39, *Pengaruh Suhu Dan Hysteresis Pada Standardisasi Metode Kalibrasi Higrometer*.Tangerang: KIM LIPI.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI ISO/IEC 17025:2008, *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Essam M. El-Din Mahmoud. (2009). MAPAN - Journal of Metrology Society of India, *Realization of Relative Humidity Scale from 10% to 98% at 25°C*, Vol. 24 No. 4, pp. 241-245.
- Komite Akreditasi Nasional. (2004). SR-05 Persyaratan Tambahan untuk Akreditasi Laboratorium Kalibrasi, <http://vareyno.files.wordpress.com/2009/05/sr05-indonesia.pdf>, diakses pada tanggal 14 Februari 2014
- Martti Heinonen dan Mittatekniikan keskus. (2006). *Publication of the EUROMET workshop P758 Uncertainty in humidity measurements*. Europe: MIKES.
- National Association for Proficiency Testing, *Examining the Why's and How's of Proficiency Testing*, Retrieved from www.proficiency.org. Accessed on December 4, 2013.
- Nielsen, J., Lovell-Smith, J., DE Groot, M., Bell, S., *Uncertainty in the generation of humidity*, lmk.fe.uni-lj.si/euromet_t/CCT03-20.pdf, diakses pada tanggal 10 April 2013.
- Tistomo A.S., A. Achmadi and I. A. Rifai (2013), MAPAN-Journal of Metrology Society of India, *Characterization of KIM LIPI's Relative Humidity Standard*, DOI 10.1007/s12647-013-0055-z

