

Prosedur Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran

Rekaman Riwayat Dokumen

Versi 01
PDS 069
Tanggal 22/10/18

Versi
PDS
Tanggal

Versi
PDS
Tanggal

Versi
PDS
Tanggal

1. TUJUAN

Prosedur ini merupakan prinsip umum yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan pelaporan hasil ketidakpastian (*uncertainty*) pengukuran dari suatu pengujian atau kalibrasi.

2. RUANG LINGKUP

Prosedur ini menjelaskan langkah-langkah dalam menentukan perhitungan ketidakpastian pengukuran.

3. PENANGGUNG JAWAB

PIC dokumen ini adalah SM Infrastructure Assurance.

4. PERSYARATAN STANDAR

- a) SNI ISO/IEC 17025:2017 klausul 7.6;
- b) G 01 KAN *Guide on Measurement Uncertainty*.

5. ISTILAH DAN DEFINISI

Evaluasi ketidakpastian baku tipe A :

Metode evaluasi ketidakpastian dengan analisis statistik dari serangkaian pengamatan.

Evaluasi ketidakpastian baku tipe B :

Metode evaluasi ketidakpastian dengan cara selain analisis statistik dari serangkaian pengamatan.

Faktor cakupan :

Faktor numerik yang digunakan sebagai pengali terhadap ketidakpastian baku gabungan untuk memperoleh ketidakpastian bentangan.

Ketidakpastian (*uncertainty*) :

Parameter hasil pengukuran yang memberikan karakter sebaran nilai-nilai yang secara layak dapat diberikan pada besaran ukur.

Ketidakpastian baku (*standard uncertainty*) :

Ketidakpastian hasil pengukuran yang dinyatakan sebagai suatu simpangan baku.

Ketidakpastian baku gabungan :

Ketidakpastian baku hasil pengukuran, bila hasil pengukuran diperoleh dari nilai sejumlah besaran lain, ketidakpastian baku gabungan bernilai sama dengan akar kuadrat positif dari jumlah semua suku yang merupakan varian atau kovarian besaran lain tersebut yang telah diberi bobot sesuai dengan bagaimana hasil pengukuran bervariasi terhadap perubahan besaran tersebut.

Ketidakpastian bentangan :

Besaran yang mendefinisikan interval di sekitar hasil pengukuran yang diharapkan mencakup sebagian besar distribusi nilai yang dapat diberikan pada besaran ukur.

6. DOKUMEN TERKAIT

Berikut ini adalah dokumen yang harus dipahami terkait dengan prosedur ini:

- a) TLKM01/P Pengendalian Dokumen Sistem Manajemen;
- b) TLKM07/P Tindakan Koreksi, Perbaikan, dan Pencegahan;
- c) TLKM08/P Prosedur Validitas Hasil Uji dan Kalibrasi;
- d) TLKM15/P Prosedur Seleksi, Verifikasi, dan Metoda Validasi;
- e) TLKM06/F/001 Form Data Hasil Uji;
- f) TLKM06/F/002 Form Data Hasil Kalibrasi;

7. INDIKATOR KINERJA

Semua hasil pengukuran disertai dengan nilai ketidakpastian pengukuran.

8. DETAIL PROSEDUR

Perhitungan ketidakpastian pada prinsipnya menggunakan Ketidakpastian Diperluas (*Expanded Uncertainty*) dengan tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut.

8.1 Menghitung Ketidakpastian Data Pengukuran (u)

Evaluasi Type A

Untuk evaluasi data hasil pengukuran lakukan langkah - langkah sebagai berikut:

Melakukan koreksi data hasil ukur terhadap hasil kalibrasi alat ukur atau kalibrator yang digunakan.

A. Kalibrator / Alat ukur sebagai METER:

- Nilainya ada di sertifikat kalibrasi, langsung diambil nilai koreksinya.
- Nilainya tidak ada di sertifikat kalibrasi, lakukan pendekatan dengan interpolasi.

RUMUS:	$Y = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} (X - X_1) + Y_1$
--------	---

- Y = Nilai koreksi pada titik hasil ukur X
- Y₂ = Nilai koreksi di sertifikat kalibrasi pada titik X₂
- Y₁ = Nilai koreksi di sertifikat kalibrasi pada titik X₁
- X₂ = Hasil ukur di sertifikat kalibrasi pada titik X₂
- X₁ = Hasil ukur di sertifikat kalibrasi pada titik X₁
- X = Nilai hasil ukur yang akan dicari nilai koreksinya

B. Kalibrator / Alat ukur sebagai SUMBER:

- Nilainya ada di sertifikat kalibrasi , langsung diambil nilai koreksinya.
- Nilainya tidak ada di sertifikat kalibrasi, lakukan pendekatan dengan interpolasi

RUMUS:	$Y = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} (X - X_1) + Y_1$
--------	---

- Y = Nilai koreksi pada titik setting X
Y2 = Nilai koreksi di sertifikat kalibrasi pada titik setting X2
Y1 = Nilai koreksi di sertifikat kalibrasi pada titik setting X1
X2 = Setting di sertifikat kalibrasi pada titik X2
X1 = Setting di sertifikat kalibrasi pada titik X1
X = Nilai setting yang akan dicari nilai koreksinya

Menghitung nilai rata-rata hasil ukur terkoreksi.

$$\bar{x} \rightarrow \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Untuk mengukur 1(satu) nilai ukur dilakukan sebanyak 5(lima) kali, maka akan diperoleh jumlah data $n = 5$.

Evaluasi data hasil ukur adalah sebagai berikut:	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}$
--	---

Menghitung nilai U_1 dengan rumus sebagai berikut:	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$
--	---

Untuk $n = 5$, maka:	$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + (x_4 - \bar{x})^2 + (x_5 - \bar{x})^2}{4}}$ $S = \frac{1}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
-----------------------	--

Menghitung *Experimental Standard Deviation of the Mean* (ESDM) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$ESDM = \frac{S}{\sqrt{n}}$

Oleh karena jumlah data ($n = 5$), maka:

$$ESDM = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{5}}$$

dan $u = ESDM$.

Nilai ESDM (u) tersebut di atas akan dituangkan dalam perhitungan *Uncertainty Budget* sebagai nilai *repeatability*.

8.2 Menghitung Ketidakpastian Sistem Pengukuran

Evaluasi Type B

Perlu diperhatikan disini adalah faktor-faktor apa saja yang kiranya dapat mempengaruhi ketidakpastian hasil ukur selama dalam proses pengukuran.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketidakpastian pengukuran antara lain adalah:

- Sertifikat kalibrasi dari kalibrator.
- Drift kalibrator.
- Resolusi dari hasil penunjukkan pada meter.
- Pengaruh temperatur ruangan.
- Loss pada kabel penghubung.
- Faktor lain yang mempengaruhi ketidakpastian pengukuran.

Untuk data yang terdistribusi berbentuk rectangular, maka nilai ketidakpastian (u) akan dapat dihitung sebagai berikut:

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Dimana:

a (*semi range*) = nilai akurasi spesifikasi alat ukur standar kalibrator.

Bila datanya diambil dari sertifikat, maka akan memiliki distribusi normal dan nilai faktor pembagiannya adalah = 2.
Untuk repeatability yang berasal dari data perhitungan Type A (ESDM) dengan bentuk distribusi T-Student, maka faktor pembagiannya = 1.

Untuk Mismatch yang distribusinya berbentuk U-Shape, faktor pembagiannya = $\sqrt{2}$.

8.3 Menghitung Ketidakpastian Gabungan (u_c)

Ketidakpastian gabungan merupakan resultan dari masing-masing ketidakpastian yang timbul dalam proses pengukuran.

Standar ketidakpastian yang timbul dari beberapa faktor selama pelaksanaan pengukuran yang dapat mempengaruhi nilai u_c antara lain:

- Sertifikat kalibrasi dari kalibrator → diambil dari ketidakpastian yang ada di Sertifikat Kalibrasi.
- Drift* (penurunan) dari akurasi kalibrator yang dikarenakan faktor waktu → diambil dari spesifikasi alat ukur pada akurasi 1tahun atau sesuai masa kalibrasi kalibrator. Bila kalibrator masa kalibrasinya

2tahun dan informasi di spesifikasinya hanya untuk yang 1tahun, maka *drift* kalibrator = $\sqrt{3}$ x spesifikasi 1tahun.

- c. Resolusi atau kemampuan membaca dari alat ukur → diasumsikan mempunyai semi-range $\frac{1}{2}$ resolusi.
- d. Pengaruh suhu, perubahan akurasi alat ukur kalibrator akibat pengaruh suhu ruangan → diabaikan, karena suhu ruangan yang digunakan masih masuk dalam spesifikasi yang dipersyaratkan.
- e. *Loss* pada kabel penghubung, perubahan nilai hasil ukur karena faktor resistansi dari kabel penghubung yang digunakan → dapat diabaikan, bila relatif tidak berpengaruh terhadap hasil akhir.
- f. Pengukuran berulang → Perhitungan statistik dari data pengukuran = ESDM.
- g. *Connection*, perubahan penunjukan hasil ukur yang terjadi karena faktor koneksi (*port*) pada alat ukur kalibrator maupun alat ukur yang dikalibrasi (*Unit Under Test*, UUT) → dapat diabaikan, bila relatif tidak berpengaruh terhadap hasil akhir.

8.3.1 Menentukan Koefisien Sensitivitas (c_i)

Model pengukuran:

$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

$$c_1 = \frac{\partial \times \text{Koreksi}}{\partial \text{STD}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \times \text{Koreksi}}{\partial \text{UUT}} = -1$$

8.3.2 Standar Ketidakpastian Gabungan (u_c)

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_i^2$$

Oleh karena nilai $|c_1|$ dan $|c_2|$ adalah 1, sehingga:

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2$$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

8.4 Menghitung Faktor Cakupan k

Dalam hal ini laboratorium sudah menetapkan nilai ($k = 2$), dengan tingkat kepercayaan sekitar 95%.

8.5 Menghitung Ketidakpastian Diperluas (u_{EXP})

Ketidakpastian Diperluas merupakan perluasan/pengembangan dari Ketidakpastian Gabungan dikalikan dengan faktor cakupan ($k = 2$), sehingga rumusnya adalah sebagai berikut:

$$u_{EXP} = 2 \times u_C$$

8.6 Uncertainty Budget

Contoh Uncertainty Budget :

Komponen	Satuan	Distribusi	U	Pembagi	V_i	U_i	C_i	$U_i C_i$	$(U_i C_i)^2$	$(U_i C_i)^2 / V_i$
Sertifikat kalibrasi kalibrator	mA	Normal	0.0017	2	~	0.00084	1	0.0008	0.0000007	0
Akurasi spesifikasi teknis: - Drift (Long term stability)	mA	Rectangular	0.0044	1.732	~	0.00254	1	0.0025	0.0000065	0
Resolution / Readability	mA	Rectangular	0.0005	1.732	~	0.00029	1	0.0003	0.0000001	0
Repeatability	mA	Type A	0.0004	1	4	0	1	0.0004	0.0000001	4.901E-15
Sums									7.38E-06	4.901E-15
Ketidakpastian gabungan, U_C									2.72E-03	
Derajat kebebasan efektif, V_{eff}									6.05E-07	
Faktor cakupan, k-student's untuk V_{eff} dan CL 95%									2	
Ketidakpastian bentangan, $U = k U_C$									0.0054	

Catatan:

Bila masih terdapat komponen/sumber ketidakpastian lain yang belum tercantum dalam *Uncertainty Budget* di atas, tapi akan banyak mempengaruhi hasil akhir, maka dimungkinkan untuk ditambahkan dalam tabel *Uncertainty Budget* di atas.

8.7 Penggunaan Nilai Ketidakpastian dalam menentukan kelulusan

Kondisi- kondisi dan penentuan Lulus atau Tidak Lulus adalah sebagai berikut :

- 1) Nilai (**Hasil Ukur inspec \pm Nilai Ketidakpastian**) masih berada dalam spesifikasi, dinyatakan Lulus atau Comply
- 2) Nilai (**Hasil Ukur inspec \pm Nilai Ketidakpastian**) masih berada sebagian dalam spesifikasi dan , sebagian lagi berada di luar spesifikasi, dinyatakan Lulus atau Comply
- 3) Nilai (**Hasil Ukur outspec \pm Nilai Ketidakpastian**) berada di luar spesifikasi, dinyatakan Tidak Lulus atau Not Comply
- 4) Nilai (**Hasil Ukur outspec \pm Nilai Ketidakpastian**) masih berada sebagian dalam spesifikasi dan sebagian lagi berada di luar spesifikasi, dinyatakan Lulus atau Comply.