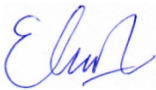




# METODE KALIBRASI TIME & FREQUENCY

INSTRUKSI KERJA LOW RPM METER / SOURCE

STM/IK-TIME&FREQUENCY/07

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		<b>Doc. No. : STM/IK-TIME&amp;FREQUENCY/07</b>		Halaman : 2 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

## Riwayat Revisi

Urutan Revisi	Tanggal	Rincian	Oleh
Pertama Diterbitkan	01 Maret 2021	Prinsip metode kalibrasi mengacu pada ISO/IEC 17025:2005	Shelvan

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 3 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

#### A. Tujuan

Menerangkan standar metode kalibrasi untuk pengkalibrasian Low RPM Meter / Source

#### B. Ruang Lingkup

Prosedur ini digunakan untuk mengkalibrasi rpm meter yang memiliki sumber rpm atau sumber rpm dengan nominal tertentu dengan **rentang ukur** minimal **1 rpm** sampai **100 rpm**.

Prosedur ini menggunakan metode yang dikembangkan laboratorium, dan karena menggunakan standar stopwatch perhitungan human reaction time mengadopsi dari *NIST Special Publication 960-12* metode *Totalize 6.B.2 p41,42*. Metode divalidasi dengan perbandingan terhadap hasil kalibrasi prosedur kalibrasi *Centrifuge STM/IK-TIME&FREQUENCY /02* yang sudah terakreditasi.

#### C. Jenis & Spesifikasi Unit Under test (UUT)

- 1) rpm meter / source
- 2) Resolusi terkecil 0.01 rpm
- 3) Satuan pengukuran dalam rpm

#### D. Daftar Acuan Kalibrasi

- 1) *NIST Special Publication 960-12*
- 2) JCGM 100 : 2008 “*Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.*”
- 3) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”

#### E. Alat Standar

- 1) Stopwatch Standar KST001; atau
- 2) Stopwatch Standar KST003

#### F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Marker

#### G. Kondisi Lingkungan

Ruangan kalibrasi dikondisikan dan dijaga dengan ketentuan sebagai berikut :

Temperatur :  $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Humidity :  $(55 \pm 10) \% \text{ rh}$

Jika kalibrasi dilaksanakan secara insitu, sebaiknya ruangan dikondisikan sama dengan ketentuan di atas. Namun jika tidak memungkinkan maka kondisi ruangan dituliskan sesuai keadaan di lapangan.

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 4 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source			No. Salinan :	Status Dokumen :

## H. Teori Ringkas

**Rpm meter** adalah sebuah alat untuk mengukur putaran mesin, khususnya jumlah putaran yang dilakukan oleh sebuah poros dalam satu satuan waktu dan sering digunakan pada peralatan kendaraan bermotor. Biasanya memiliki layar yang menunjukkan kecepatan perputaran per menitnya .

**Rpm source** adalah sebuah peralatan yang menghasilkan putaran atau sinyal putaran sesuai settingan rpm tertentu.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi Frequency Source.

- 1) UUT : *Unit Under Test*, merupakan alat ukur yang akan dikalibrasi
- 2) Resolusi : Perbedaan terkecil antara indikasi yang ditampilkan yang dapat dibedakan secara bermakna. (*EURAMET cg-15 v3.0 2.6*)
- 3) Titik Ukur : Nilai dimana besaran ukur dilakukan kalibrasi.
- 4) Pembacaan UUT : Nilai yang terindikasi pada UUT sehubungan dengan pengaturan manual Keluaran naik / turun, misalnya dengan knob atau tombol naik / turun.
- 5) Nominal UUT : Nilai yang diinput atau dipilih pada UUT sehubungan dengan pengaturan otomatis keluaran naik / turun, misalnya dengan keypad dan tombol output on atau selector switch.
- 6) *Full scale range* : Nilai Skala Penuh Rentang, besaran nilai ukur maksimum suatu rentang pada UUT

## I. Langkah Kalibrasi

### 1) Persiapan & Function Test

- a) Bersihkan
- b) Catat identitas dan informasi lainnya dari UUT sesuai Lampiran 1 : Form Laporan Hasil Kalibrasi. Untuk suhu dan kelembaban lingkungan dicatat pada waktu awal, tengah & akhir kalibrasi. Jika melakukan kalibrasi inlab, maka catat juga pada lembar untuk monitoring kondisi lingkungan sesuai waktu standar pencatatan. Gunakan alat ukur kondisi lingkungan yang sudah ditetapkan untuk masing-masing lab.
- c) Tentukan titik ukur sebagai berikut sesuai range kalibrasi yang dibutuhkan.

Titik Ukur Kalibrasi rpm	
Rpm	atau sesuai dengan kebutuhan pelanggan
1, 2, 5, 10, 20 ,50 ,100	

- d) Dibuat marker atau digunakan geometri yang ada pada poros dan posisi statis yang berdekatan sehingga mudah diamati, ketika poros telah melakukan 1 putaran. Untuk sinyal sumber rpm 1 putaran merupakan kondisi sinyal mulai ON atau menyala lalu off atau padam hingga mulai ON atau menyala kembali.
- e) Nyalakan UUT hingga putaran atau sinyal sumber rpm stabil. Perlu diperhatikan start awal mesin masih mengalami percepatan hal ini dapat diamati secara visual dan suara mesin.
- f) Ketika UUT sudah stabil mengambil data rpm sesuai dengan titik ukur

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 5 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source			No. Salinan :	Status Dokumen :

- g) Pada 1 rpm kebawah diambil 5 putaran per titik ukur, 10 rpm kebawah 10 putaran, 20 rpm ke atas sesuai nominal rpm, misalnya pada titik ukur 60 rpm diambil 60 putaran (sekitar 60 detik).
- h) Lakukan pengukuran dengan tombol *start* alat standar secara bersamaan mulai mneghitung putaran UUT.
- i) Setelah mencapai jumla putaran titik ukur tekan tombol stop alat standar.
- j) Lakukan pengukuran sebanyak 5 kali untuk setiap titik ukur. Catat hasil pengukuran pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.

#### J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi

- 1) Buka file template kalibrasi rpm meter atau source pada PC.
- 2) Input semua identitas dan informasi lainnya dari UUT.
- 3) Input data hasil pengukuran / kalibrasi .
- 4) Jika semua data telah diisi lengkap, lakukan *Save As* kemudian beri nama *file* dan simpan pada *folder* yang telah ditentukan.

#### K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan:

$$C_i = T_{is} - T_{ix}$$

Dengan,

$C_i$  : Koreksi pembacaan alat terhadap Standar.

$T_{is}$  : Nilai nominal Standar.

Dilakukan koreksi jika bias standar signifikan terhadap kebutuhan akurasi pengukuran sesuai JCGM 100:2008, 3.2.3. Diasumsikan jika bias standar  $>U_{95}$  standar, maka diperlukan koreksi standar. Jika tidak ada nilai standar yang sama dengan titik ukur, maka dilakukan interpolasi linier antara dua nilai standar terdekat.

$T_{ix}$  : Pembacaan pada alat.

Setiap titik ukur dihitung masing-masing koreksinya ( $C_i$ ) sesuai rumus diatas .

#### L. Perhitungan Ketidakpastian

##### 1) Model Matematis Pengukuran

$$y = (60 * b) / x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

y : Estimasi nilai benar alat

x : Estimasi nilai standar. Koreksi standar tidak eksplisit diikutsertakan dalam model matematis untuk penyederhanaan. Hal ini sesuai JCGM 100:2008 4.1.2. Namun dalam perhitungan dilakukan koreksi jika bias standar signifikan terhadap kebutuhan akurasi pengukuran sesuai JCGM 100:2008, 3.2.3. Diasumsikan jika bias standar  $>U_{95}$  standar, maka diperlukan koreksi standar. Besaran ini dalam satuan detik (s).

b : Jumlah putaran yang diamati per titik ukur.

Calibration Service Complies ISO/IEC 17025 Requirements

Dilarang mengubah, memperbanyak atau memiliki Dokumen ini tanpa izin tertulis dari Manajemen Laboratorium  
PT. Sentral Tehnologi Managemen

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 6 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

## 2) Komponen Ketidakpastian Pengukuran

### a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang (Repeat), $u(rep)$

Merupakan ketidakpastian tipe A, karena diperoleh dari analisa statistik sejumlah observasi. Dengan demikian memiliki tipe distribusi normal dengan pembagi akar kuadrat banyaknya observasi (JCGM 100:2008 4.2.3, 4.2.4). Seluruh pengukuran pada setiap titik ukur dihitung masing-masing koreksinya ( $C_i$ ) sesuai rumus pada bagian K diatas lalu dihitung standar deviasi nya ( $s$ ) untuk masing-masing titik ukur:

$$u(rep) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

dimana :

$s$  : standar deviasi pembacaan standar untuk setiap titik ukur, dihitung dengan menggunakan rumus Standar Deviasi.

$n$  : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

$u(rep)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis , sesuai KAN-Pd-01.3 Bab 10, p18 :

$$c_1 = dy / dx = -60*b*x^{-2}$$

dimana :

$c_1$  : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

$y$  : model matematis pengukuran.

Derajat kebebasan ketidakpastian ini dapat dirumuskan sesuai KAN-G-Pd-01.3 Bab 8, p14 :

$$v_1 = n - 1$$

dimana :

$v_1$  : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

$n$  : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

### b) Ketidakpastian Resolusi Alat, $u(res)$

Jika yang disetting nominal UUT (H. Teori Ringkas Poin 5), Ketidakpastian resolusi di asumsikan sama dengan nol, karena tidak perlu pembacaan UUT (H. Teori Ringkas Poin 4) dalam pengoperasiannya, untuk UUT yang setting nilainya perlu pembacaan UUT memiliki ketidakpastian ini Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari manual alat / observasi penunjukan alat, untuk mendapatkan perubahan nilai terkecil yang dapat diamati. Kemungkinan besar nilai pembacaan alat berada dimana saja didalam limit ini, sehingga dapat diasumsikan memiliki tipe distribusi rectangular dengan pembagi akar kuadrat tiga, dan besarnya ( $a$ ) adalah setengah dari lebar limit,(JCGM 100:2008 4.3.7).

Dengan demikian ketidakpastian Resolusi Alat dapat dihitung dengan rumus :

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 7 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

$$u(res) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

dimana :

a : 0.5 x resolusi.

$u(res)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_2 = 1$$

Derajat kebebasan ketidakpastian ini, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p17 dapat diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai penunjukan UUT berada diluar batas resolusi.

Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga digunakan:

$$v_2 = 10000$$

#### c) Ketidakpastian Kalibrasi Standar, $u(Cal_s)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasal dari sertifikat kalibrasi standar yang terdefinisi tingkat kepercayaannya, sehingga dapat diasumsikan memiliki tipe distribusi normal dengan pembagi *coverage factor* (k), sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p17. Dengan demikian ketidakpastian kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

$$u(Cal_s) = \frac{U_{95\ std}}{k_{95\ std}}$$

dimana

$U_{95\ std}$  : ketidakpastian diperluas pada tingkat kepercayaan 95% sesuai sertifikat kalibrasi standar

$k_{95\ std}$  : *coverage factor* pada tingkat kepercayaan 95% sesuai sertifikat standar

$u(Cal_s)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_3 = -60 \cdot b \cdot x^{-2}$$

Derajat kebebasan ketidakpastian ini dapat ditentukan menggunakan table *t-distribution* berdasarkan tingkat kepercayaan dan *coverage factor* sesuai JCGM 100:2008 G.3.4, untuk k = 2, diperoleh:

$$v_2 = 60$$

#### d) Ketidakpastian *Human Reaction Time Error* dan Standar Deviasi, $u(HRTE)$ dan $u(HRTsd)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, dengan pola distribusi masing-masing rectangular dan normal (k=1), dan pembagi masing-masing akar kuadrat tiga dan k, sesuai *NIST Special Publication 960-12 metode Totalize 6.B.2 p44, table 11*.

Dilakukan suatu eksperimen yang melibatkan lima orang teknisi yang masing-masing melakukan 10 kali kalibrasi sesuai IK ini untuk titik ukur 60 rpm, 60 Putaran (60 s) yang mengacu pada *NIST Special Publication 960-12 metode Totalize 6.B.2 p41,42*

Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 8 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

Kemudian *reaction time* dihitung sesuai bagian “K. Perhitungan koreksi”, dimana titik ukur dalam hal ini merupakan hasil pengambilan data standar masing-masing teknisi, sehingga diperoleh C untuk masing-masing teknisi. Kemudian diambil nilai C terbesar sebagai  $u(HRTe)$

Data eksperimen ini dihitung juga sesuai rumus standar deviasi (s) seperti pada bagian “2.a ketidakpastian Pengukuran Berulang” untuk setiap operator. Kemudian diambil nilai s terbesar sebagai  $u(HRTsd)$  sesuai contoh hasil perhitungan pada *NIST Special Publication 960-12 metode Totalize 6.B.2 p44, table 11*.

Dengan demikian ketidakpastian dapat dirumuskan :

$$u(HRTe) = \frac{C_{\max}}{\sqrt{3}}$$

$$u(HRTsd) = s_{\max}$$

$u(HRTsd)$  dan  $u(HRTe)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_4 = -60 \cdot b \cdot x^{-2}$$

$$c_5 = -60 \cdot b \cdot x^{-2}$$

Derajat kebebasan untuk  $u(HRTe)$  dan  $u(HRTsd)$  diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai benar alat berada diluar nilai batas *human reaction time* ini. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga diperoleh:

$$v_4 = 10000$$

$$v_5 = 10000$$

### 3) Ketidakpastian Gabungan, $U_c$ .

Ketidakpastian Gabungan yang dinyatakan dengan rumus :

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i U_i)^2}$$

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

Bila komponen ketidakpastian diatas dimasukkan kedalam persamaan ketidakpastian baku maka akan diperoleh persamaan berikut :

$$U_c = \sqrt{U(rep)^2 + U(res)^2 + U(Cals)^2 + U(HRTe)^2 + U(HRTsd)^2}$$

### 4) Faktor Cakupan, k.

Faktor cakupan, didapat dari tabel t-distribution pada tingkat kepercayaan 95% namun terlebih dahulu menghitung nilai Derajat Kebebasan Efektif,  $v_{eff}$ , sesuai JCGM 100:2008 G.4.1 eq (G.2.b):

$$v_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U(rep)^4}{v_1} + \frac{U(res)^4}{v_2} + \frac{U(Cals)^4}{v_3} + \frac{U(HRTe)^4}{v_4} + \frac{U(HRTsd)^4}{v_4}}$$



Tgl. Penerbitan : 01 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/07		Halaman : 9 dari 9
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>Metode Kalibrasi Low RPM meter / Source</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

#### 5) Ketidakpastian Terentang, $U_{95}$ .

Ketidakpastian pengukuran dinyatakan dalam bentuk ketidakpastian terentang pada tingkat kepercayaan 95% ( $U_{95}$ ) sesuai JCGM 100:2008 6.2.1 eq (18):

$$U_{95} = k \cdot U_c$$

Jika nilai  $U_{95}$  terhitung tersebut lebih kecil dari Nilai CMC (Calibration Measurement Capability) yang sudah terakreditasi, maka  $U_{95}$  menggunakan nilai CMC terakreditasi.

#### M. Pelaporan Hasil Kalibrasi

Laporkan hasil kalibrasi, perhitungan koreksi dan ketidakpastiannya sesuai Lampiran 2: Sertifikat Kalibrasi rpm meter / source.