




METODE KALIBRASI TIME & FREQUENCY

INSTRUKSI KERJA OPTICAL TACHOMETER

STM/IK-TIME&FREQUENCY/03

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Manager Teknis	Kepala Lab	Kepala Bisnis Unit

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 2 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

Riwayat Revisi

Riwayat Revisi	Tanggal	Rincian	Oleh
Pertama diterbitkan	1 November 2017	Prinsip metode kalibrasi mengacu pada SNI ISO/IEC 17025:2008	Dian P.
Revisi 01	25 April 2019	Perbaikan Audit Reakreditasi: <ul style="list-style-type: none"> • perubahan range, 60 ~ 20000 rpm menjadi 240 ~ 20000 rpm, sesuai CMC. • Penambahan nomor seri dan identitas standar. • Langkah kalibrasi I.3.b, penggunaan sudut pancar LED dan jarak LED untuk menjaga konsistensi pendeteksian oleh tachometer diganti dengan memeriksa lampu indicator pendeteksian / pembacaan pada tachometer. • Langkah kalibrasi I.3.c titik awal pengukuran 20% menjadi titik terendah yang dapat diukur. • Langkah kalibrasi I.3.g 3 data diubah menjadi 5 data. • Langkah kalibrasi I.3.h, tanda “±” diganti penjelasan “berkisar “, titik ukur 40%, 60% dan 80% diganti 10%, 50% dan 70%. • Menambahkan bagian “K. Perhitungan Koreksi” • Perhitungan ketidakpastian menjadi bagian L, sebelumnya lampiran. Penyusunan ulang sesuai urutan penjelasan referensi JCGM 100 : 2008 • Penambahan bagian “M.Pelaporan Hasil Kalibrasi” 	Rendra

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 3 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Optical Tachometer*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Optical Tachometer* pada range: 240 rpm ~ 20 000 rpm, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : 240 rpm ~ 20 000 rpm
- 2) Satuan pengukuran : rpm

D. Daftar Acuan Kalibrasi

- 1) JCGM 100:2008, "*Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*"
- 2) Instruksi Manual Transmille 9041A
- 3) KAN-G-01 "*KAN Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*"

E. Alat Standar

- 1) *Multi Product Calibrator* merk Transmille, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C
- 2) *Multi Function Workstation*, merk Transmille, tipe EA015 SN: 112166117 / ID: ELC001B



Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A, Multifunction Workstation EA015, dan adapter interface cable

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 4 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Adapter interface cable
- 2) Holder

G. Kondisi Lingkungan

Kalibrasi inlab :

Suhu ruangan : $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$

Kelembaban relatif : $55\% \pm 10\%$

Kalibrasi insitu:

Jika tidak dapat dikondisikan sebagaimana kalibrasi inlab, maka kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan kondisi yang ada.

H. Teori Ringkas

Tachometer adalah sebuah alat yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, dengan satuan putaran per menit / *rotary per minute* (rpm) dari poros engkol mesin atau sejenisnya.



Gambar 2 : Tachometer

I. Langkah Kalibrasi

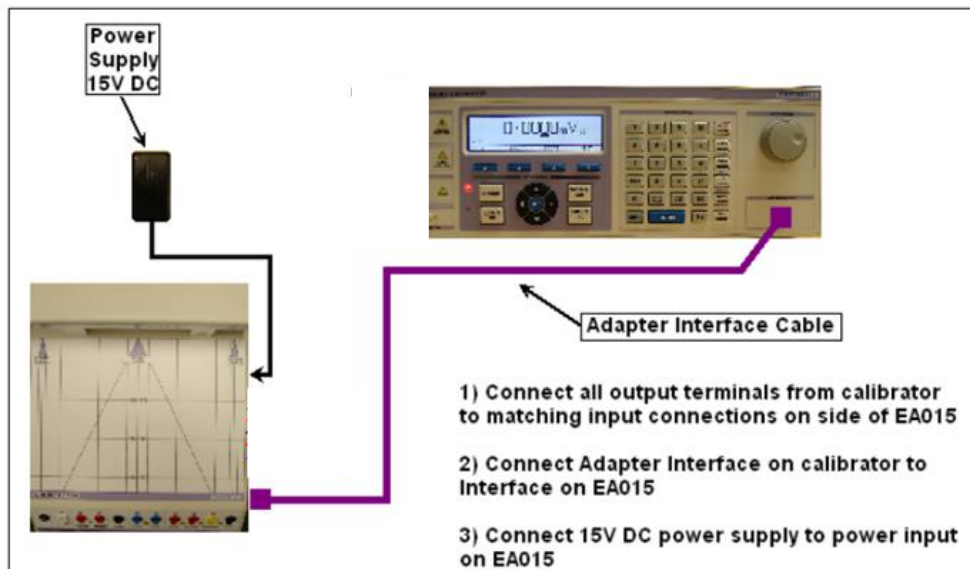
1) Persiapan & Function Test

- a) Periksa **sumber tegangan** dari UUT maupun peralatan standar (110V, 220V atau lainnya).
- b) Jika dibutuhkan, gunakan *voltage transformer* (trafo step up/down) untuk mendapatkan sumber tegangan yang sesuai.
- c) Pastikan switch UUT dan Standard Calibrator dalam keadaan “OFF”.

2) Warming Up

- a) Nyalakan *Standard Calibrator* dan lakukan warm-up, kurang lebih selama 30 menit.
- b) Sambungkan standar dengan rangkaian sebagai berikut:

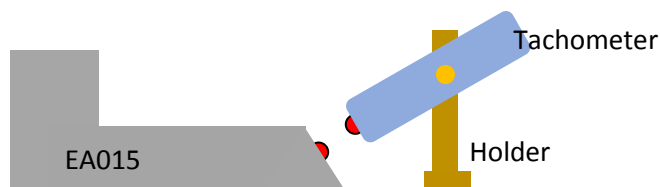
Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 5 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 3 : Rangkaian koneksi standar

3) Prosedur Kalibrasi Tachometer

- a) Susun rangkaian sistem kalibrasi *Tachometer* seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4 : Sistem kalibrasi tachometer

- b) Tempatkan *Tachometer* yang akan dikalibrasi pada titik pancaran LED (*Multi Function Workstation* EA015) sesuai Gambar 4, periksa lampu indikator pendeteksian pada *Tachometer* dan pastikan agar terjadi konsistensi pendeteksian oleh *Tachometer*. Atur ulang posisi *Tachometer* jika belum konsisten. Jika tidak ada lampu indikator, periksa pada pembacaan *Tachometer*.
- c) Untuk awal pengukuran, Atur nilai rpm pada Transmille agar menunjukkan nilai 240 rpm / sesuai kemampuan terendah *Tachometer* jika lebih besar dari 240 rpm / sesuai permintaan pelanggan yang dapat dipenuhi dan sudah disepakati. Atur *Tachometer* pada range terendah jika memiliki lebih dari 1 range.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 6 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

- d) Tekan tombol [Output On] pada Transmille untuk menghasilkan keluaran rpm pada *Multi Function Workstation EA015*.
- e) Catat hasil pengukuran pada Lembar data kalibrasi.
- f) Setelah di catat, tekan tombol Standby pada Transmille, agar Transmille berada pada posisi Standby.
- g) Ulangi langkah c) sampai dengan f) hingga diperoleh minimal 5 data pengamatan
- h) Lanjutkan untuk titik ukur selanjutnya yaitu berkisar 10%, 20%, 50%, 70%, sampai 100% dari kapasitas maksimum, atau sesuai dengan permintaan pelanggan untuk setiap range.

J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi

- 1) Buka file template kalibrasi Tachometer pada PC.
- 2) Input semua identitas dan informasi lainnya dari alat.
- 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.

T_{ix} : Pembacaan alat

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 7 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x$$

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.

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). Setiap titik ukur dihitung standar deviasinya (s) sebagai komponen ketidak

pastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

s : standar deviasi pembacaan alat 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-G-01 Bab 10, p18 :

$$c_1 = dy / dx = 1$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

Derajat kebebasan ketidakpastian ini dapat dirumuskan sesuai KAN-G-01 Bab 8, p14 :

$$v_1 = n - 1$$

dimana :

v_1 : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 8 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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 :

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

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-G-01 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-G-01 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 9 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

$$c_3 = 1$$

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

$$v_3 = 60$$

d) Ketidakpastian akurasi standar $u(Ak_s)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari data sheet standar yang mendefinisikan limit akurasi standar. Kemungkinan besar nilai benar standar 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 kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

$$U(Ak_s) = \frac{+Ak_s - -Ak_s}{2\sqrt{3}}$$

$$U(Ak_s) = \frac{Ak_s}{\sqrt{3}}$$

dimana

Ak_s : Nominal akurasi standar.

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

$$c_4 = 1$$

Derajat kebebasan ketidak pastian ini, sesuai KAN-G-01 Bab 9, p17 dapat diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai output standar diluar batas akurasi. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga digunakan:

$$v_4 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME&FREQUENCY/03		Halaman : 10 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI OPTICAL TACHOMETER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 :

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

4) Faktor Cakupan, k.

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

$$\nu_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U(\text{rep})^4}{\nu_1} + \frac{U(\text{res})^4}{\nu_2} + \frac{U(\text{Cals})^4}{\nu_3} + \frac{U(\text{Aks})^4}{\nu_4}}$$

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 Tachometer.