EVALUASI PENGGUNAAN DUA BUAH MINI CHAMBER PADA KALIBRASI TERMOHIGROMETER

Evaluate of Two Mini Chamber on Thermohygrometer Calibration

Melati Azizka Fajria¹, Arfan Sindhu Tistomo² dan Dwi Larassati¹

¹Pusat Riset dan Pengembangan Sumber Daya Manusia – BSN, Kompleks Puspiptek Gedung 430 Setu
Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

²Direktorat SNSU – BSN, Kompleks Puspiptek Gedung 420 Setu, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
e-mail: melati@bsn.go.id

Abstrak

Beberapa peralatan kalibrasi dan pengujian memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan suhu dan kelembapan lingkungan. Oleh karena itu peralatan penunjang yang digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan harus memiliki ketelitian yang mencukupi kebutuhan pengukuran dan juga harus menunjukkan nilai yang benar. Salah satu upaya menjaga peralatan menunjukkan nilai yang benar adalah dengan proses kalibrasi. Pada proses kalibrasi termohigrometer, mini chamber digunakan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan nilai ketidakpastian yang ditawarkan dan tingkat keakurasian dari DUT yang dikalibrasi. Perbedaan signifikan nilai ketidakseragaman suhu dari kedua chamber yang terjadi ketika dilakukan pengukuran pada suhu tinggi. Pada suhu 50 °C didapati perbedaan ketidakseragaman suhu dari chamber sebesar 0,3 °C. Evaluasi terhadap kedua mini chamber dilakukan dengan melakukan perhitungan statistik menggunakan En Number, didapatkan nilai $|E_n| = 0,9$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua mini chamber dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kalibrasi. Namun demikian, square mini chamber menawarkan tingkat presisi dan akurasi untuk DUT yang lebih baik dibandingkan cylinder mini chamber. Dibandingkan dengan cylinder mini chamber, tingkat keakurasian DUT ketika dikalibrasi menggunakan square mini chamber memberikan nilai $\pm 30\%$ lebih akurat terhadap standar. Nilai tersebut dapat memberikan gambaran bahwa nilai yang ditunjukkan oleh DUT berupa probe termohigrometer lebih mendekati nilai yang ditunjukkan oleh standar.

Kata kunci: kalibrasi, termohigrometer, mini chamber

Abstract

Most calibration and testing have a high sensitivity to temperature change and ambient relative humidity. Therefore the equipment is used to monitor temperature and humidity must have sufficient accuracy and also show the correct value. One of effort to keep the equipment giving the correct value is the calibration process. In calibration process; mini chamber is used as a method to increase the uncertainty value and the accuracy of the calibrated thermohygrometer. At high temperatures, found a significant difference of uniformity in the chamber. There is 0.3 °C difference in uniformity temperature of the chamber at 50 °C setpoint. Both of mini chamber is evaluated using En Number and is got the En Number value is $|E_n| = 0,9$. So it can be concluded that two mini chambers can be used to carry out calibration measurements. However, the square mini chamber offers a better level of precision and accuracy for DUT than the cylinder mini chamber. It is $\pm 30\%$ more accurate. This value can give an idea that the value shown by the DUT in this case is a thermohygrometer probe is closer to the value indicated by the standard.

Kata kunci: calibration, thermohygrometer, mini chamber

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan pemantauan suhu ruang pada berbagai laboratorium pengujian dan kalibrasi merupakan salah satu hal yang memiliki peranan penting. Beberapa peralatan kalibrasi dan pengujian memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan suhu dan kelembapan lingkungan. Perubahan tersebut tentu saja dapat mempengaruhi performa dari alat sehingga dapat mempengaruhi hasil dari pengujian ataupun kalibrasi.

Sebagai contoh peralatan yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu adalah peralatan pada laboratorium panjang. Koefisien ekspansi termal pada berbagai material bergantung pada suhu absolut dari material. (Doiron & Beers, 1995). Pada pengukuran *gauge block* misalnya, kondisi suhu selama kalibrasi *gauge block* dapat berpengaruh pada pertambahan panjang. *Gauge block* sepanjang 20 inci yang dikalibrasi pada suhu 21°C dapat bertambah panjang sebesar 0,0002 inci. (Salsbury, 2018). Pengaruh suhu dapat

menyebabkan perubahan yang ekstrim ketika melakukan kalibrasi *long gauge block*. Semakin besar kondisi suhu selama pengukuran maka akan semakin besar pula ekspansi thermal yang terjadi pada *gauge block* yang dapat mempengaruhi hasil kalibrasi. Oleh karena itu untuk meminimalisir terjadinya perubahan panjang dari *gauge block* selama kalibrasi berlangsung, laboratorium SNSU panjang BSN memberikan syarat kondisi ruangan sebesar $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Selain itu, kondisi suhu dan kelembapan juga berpengaruh pada pengukuran akustik. Mengacu pada ICE 60942:2017, kondisi ruang yang ditetapkan untuk proses kalibrasi *sound calibration* berada pada kondisi ruang $20 \sim 26^{\circ}\text{C}$ dan $40 \sim 65\%$ RH (IEC, 2017). Kondisi tersebut harus terpenuhi selama proses kalibrasi berlangsung, apabila kondisi ruangan yang dipersyaratkan tidak tercapai, maka proses kalibrasi tidak dapat berlangsung.

Pada kegiatan pengujian, kondisi suhu berpengaruh terhadap uji kekerasan dan kekuatan tarik dari struktur mikro baja K-460. Penelitian yang dilakukan oleh Haryadi menyimpulkan bahwa kekerasan dan kekuatan tarik dari besi K-460 berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Semakin tinggi suhu yang diberikan maka, kekerasan dan kekuatan tarikan akan semakin menurun (Haryadi, 2006).

Dengan persyaratan kondisi seperti yang disebut diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa besaran suhu dapat mempengaruhi kondisi peralatan dan bahan uji hingga dapat memberikan dampak yang signifikan pada komponen ketidakpastian serta hasil uji bahan. Salah satu upaya memantau persyaratan kondisi lingkungan tersebut adalah dengan menggunakan sensor suhu. Oleh karena itu, sensor suhu yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan harus memiliki ketelitian yang mencukupi kebutuhan pengukuran. Selain itu sensor juga harus menunjukkan nilai yang benar. Salah satu cara untuk menjamin bahwa alat ukur menunjukkan nilai benar adalah dengan cara kalibrasi.

Kalibrasi peralatan ukur merupakan salah satu tugas dan fungsi direktorat SNSU BSN dalam penjagaan ketertelusuran peralatan pengukuran ke SI. Salah satu peralatan pengukuran suhu dan kelembapan yang memiliki ketelitian yang cukup tinggi dan banyak digunakan oleh laboratorium kalibrasi sebagai transfer standar untuk kalibrasi termohigrometer kelas industry adalah 1620A DewK termohigrometer. Termohigrometer (DewK termohigrometer tipe S) memiliki rentang area kerja yang cukup besar yaitu ada pada range

ukur $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $0 \sim 100\%$ RH untuk kelembapan relatif. Sedangkan spesifikasi untuk akurasi sensor suhu sebesar $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ pada kondisi $15 \sim 35^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 2\%$ RH pada kondisi $20 \sim 70\%$ RH untuk akurasi kelembapan relatif (Fluke, 2011).

Salah satu upaya dalam menjamin ketepatan waktu pelayanan kalibrasi adalah dengan proses kalibrasi yang simultan, yaitu mengkalibrasi beberapa sensor dalam satu kali loop pengukuran. Cara ini dimungkinkan dalam proses kalibrasi, namun terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan selama proses kalibrasi berlangsung agar hasil yang didapatkan tetap dapat dipertanggung jawabkan nilai kebenarannya. Berapa hal yang menjadi tantangan ketika proses kalibrasi dilakukan secara simultan antara lain ketidakseragaman suhu dari *chamber*, *mutual self-heating* dari sensor, aliran udara di sekitar sensor selama proses kalibrasi berlangsung dan kondisi dari *chamber* (Walker & Cordner, 2006).

Walker & Cordner mengatakan bahwa untuk dapat menghasilkan hasil kalibrasi yang baik tanpa terpengaruh dari *self-heating* dan *mutual heating* dari *Device Under Test* (DUT) selama proses kalibrasi merupakan hal yang sulit. Ketika proses kalibrasi berlangsung dan DUT yang dikalibrasi disatukan dan ditempatkan secara bersamaan dalam satu ruangan, maka panas dari masing-masing DUT akan mempengaruhi DUT lainnya. Hal tersebut tentu akan berpengaruh pada nilai yang terukur oleh DUT selama proses kalibrasi. Dengan kondisi tersebut DUT akan mengukur nilai yang lebih tinggi dibanding nilai aktual dari yang terkondisikan di dalam *chamber*.

Yang menjadi konsentrasi dalam penulisan makalah ini adalah pengembangan teknik kalibrasi termohigrometer untuk mendapatkan nilai akurasi dan ketidakpastian yang lebih baik dibandingkan dengan teknik kalibrasi yang saat ini sudah berjalan. Salah satu cara untuk mendapatkan kualitas hasil kalibrasi yang lebih baik adalah dengan membandingkan hasil kalibrasi dengan dua *mini chamber* yang berbeda. Sehingga dapat diketahui apakah kondisi peletakan DUT menjadi hal yang perlu dievaluasi dalam proses kalibrasi sehingga dapat memberikan hasil kalibrasi yang lebih baik.

Pada proses kalibrasi yang sudah berjalan, kalibrasi termohigrometer menggunakan cylinder mini chamber dengan volume 1500 ml. Hasil kalibrasi tersebut kemudian akan dibandingkan dengan mini chamber lain berbentuk kotak (square mini chamber) dengan volume 850 ml. Data yang didapat dari kedua pengukuran tersebut

kemudian akan divalidasi untuk menjaga kualitas mutu pengukuran kalibrasi pada lingkup higrometri untuk memenuhi standar yang ditetapkan dalam ISO/IEC 17025.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transfer Standar Humidity

Pemilihan transfer standar humidity untuk kalibrasi termohigrometer harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya alat yang digunakan sebagai standar harus memiliki tingkat kestabilan dan keakurasian yang lebih tinggi dibandingkan dengan DUT yang akan dikalibrasi. Salah satu tipe transfer standar humidity yang biasa digunakan oleh laboratorium kalibrasi adalah *capacitive RH hygrometers*. Kelebihan dari peralatan jenis ini adalah harga yang jauh lebih terjangkau bila dibandingkan dengan standar humidity berupa *chilled mirror hygrometer* dengan perawatan yang lebih mudah (Heinonen, 2018). Oleh karena itu transfer standar humidity jenis ini lebih banyak digunakan sebagai referensi untuk kalibrasi termohigrometer pada beberapa laboratorium kalibrasi di Indonesia, termasuk kalibrasi termohigrometer untuk kelas industri pada Subdirektorat SNSU suhu, BSN.

2.2 Two-Pressure Humidity Generator

Standar primer yang digunakan pada kalibrasi humidity adalah *two-pressure humidity generator*. Sistem operasi digambarkan pada gambar 1.

Metode dasar dari *two-pressure generator* adalah menjenuhkan udara dari tekanan tinggi ke tekanan lebih rendah (Hasegawa & Little, 1977). Pada prosesnya, udara yang masuk ke dalam generator diatur alirannya sebelum masuk ke saturator. Di dalam saturator uap air dijenuhkan. Uap air jenuh dari saturator kemudian masuk ke dalam *expansion valve*, kemudian udara jenuh bertekanan tinggi tersebut mengalami reduksi tekanan menjadi tekanan ruang secara isothermal (El-Galil & Mahmoud, 2016; Tistomo, 2009). Selama proses berlangsung suhu gas dijaga konstan, sehingga kelembapan *chamber* dapat ditentukan dari pengukuran tekanan jenuh dan tekanan *chamber* serta suhu jenuh dan suhu *chamber* (Thunder Scientific Corporation, 2007).

Gambar 1. Sistem operasi *two-pressure humidity generator* (Thunder Scientific, 2018)

Perhitungan kelembapan relatif mengikuti persamaan (1)

$$\%RH = \frac{f(P_s, T_s) \cdot e_s(T_s)}{f(P_c, T_s) \cdot e_s(T_c)} \cdot \frac{P_c}{P_s} \cdot \eta_s \quad (1)$$

Dimana :

P_c adalah tekanan *chamber*

P_s adalah tekanan saturator

T_c adalah suhu *chamber*

T_s adalah suhu saturator

e_s adalah tekanan uap air jenuh

f adalah *enhancement factor*

η_s adalah nilai efisiensi saturator

Untuk menentukan besarnya nilai tekanan uap air jenuh dan *enhancement factor*, digunakan formula waxler dengan nilai koefisien yang dikembangkan oleh Hardy. (Hardy, ITS-90 Formulations for Vapor Pressure, Frost Point Temperature, Dew Point Temperature and Endachment Factors in the Range - 100 to + 100., 1998)

2.3 Mini Chamber

Chamber utama pada *two-pressure humidity generator* memiliki spesifikasi dimensi 381 mm x 381 mm x 305 mm dengan keseragaman dari suhu sebesar $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Nilai tersebut dapat berkontribusi pada perhitungan ketidakpastian pengukuran kelembapan relative sebesar $\pm 0,07\%$ RH pada suhu 20°C dan $\pm 0,1\%$ RH pada suhu 27°C (Tistomo, Achmadi, & Rifai, 2014). Salah satu upaya untuk meningkatkan akurasi pengukuran adalah dengan memperkecil volume kerja dari chamber. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan nilai keseragaman suhu yang lebih baik. Tistomo, Achmadi, & Rifai (2014) mendapati terdapat pengaruh dari penggunaan *mini chamber* terhadap besarnya keseragaman

suhu. Besarnya keseragaman suhu yang didapatkan setelah menggunakan mini chamber yaitu sebesar $\pm 0,04^\circ\text{C}$.

Pengukuran keseragaman suhu di dalam mini chamber menggunakan minimal dua buah RTD (Moris, 1992). RTD yang berasal dari humidity generator dan RTD tambahan lainnya. Temperature di dalam mini chamber dapat dihitung dengan merata-ratakan nilai keluaran dari kedua RTD.

$$t_{ch} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{2} \quad (2)$$

Dimana $\bar{t}_1$ adalah suhu rata-rata RTD bawaan humidity generator dan $\bar{t}_2$ suhu rata-rata dari RTD tambahan. Perhitungan ketidakpastian suhu aktual dari mini chamber mengikuti persamaan berikut

$$u_{t_{ch}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} u_{t1}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} u_{t2}\right)^2} \quad (3)$$

u_{t1} merupakan ketidakpastian dari t_1 dan u_{t2} merupakan ketidakpastian dari t_2 .

Keseragaman suhu didalam chamber dapat mengikuti persamaan (Hardy, 1998):

$$uniformity^2 = MaxDev^2 + u_{t_{ch}}^2 \quad (4)$$

2.4 Sumber Ketidakpastian

Perhitungan ketidakpastian two pressure humidity generator menggunakan acuan yang telah dikembangkan oleh NIST Guideline 1297 (Taylor & Kuyyat, 1994; Wexler & Daniels, 1952; Hasegawa & Little, 1977). Pada kalibrasi termohigrometer, sumber ketidakpastian secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu berasal dari standar *humidity generator* dan DUT. Dari standar *humidity generator* yang berkontribusi pada komponen ketidakpastian antara lain (Rifai & Tistomo, 2012) :

1. Ketidakpastian rasio tekanan $\left(\frac{P_c}{P_s}\right)$
2. Ketidakpastian rasio tekanan uap air jenuh $\left(\frac{E_s}{E_c}\right)$
3. Ketidakpastian rasio *enhancement factor* $\left(\frac{f_s}{f_c}\right)$
4. Ketidakpastian efisiensi saturator
5. Ketidakpastian gradien tekanan uap air
6. Estimasi sumber ketidakpastian lain (0,3 %RH)

Sedangkan komponen ketidakpastian yang berasal dari DUT terdiri dari resolusi, stabilitas, linearitas, dan *fitted correction* dari DUT.

3. METODE PENELITIAN

Termohigrometer DewK tipe S dikalibrasi menggunakan *two-pressure humidity generator* merk thunder scientific 2500. Termohigrometer dikalibrasi suhu dan kelembapan pada rentang ukur suhu $18\sim 22^\circ\text{C}$ dan rentang ukur kelembapan $45\sim 65\%$ RH. Sebagai perbandingan, jumlah maksimal DUT yang dikalibrasi dalam satu kali proses disamakan dengan metode kalibrasi yang telah berjalan yaitu sebanyak 4 buah.

Selain itu dilakukan pengukuran pengaruh suhu terhadap probe dengan dilakukan pengukuran suhu pada titik ukur 5°C , 27°C , dan 50°C . Data suhu dari probe diambil selama 30 menit.

Mini chamber berbentuk silinder dan terbuka (*cylinder mini chamber*) dengan besar volume 1500 ml dibandingkan dengan *mini chamber* berbentuk kotak tertutup (*square mini chamber*). *Mini chamber* tersebut memiliki volume yang lebih kecil dibandingkan dengan *mini chamber* sebelumnya yaitu 850 ml. Gambar 2 adalah penggunaan *mini chamber* di dalam *chamber* utama *two-pressure humidity generator*.

Gambar 2. (a) *Cylinder mini chamber* (b) *Square mini chamber*

Secara sederhana bentuk dan ukuran *cylinder mini chamber* dijabarkan pada Gambar 3. Ukuran dari *chamber* adalah sebagai berikut : diameter (a) = 2.96 cm; panjang (b) = 22 cm; diameter (c) = 26.2 cm. Titik (a) terhubung dengan keluaran dari saturator dengan aliran gas sebesar 15 L/min. Titik (c) berada pada kondisi terbuka sehingga gas mengalir ke *chamber* utama. Hal tersebut bertujuan agar tekanan di dalam mini chamber dapat terkondisikan (Tistomo, Achmadi, & Rifai, Characterization of KIM LIPI's Relative Humidity Standard, 2014).

Gambar 3. *Cylinder mini chamber*

Sedangkan untuk *square mini chamber* dijabarkan pada gambar 4. *Square mini chamber* memiliki ukuran panjang, lebar dan tinggi berturut – turut sebesar 10,5 cm , 7 cm dan 11,5 cm. Pada gambar terlihat terdapat 6 lubang di atas *chamber* yang berfungsi untuk menempatkan 2 buah RTD dan 4 buah DUT berupa probe termohigrometer DewK. Lubang a dan b memiliki diameter masing-masing 5 mm. Lubang a terhubung dengan keluaran gas dari saturator. Dengan laju aliran keluaran dikondisikan sama dengan proses kalibrasi yang sudah berlangsung yaitu sebesar 15 L/min. Agar tekanan di dalam *mini chamber* yang tertutup tidak meningkat, maka lubang b dibuat dengan tujuan agar gas dapat keluar dari *chamber*.

Gambar 4. *Square mini chamber*

Selama kalibrasi berlangsung terdapat dua buah RTD yang digunakan yaitu RTD yang merupakan bawaan dari *two-pressure humidity generator* dan 1 RTD lain merk OMEGA yang terhubung ke indicator ASL F-16. Kedua RTD tersebut berfungsi untuk pengukuran ketidakseragaman suhu selama proses kalibrasi berlangsung. Perbedaan penempatan kedua sensor dapat dilihat pada Gambar 5.

(a)

(b)

Gambar 5. Posisi penempatan RTD

Gambar 5(a) adalah posisi penempatan RTD pada *cylinder mini chamber*, dimana RTD dan DUT saling berdekatan satu dengan yang lainnya tanpa ada jarak. Sedangkan pada gambar 5(b) posisi RTD dan DUT pada *square mini chamber* terdapat jarak sehingga masing-masing sensor tidak saling bersentuhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan kalibrasi termohigrometer dengan menggunakan *two-pressure humidity generator*. Tabel 1 menunjukkan besarnya ketidakpastian pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan dua buah *mini chamber*. Pengukuran dilakukan pada rentang ukur suhu 18~22°C dan rentang ukur kelembapan 45~65 %RH sehingga didapatkan besarnya nilai ketidakpastian suhu dan kelembapan seperti yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1 Ketidakpastian pengukuran dua *mini chamber*

DUT	<i>Square mini chamber</i>		<i>Cylinder mini chamber</i>	
	Suhu (°C)	Kelembapan (%RH)	Suhu (°C)	Kelembapan (%RH)
Probe 1	0.08	0.46	0.08	0.48
Probe 2	0.08	0.46	0.08	0.50
Probe 3	0.08	0.46	0.08	0.56
Probe 4	0.08	0.47	0.08	0.46

Dari data yang disajikan pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa penggunaan *square mini chamber* menyajikan nilai ketidakpastian untuk kelembapan relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan *cylinder mini chamber*. Perbedaan nilai yang diberikan berada pada rentang 0,01 %RH ~

0,1 %RH. Sedangkan untuk pengukuran suhu kedua *mini chamber*, besarnya nilai ketidakpastian yang didapatkan berada pada nilai sama besar.

Ketidakseragaman suhu dari *chamber* maupun *mutual self heating* dari masing-masing sensor tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap hasil perhitungan ketidakpastian pada pengukuran ini. Hal tersebut mungkin saja dikarenakan kalibrasi dilakukan pada rentang ukur yang sempit yaitu pada rentang ukur suhu rentang ukur kalibrasi yang dilakukan pada 18~22°C dan rentang ukur kelembapan 45~65 %RH. Sama seperti penelitian sebelumnya dimana ketidakseragaman suhu yang didapatkan

menggunakan *cylinder mini chamber* adalah sebesar $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$ (Tistomo, Achmadi, & Rifai, 2014), nilai ketidakseragaman suhu yang didapatkan selama proses kalibrasi berlangsung menggunakan *square mini chamber* pun menunjukkan hasil yang serupa yaitu $\pm 0,04^{\circ}\text{C}$.

Selanjutnya selain proses kalibrasi yang sudah dilakukan dilakukan pengukuran suhu pada rentang ukur yang lebih lebar. Pengukuran suhu dilakukan pada tiga titik ukur yaitu 5°C, 27°C, dan 50°C. Pengambilan data suhu dilakukan selama 30 menit dengan jarak waktu pengambilan 30 detik. Respon dari DUT selama pengukuran berlangsung disajikan pada gambar 6 s.d Gambar 8.

Gambar 6 Respon DUT pada titik ukur 5°C

Gambar 7 Respon DUT pada titik ukur 27°C

Gambar 8 Respon DUT pada titik ukur 50°C

Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 menyajikan besarnya nilai suhu dari setiap DUT selama 30 menit. Kode P mengidentifikasi probe, angka (1-4) mengidentifikasi urutan dari probe dan kode S/C mengidentifikasi *chamber* yang digunakan, S untuk *Square mini chamber* dan C untuk *cylinder mini chamber*. Maka P1S merupakan probe 1 yang diukur menggunakan *square mini chamber* sedangkan P1C merupakan probe 1 yang diukur menggunakan *cylinder mini chamber*.

Dari data grafik yang disajikan yaitu pada gambar 6 dan gambar 7 dimana terdapat data berada dalam lingkaran biru, terlihat probe yang diukur dengan menggunakan *square mini chamber* menunjukkan nilai yang lebih presisi. Antara probe yang satu dengan yang lainnya menunjukkan pengukuran suhu pada nilai yang berdekatan baik pada titik ukur 5 °C, 27 °C, maupun 50 °C. Apabila dibandingkan dengan pengukuran suhu menggunakan *cylinder mini chamber*, nilai suhu yang terukur oleh masing-masing probe menunjukkan nilai yang lebih beragam dengan rentang perbedaan pengukuran suhu hingga 0,2 °C pada titik ukur 5 °C. Dengan demikian nilai yang terukur oleh probe pada pengukuran menggunakan *square mini chamber* menunjukkan nilai yang lebih presisi dibanding dengan *cylinder mini chamber*.

Koreksi penunjukan pengukuran suhu setiap probe dibandingkan dengan standar yang digunakan disajikan pada table 2. Pengukuran pada *cylinder mini chamber* menunjukkan nilai koreksi yang lebih besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *square mini chamber* menawarkan nilai pengukuran dengan nilai akurasi yang lebih baik.

Tabel 2. Koreksi terhadap standar

Titik Ukur	Square mini Chamber				Cylinder mini chamber			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
5°C	0.20	0.21	0.17	0.18	0.34	0.27	0.29	0.18
27°C	0.17	0.19	0.18	0.19	0.23	0.20	0.25	0.16
50°C	0.11	0.14	0.09	0.12	0.17	0.17	0.21	0.12

Dari penjabaran pada paragraph sebelumnya dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh dari *mutual self heating* selama proses pengukuran berlangsung. Pada *cylinder mini chamber* dimana tidak terdapat jarak antar probe, nilai presisi dan akurasi yang terukur dari setiap probe menunjukkan nilai tidak lebih baik dibanding dengan pengukuran yang diberi jarak antar probe.

Apabila pada proses kalibrasi yang dilakukan pada rentang ukur 18 ~ 22°C tidak menunjukkan perbedaan nilai ketidakseragaman suhu dari chamber, maka pada Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan dari ketidakseragaman *chamber* selama pengukuran pada rentang yang lebih lebar. Dari grafik terlihat pada suhu 50°C terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada kedua *chamber*. Besarnya nilai ketidakseragaman suhu pada *square mini chamber* menunjukkan nilai yang jauh lebih kecil pada suhu 50°C. Selain itu terlihat semakin tinggi titik ukur suhu, maka nilai ketidakseragaman yang didapatkan juga semakin besar. Nilai ketidakseragaman ini merupakan salah satu komponen penyumbang ketidakpastian pada

pengukuran suhu dengan presentase yang besar, yaitu sekitar $\pm 40\%$ dari ketidakpastian gabungan. Lebih jauh lagi, besarnya ketidakseragaman suhu selama proses kalibrasi ini juga berpengaruh pada perhitungan ketidakpastian dari kelembapan relative .

Gambar 9. Ketidakteraturan suhu di dalam chamber

Terdapat perbedaan nilai dari pengukuran menggunakan dua buah mini chamber. Baik evaluasi dari kepresisian dan akurasi dari DUT yang dikalibrasi maupun dari ketidakteraturan suhu di dalam chamber. Perbedaan nilai yang didapatkan dari kedua pengukuran kemudian dievaluasi menggunakan En Number, dimana perhitungan statistik tersebut digunakan untuk mengetahui apakah kedua metode yang digunakan masih memenuhi satu dengan yang lainnya. Dengan menggunakan persamaan 5 dilakukan perhitungan terhadap En Number membandingkan kedua metode.

$$E_n = \frac{x-X}{\sqrt{U_x^2 + U_X^2}} \quad (5)$$

Dimana U_x dan U_X adalah ketidakpastian gabungan dari masing-masing metode pengukuran serta x dan X adalah koreksi pengukuran. (Mann & Brookman, 2011). Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai En Number terbesar dari setiap probe adalah $|E_n| = 0,9$. Dengan nilai $|E_n| < 1$, maka dapat dikatakan bahwa kedua metode, baik menggunakan cylinder mini chamber maupun square mini chamber, dapat digunakan. Namun untuk menjamin bahwa nilai presisi dan akurasi dari DUT yang dikalibrasi mendapatkan hasil yang baik, maka penggunaan square mini chamber dapat dipilih dalam proses kalibrasi probe thermohygrometer

5. KESIMPULAN

Dari penjabaran hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi titik ukur suhu yang digunakan dalam proses kalibrasi maka dapat mempengaruhi nilai ketidakteraturan didalam chamber. Apabila kedua chamber dibandingkan, maka didapati bahwa respon DUT selama proses pengukuran menggunakan square mini chamber menunjukkan nilai yang lebih presisi dan akurat bila dibandingkan dengan cylinder mini chamber. Hal tersebut mungkin saja dikarenakan adanya pengaruh mutual self heating dari masing-masing DUT.

Evaluasi lain dengan menggunakan metode statistic En Number menunjukkan bahwa nilai pengukuran yang didapatkan dari kedua mini chamber masih dapat digunakan. Mengacu pada ISO/IEC 17025 mengenai validasi metode untuk menjamin mutu hasil kalibrasi, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran yang menggunakan kedua mini chamber valid sehingga keduanya dapat digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang ikut berperan terutama kepada Kepala Subdirektorat SNSU Suhu yang telah mengizinkan digunakannya peralatan kalibrasi primer thermohygrometer sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- Doiron, T., & Beers, J. (1995). *The Gauge Block Handbook*. Gaithersburg: NIST.
- El-Galil, D. M., & Mahmoud, E. (2016). NIS Two-Pressure Humidity Generator. *International Journal Metrology Quality Engineering (IJMQE)*.
- Fluke. (2011). *Technical Data 1620A DewK Thermo Higrometer*. Everett: Fluke Calibration.
- Hardy, B. (1998). *Chamber Temperature Uniformity of The Thunder Scientific Model 2500 Two Pressure Humidity Generator*. Albuquerque: Thunder Scientific Corporation.
- Hardy, B. (1998). ITS-90 Formulations for Vapor Pressure, Frost Point Temperature, Dew Point Temperature and Endachment Factors in the Range - 100 to + 100.

- Third International Symposium on Humidity and Moisture* (pp. 214 - 222). London: NPL.
- Haryadi, G. D. (2006). Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik, dan Struktur Mikro pada Baja K-460. *ROTASI*.
- Hasegawa, S., & Little, J. W. (1977). The NBS Two Pressure Humidity Generator, Mark 2. *JOURNAL OF RESEARCH of the Notional Bureau of Standards-A. Physics and Chemistry*, 81-88.
- Heinonen, M. (2018). *Advance Methods for Humidity Calibration and Uncertainty*. Taastrup: VTT Mikes.
- IEC. (2017). *IEC 60942*. Geneva: IEC.
- Mann, I., & Brookman, B. (2011). *Selection, Use and Interpretation Of Prficienty Testing Schemes*. EURACHEM.
- Moris, E. C. (1992). *Humidity Measurement, Temperature Measurement Course*. CSIRO Division of Applied Science.
- Rifai, I. A., & Tistomo, A. S. (2012). Evaluasi Calibration Measurement Capability Two-Pressure Humidity Generator Untuk Pelaksanaan Kalibrasi Thermohygrometer. *PPI KIM Ke-32* (pp. 168-180). Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi LIPI.
- Salsbury, J. (2018). *Temperature and Dimentional Measurement*. Mitutoyo Corporation.
- Taylor, B. N., & Kuyyat, C. E. (1994). *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Result*. NIST .
- Thunder Scientific. (2018). *Model 2500 Benchtop / Mobile Two-Pressure Humidity Generator*. Wyoming: Thunder Scientific.
- Thunder Scientific Corporation. (2007). *Operating and Manual Benchtop Two-Pressure Humidity Generators Series 2500*. Wyoming: Thunder Scientific Corporation.
- Tistomo, A. S. (2009). Karakterisasi Kestabilan Tekanan Saturator Pada High Humid Two Pressure Humidity Generator KIM LIPI. *PPI KIM 34* (pp. 145-156). Jakarta: Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi LIPI.
- Tistomo, A. S., Achmadi, A., & Rifai, I. A. (2014). Characterization of KIM LIPI's Relative Humidity Standard. *MAPAN-Journal of Metrology Society of India*, 51-55.
- Walker, R., & Cordner, A. (2006). Temeprature and Relative Humidity Calibration System. *NCSL International Workshop and Symposium*. Utah: NCSL.
- Wexler, A., & Daniels, R. (1952). Pressure-Humidity Apparatus. *Journal of Research of The National Bureau of Standards*, 269-274.