

KALIBRASI SENSOR TEMPERATUR DENGAN METODA PERBANDINGAN DAN SIMULASI

Cecep Sulaeman, Kusnadi

Politeknik Negeri Jakarta – Jurusan Teknik Elektro

Email : cecep_pnj@yahoo.com

ABSTRACT

PT 100 temperature sensor calibration and Thermocouple can use the method of comparison or simulation. Method of comparison used by a standard calibration comparing with the source of ice cubes and boiling water to the Controller E5EK Omron Digital Indicator. The temperature measurement data is calculated through the four (4) the uncertainty is the uncertainty of the standard, master, joint, and stretching. Simulation results of the measurement data are made with data on indicators by Omron E5EK DigitalController InsL and InsH seek to determine the nominal value of the temperature.

Keywords: Calibration, Sensor, Comparison, Simulation

ABSTRAK.

Kalibrasi sensor temperatur PT 100 dan Thermocouple dapat menggunakan metoda perbandingan atau simulasi. Metoda perbandingan digunakan dengan cara membandingkan kalibrator standar berupa dengan sumber es batu maupun Air mendidih terhadap Indikator Digital Controller E5EK Omron. Data pengukuran Temperatur dihitung melalui empat (4) ketidakpastian yaitu ketidakpastian standar, master, gabungan dan terentang. Hasil data pengukuran dibuat Simulasi dengan data pada Indikator DigitalController E5EK Omron dengan cara mencari InsL dan InsH untukmenentukan nilai nominal temperatur.

Kata kunci: Kalibrasi, Sensor, Perbandingan, Simulasi.

PENDAHULUAN

Setiap Instrumen Alat Ukur/sensor sebelum digunakan atau setelah digunakan pada periode tertentu (6 bulan atau 12 bulan), harus dilakukan pengukuran dan dikalibrasi sesuai standar nasional ataupun internasional.

Sensor merupakan perangkat input dan “mata” dalam sebuah proses industri untuk menghasilkan produk yang yang berkualitas, oleh karena sensor harus memiliki keakuratan dalam pembacaan yang , sehingga perlu dipelihara untuk mendapatkan umur (life time) yang panjang.

Sensor temperatur pada Themocouple ataupun PT-100, banyak digunakan dalam proses industri sebagai “peraba” yang menggunakan mesin pemanas, sebagai alat ukur temperatur supaya system tetap stabil.

a) Kalibrasi Perbandingan

Kalibrasi atau penteraan merupakan kegiatan untuk perbaikan (setting) pengukuran berdasarkan peralatan yang standar, metoda dalam kalibrasi antara lain: Simulasi dan Perbandingan, berdasarkan perbedaan fasa

Yang umum dan banyak digunakan dalam kalibrasi menggunakan metoda kalibrasi perbandingan, yaitu membandingkan standar alat ukur (kalibrator) terhadap beban ukur yang dipakai, baru dilakukan perhitungan deviasi berdasarkan standar yang berlaku. Cara ini memerlukan standar kalibrator yang akurat biasanya instrument *reference* alat kalibarotor ini dikalibrasi di Lembaga Kalibrasi KAN/LIPI. Untuk mengkalibrasi alat ukur/sensor suhu yang berupa thermocouple ataupun PT100 dapat digunakan bantuan media kalibrasi yang berupa, bak air: 100 derajat Celsius,

dan bak es : 0 derajat Celsius (sebagai referensi).

Pemanfaatan kalibrator standar dari temperatur es (0°C) dan temperatur suhu air mendidih (100°C). Setelah dibandingkan dengan bahan yang diukur (PT100) baru dibuat simulasi sehingga dapat menentukan deviasi/kesalahan dari PT100 yang dilihat pada Indicator Controller. Hal ini merupakan suatu ide baru untuk menggantikan peranan kalibrator yang ada (metoda Perbandingan). Indicator Controller dapat disetting sesuai dengan hasil yang diperoleh dari hasil perbandingan dan disimulasikan. Pemanfaatan dari penelitian ini dapat berupa:

- i. Bahan pembelajaran Instrumentasi Industri bagi Pengajar dan mahasiswa listrik dan elektronik pada Jurusan Teknik Elektro.
- ii. Ide baru dalam kalibrasi temperatur menggantikan cara konvensional yang berupa metoda perbandingan.
- iii. Dapat digunakan oleh teknisi industri instrumen sebagai alat ukur kalibrasi mandiri tanpa diberikan ke vendor (Teknisi instrumen dari luar), sehingga akan mengurangi cost.
- iv. Cara termudah untuk mengkalibrasi Temperatur (PT 100, *Thermocouple*) yang banyak digunakan oleh industri tanpa kalibrator pembanding.

b) Ketidak pastian Pengukuran.

Mengukur adalah proses mengaitkan sesuatu angka secara empirik dan obyektif pada sifat-difat obyek atau kejadian nyata sedemikian rupa sehingga angka tadi dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian tersebut.

Manfaat :

- (a) Membuat gambaran/deskripsi
- (b) Memperkirakan/meramalkan
- (c) Mengadakan komunikasi
- (d) Memutuskan
- (e) Mengatur/mengendalikan, dan

(f) Memberikan reaksi.

Hasil pengukuran harus mencantumkan suatu perkiraan yang menggambarkan seberapa besar kesalahan yang mungkin terjadi, dalam batas-batas kemungkinan yang wajar. Nilai ini sekaligus menunjukkan kualitas pengukuran. Semakin kecil nilai perkiraan itu, berarti semakin baik pula kualitas pengukurannya. (Killian, 2004, 242-247).

Kalibrasi adalah suatu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan alat ukur dan bahan ukur yang akan dikalibrasi terhadap standar ukurnya yang mampu telusur (*traceable*) ke standar nasional dan atau internasional.

Dengan kalibrasi dapat ditentukan deviasi kebenaran konvensional nilai penunjukkan suatu alat ukur, atau deviasi dimensi nominal yang seharusnya suatu bahan ukur. Dengan kalibrasi kondisi alat ukur dan bahan ukur dapat dijaga tetap sesuai dengan spesifikasinya.

Semua jenis alat ukur perlu dikalibrasi, baik alat ukur besaran dasar (panjang, massa, waktu, arus listrik, suhu, jumlah zat, intensitas cahaya), luas, isi, kecepatan, tekanan, gaya, frekuensi, energi, gaya dan sebagainya.

Bila suatu alat ukur termasuk katagori legal, maka periode kalibrasinya telah ditentukan, kalibrasinya tergantung pada keperluan dan atau frekuensi penggunaannya.

Contoh periode kalibrasi untuk beberapa instrument ukur tertentu:

- (a) Thermocouple : 2 bulan
- (b) Therm. Controller : 12 bulan
- (c) Hygrometer : 6 bulan
- (d) Micrometer : 3 bulan
- (e) Vernier Caliper : 12 bulan
- (f) Gauge block : 24 bulan

(g) Profile proyektor : 12 bulan, dan sebagainya
 Jain Kharma, RK, Electrical & Industrial Measurement, 2003.

c) Analisa ketidakpastian.

Komponen pengukuran dapat dibagi menjadi beberapa kelompok standar atau acuan yaitu benda ukur, peralatan. Metoda, lingkungan dan personil atau perilaku pengukuran. Ada dua (2) jenis ketidakpastian pengukuran berdasarkan **ISO Guide** yaitu ketidakpastian, tipe A dan tipe B yang dibedakan menurut metoda evaluasinya.

Tipe A dievaluasi dengan menggunakan metoda statistik yang baku untuk menganalisis satu himpunan atau sejumlah himpunan pengukuran, dan mencakup jenis kesalahan yang disebut kesalahan acak. Kesalahan ini dicirikan oleh taksiran variasi atau simpangan baku, nilai rata-rata dan derajat kebebasan.

Tipe B dievaluasi dengan cara selain analisis statistik pada sejumlah pengamatan. Ketidakpastian ini mencakup kesalahan yang. Dicirikan oleh taksiran variasi atau simpangan baku, nilai rata-rata dan derajat kebebasan.

Menghitung ketidakpastian pengukuran yang diuraikan dalam ISO Guide mencakup langkah-langkah evaluasi berupa:

- a) Kenali faktor-faktor yang berkontribusi pada ketidakpastian.
- b) Buat model matematik pengukuran.
- c) Cari ketidakpastian baku masing-masing komponen.
- a) Hitung ketidakpastian baku gabungan.
- b) Hitung ketidakpastian terentang dengan menggunakan factor cakupan.

Sumber ketidakpastian yang paling berpengaruh dalam pengukuran adalah:

- a) Daya baca alat ukur (skala atau tampilan alat).
- b) Kebenaran nilai instrument acuan (sertifikasi kalibrasi).

c) Sebaran nilai-nilai pengukuran (pengukuran berulang).

Model matematika pengukuran berupa persamaan yang menunjukkan hubungan antara input dan output.

Nilai pengukuran = Penunjukkan alat ukur + Koreksi alat ukur

Ketidakpastian baku dihitung dengan rumus tertentu:

Jenis atau sumber ketidakpastian	Rumus
Tipe A dari pengukuran berulang	$u = \frac{s}{n}$
Tipe B dari resolusi alat ukur	$u = \frac{a}{3}$
Tipe B dari sertifikasi kalibrasi	$u = \frac{U}{2}$

Keterangan:

- s = simpangan baku.
- n = banyaknya pengukuran.
- a = setengah dari resolusi terkecil yang dapat dibaca.
- u = nilai ketidakpastian pada tingkat kepercayaan 95% yang dicantumkan dalam sertifikat kalibrasi.
- Derajat kebebasan
- Tipe A → $v = n - 1$

Tipe B → $v = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)$

R = relative uncertainty

Derajat kebebasan efektif:

$$v_{\text{errot}} = U_c + \frac{U_1}{v_1} + \frac{U_2}{v_2} + \dots$$

Ketidakpastian baku gabungan (*Combined standar uncertainty*):

$$U_c = C_1U_1 + C_2U_2 + C_3U_3 + \dots$$

Ketidakpastian Terentang:

$U = k, U_c$

Ruang Kepercayaan	Faktor Cakupan
68 %	1
95%	2
99,73%	3

Evaluasi ketidakpastian tipe A

- Ketidakpastian standar tipe A dievaluasi dengan metoda statistik dari suatu seri pengamatan pengukuran.
- Komponen evaluasi ke....
- Ketidakpastian standar tipe A berasal dari efek random.
- Pada umumnya estimasi terbaik dari nilai suatu besaran q yang bervariasi secara random (acak) adalah nilai rata-rata q .
- Deviasi standar experiment s (q) digunakan untuk meng-estimasi distribusi q .
- Deviasi standar experiment dari rata-rata s (q) digunakan untuk meng-estimasi selebaran distribusi rata-rata.
- Dalam mendokumentasikan evaluasi komponen-komponen ketidakpastian tipe A, maka derajat kebebasan harus dicantumkan.

Evaluasi ketidakpastian standar B

Evaluasi ketidakpastian tipe B dilakukan tidak dengan cara analisa statistik dari seri pengamatan pengukuran. Tetapi dievaluasi berdasarkan penetapan secara ilmiah menggunakan informasi-informasi yang tersedia seperti:

- Data pengukuran sebelumnya.
- Pengalaman.
- Sifat-sifat material/instrument secara umum.
- Spesifikasi pabrik.
- Data dari laporan/sertifikasi kalibrasi.
- Data yang diambil dari buku/literatur.

Dalam mempertimbangkan ketidakpastian tipe B kita harus mengubah dari ketidakpastian yang dikutip ke ketidakpastian standar, dengan cara membagi dengan faktor pengali.

Distribusi probabilitas normal (Gauss).

Bentuk distribusi ini digunakan untuk ketidakpastian yang mempunyai interval kepercayaan 95 % atau 99 %. Ketidakpastian standar dihitung dengan cara membagi ketidakpastian kutipan dengan suatu faktor.

Distribusi *rectangular* merupakan model yang sering digunakan terutama bila tidak dapat diketahui model tertentu seperti model-model distribusi triangular, normal dan lainnya. Pada umumnya kita dapat menganggap derajat kebebasan tak terhingga.

Perumusan Simulasi pada Indicator Controller menggunakan Omron Mk 500 adalah :

$$I_{nSL} = \frac{Y_L - Y_1}{Y_2 - Y_1} \{ (X_2 - Y_2) - (X_1 - Y_1) \} + (X_1 - Y_1)$$

$$I_{nSH} = \frac{Y_H - Y_1}{Y_2 - Y_1} \{ (X_2 - Y_2) - (X_1 - Y_1) \} + (X_1 - Y_1)$$

Dengan:

Y_L = Set Temperatur Low Limit.

Y_H = Set Temperatur High limit.

Y_1 = Penunjukkan Indikator Pertama.

Y_2 = Penunjukkan Indikator Kedua.

X_1 = Temperatur Standar Pertama.

X_2 = Temperatur Srandar Kedua.

METODOLOGI

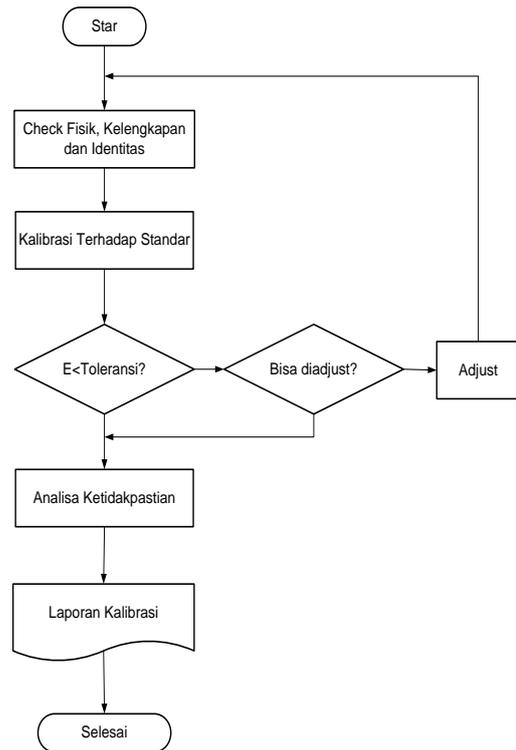
Dalam melakukan penelitian dilakukan metodologi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Merancang dan membuat model kalibrasi pada sensor Temperatur (PT100, dan Thermocouple) dengan metoda perbandingan dan simulasi.

- b) Mengimplementasikan bentuk matematika untuk proses kalibrasi dengan metoda simulasi hasil dari metoda perbandingan dari suatu pengukuran sensor Temperatur PT 100 dan Thermocouple.
- c) Sebagai langkah awal dari suatu pembuktian teori yang dikembangkan melalui tahapan model dari kalibrasi dengan metoda perbandingan dan dibuat simulasi pada Indicator Controller untuk sensor suhu PT100 dan Thermocouple.
- d) Sebagai media pembelajaran bagi pengajar dan mahasiswa Teknik Elektro dalam mata kuliah Instrumentasi Industri, yang selama ini masih menggunakan metoda perbandingan.
- e) Sebagai acuan bagi Teknisi instrumen di Industri akan pentingnya kalibrasi dari suatu alat ukur/sensor Temperatur, dapat dikerjakan sendiri tanpa perlu kalibrator dari Vendor, yang selama ini digunakan, sehingga kan menghemat waktu dan biaya.
- f) Alat yang diperlukan untuk Kalibrasi Temperatur berupa:
 Master Kalibrasi Berupa Thermos es (0°C) dan air mendidih (100°C) pada heater
 Alat yang dikalibrasi (Indikator) E5EK OMRON

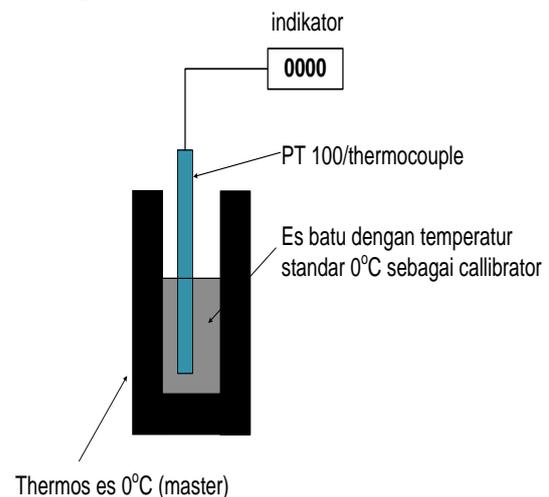
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pedoman Kalibrasi Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 20 Juli 2010 di Lab. Elektronik Kalibrasi dilaksanakan pada indikator E5EK yang terpasang pada Mesin yang mengatur temperatur misalnya Mesin Curing pada proses pembuatan Ban. Kalibrasi harus sesuai dengan Flow Chart seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow Chart Kalibrasi

Data Pengukuran dan Analisa Set-up Peralatan



Gambar 2. Setup Peralatan Indikator berupa E5EK Omron Digital Controller

Tabel 1. Data Pengukuran PT 100 Sebelum Dikalibrasi

Actual°C	Koreksi°C	Usd	Um	Uc	Uexp
----------	-----------	-----	----	----	------

5,0				
5,6	56	0,42	0,21	0,47
6,2				

Dengan:

- Usd = ketidakpastian standar
- Um = ketidakpastian master
- Uc = ketidakpastian gabungan
- Uexp = ketidakpastian terentang.
- Tingkat Kepercayaan 95% (K=2)

Tabel 2. Data Pengukuran PT 100 sebelum di Kalibrasi

Actual [°C]	Koreksi [°C]	Usd	Um	Uc	Uexp
106,4°					
107,2	106,86	0,3	0,15	0,33	0,65
107,0					

Perhitungan Ketidakpastian:

a)
$$Usd = \frac{\text{Air mendidih } 100^{\circ}\text{C}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} \frac{(X - X)^2}{n-1}}} = 0,3$$

b)
$$Um = \frac{Usd}{2} = 0,15$$

c)
$$Uc = \sqrt{Usd^2 + UM^2} = 0,33$$

d)
$$Uexp = UcxK = 0,65$$

Dari perbandingan data dapat dibuat simulasi dengan manipulasi data pada Digital Controller E5EK OMRON

$$InSL = \frac{Y_L - Y_1}{Y_2 - Y_1} x \{(X_2 - Y_2) - (X_1 - Y_1)\} + (X_1 - Y_1)$$

$$InSH = \frac{Y_H - Y_1}{Y_2 - Y_1} x \{(X_2 - Y_2) - (X_1 - Y_1)\} + (X_1 - Y_1)$$

$$InS_L = \frac{-199,9 - 0,1}{94,7 - 0,1} x \{(100 - 94,7) - (0 - 0,1)\} + (0 - 0,1)$$

$$InS_L = \frac{200}{94,6} x \{(5,3 - 0,1)\}$$

$$InS_L = -11,4 - 0,1$$

$$InS_L = -11,5$$

$$InS_H = \frac{650 - 0,1}{94,7 - 0,1} (5,4) - 0,1$$

$$InS_H = \frac{649,9}{94,6} x 5,4 - 0,1$$

$$InS_H = 37$$

Tabel 3. Data Pengukuran PT100 setelah di kalibrasi.

Master [°C]	Actual [°C]	Koreksi	Usd	Um	Uc	Uexp
0,0	0,0					
Es Batu	0,1	0,1	0,05	0,025	0,056	0,1
	0,2					

Tabel 4. Data Pengukuran PT 100 setelah di Kalibrasi Tabel 3. Data Pengukuran Thermocouple.

Master °C	Actual °C	Koreksi	Usd	Um	Uc	Uexp
100,00	9,8,2					
Air mendidih	97,8	98	0,14	0,07	0,156	0,31
	98,0					

Tabel 5. Data Pengukuran Thermo Couple sebelum di Kalibrasi dengan DWT Callibrator.

Master [°C]	Actual	Penunjukan	Koreksi
	129,57	141	
130,0	129,57	141	10,6
	129,57	140	
	159,46	171	
160,0	159,46	170	10,6
	159,46	171	
	189,48	200	
190,0	189,48	199	9,66
	189,48	200	

$$Usd = 0,59$$

$$Um = 0,3$$

$$Uc = \sqrt{Usd^2 + Um^2}$$

$$Uc = 0,66$$

$$Uexp = Uc x K$$

$$Uexp = 1,3$$

Setelah di Kalibrasi

$$Usd = 0$$

$$Um = 0$$

$$Uc = \sqrt{Usd^2 + Um^2} = 0$$

$$Uexp = Uc x K$$

$$Uexp = 0$$

KESIMPULAN

PT 100 sebelum di Kalibrasi dengan air mendidih (100°C) $U_{\text{exp}} = 0,65$, setelah di Kalibrasi mendapatkan $U_{\text{exp}} = 0,31$ dengan tingkat kepercayaan 95% ($K=2$). Simulasi pada Kalibrasi PT 100 dengan es batu dan air mendidih (100°C) dengan manipulasi data pada Indikator Controller ESEK akan mendapatkan $\text{In } S_L = -11,5$ dan $\text{In } S_H = 37$ pada posisi level 2. Hasil perhitungan ketidakpastian dari PT 100 adalah dengan thermocouple adalah dengan berdasarkan pengolahan data pada digital controller ESEK OMRON didapatkan, $\text{In } S_L = -14,2$, $\text{In } S_H = 102,4$ pada level 2

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Considine Douglas, M, 2003, Process Instrumentations And Controls Handbooks, MC Graw Hill International
- [2.] Jain Kharna, RK, 2002 Electrical & Industrial Measurement, Khana Publishers, Delhi
- [3.] Killian, 2004, Modern Control Technologi Component and System, MC Graw Hill, London

