




METODE KALIBRASI TIME & FREQUENCY

INSTRUKSI KERJA FREQUENCY METER

STM/IK-TIME & FREQUENCY/04

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Manager Teknis	Kepala Lab	Kepala Bisnis Unit

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 2 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

Riwayat Revisi

Urutan Revisi	Tanggal	Rincian	Oleh
Pertama diterbitkan	1 November 2017	Prinsip metode kalibrasi mengacu pada SNI ISO/IEC 17025:2008	Dian P.
01	25 April 2019	Perbaikan Audit Reakreditasi: <ul style="list-style-type: none"> • perubahan range, 0.01Hz ~ 10MHz menjadi 100 Hz ~ 10 MHz sesuai ketertelusuran standar. • Penambahan nomor seri standar. • mendetailkan langkah kalibrasi. • 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” 	A. Rendra
02	18 feb. 2020	Penambahan titik ukur UUT yang rangenya sedikit.	A. Rendra

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 3 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Frequency Meter*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Frequency Meter* dengan rentang ukur 100 Hz ~ 10 MHz, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- Rentang pengukuran : 100 Hz ~ 10 MHz
- Satuan pengukuran : milliHertz (mHz), Hertz (Hz), kilohertz (kHz), MegaHertz (MHz)

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) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 4) KAN-G-01 “*KAN Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”

E. Alat Standar

Precision Multi Product Calibrator, merk *Transmille*, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C (Sumber Frekuensi).



Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A



Gambar 2: Kabel Konektor

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- Kabel konektor (Gambar 2, diatas)
- Obeng (untuk UUT dengan koneksi terminal sekrup)

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 4 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

G. Kondisi Lingkungan

Kalibrasi inlab :

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

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

Frequency Meter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur banyaknya sinyal/gelombang listrik dalam satu detik, sehingga mempunyai satuan Hz (Hertz).

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

- 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.
- 5) *Full scale range* : Nilai Skala Penuh Rentang, besaran nilai ukur maksimum suatu rentang pada UUT

I. Langkah Kalibrasi

1) Persiapan & Function Test

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

2) Warming Up & Pendataan UUT

- a) Nyalakan peralatan standar dan lakukan *warm-up*, kurang lebih selama 30 menit.
- b) Tekan tombol [Standby] agar tidak ada output lain sebelumnya pada peralatan standar.
- c) Sementara menunggu *warm-up*, lakukan pencatatan data UUT seperti identitas dan spesifikasi, sesuai Form Laporan Hasil Kalibrasi untuk parameter Frequency meter.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 5 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 3 : Koneksi transmille ke contoh UUT untuk parameter frekuensi

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Frequency Meter

- Pengukuran *Range* terkecil dimulai dari nol. Nyalakan UUT, pastikan kondisi probe pada open line (tidak menyentuh apapun, kecuali udara sekitar).
- Amati nilai terukur, lakukan zero adjustment pada UUT jika memungkinkan dilakukan zero adjustment. catat nilai nol atau yang terdekat yang dapat dicapai pada worksheet.
- Rangkaikan UUT dengan Transmille seperti pada gambar 3 di atas.
- Lakukan pengukuran dengan Setting Output Transmille 10 % FS (*Full Scale*, nilai skala penuh rentang). Untuk UUT yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati. Misal, range 1 MHz, resolusi 0,2 MHz, maka titik ukur 10% = 0,1 MHz diambil pada skala terdekat, yakni 0,2 MHz. Catat titik ukur yang diambil pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- Khusus untuk UUT Digital**, Catat nilai penunjukan UUT dan resolusinya pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 6 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

- g) **Khusus untuk UUT Analog**, atur nilai standar sedemikian sehingga penunjukan UUT tepat pada skala titik ukur, tunggu selama kurang lebih 5 detik **agar stabil**. Jika belum tercapai atur ulang dan tunggu kurang lebih 5 detik lagi. Jika sudah tercapai catat nilai nominal standar dan **resolusi terkecil UUT** di titik tersebut pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- h) Tekan tombol [Standby] pada Transmille sehingga berada pada kondisi standby.
- i) Ulangi langkah e ~ h sampai didapat lima data pengamatan.
- j) Ulangi langkah d ~ h untuk setting output Transmille sebesar 90% FS.
- k) Ulangi langkah d ~ j untuk range berikutnya, hingga semua range terkalibrasi.
- l) Khusus untuk range tertinggi / jika hanya ada 1 range frequency Meter, ulangi langkah d ~ h untuk setting output Transmille sebesar 100% FS jika dapat dicapai. Hal ini sesuai permintaan mayoritas customer.
- m) **Jika total range dalam UUT, termasuk parameter lain lebih dari 20 range, maka titik ukur 10% FS hanya untuk range terendah dan tertinggi saja. Hal ini untuk penyederhanaan sesuai EURAMET cg-15 v3.0 3.4.2.2 .**
- n) **Jika hanya ada 1 range Frequency Meter, atau jika total range dalam UUT , termasuk parameter lain, tidak lebih dari 5 range, maka tambahkan titik ukur 50% FS, 100 Hz, 400 Hz, dan 1 kHz.**

J. **Penginputan Data Hasil Kalibrasi**

- 1) Buka file template kalibrasi Electrical 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 7 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

100:2008, 3.2.3. Diasumsikan jika bias standar $>U_{95}$ standar, maka diperlukan koreksi standar.

T_{ix} : Pembacaan UUT

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

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

y : Estimasi nilai benar UUT

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 ketidakpastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

s : standar deviasi pembacaan UUT 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 :

$$v_1 = n - 1$$

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 8 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

dimana :

v_1 : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

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

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari manual UUT / observasi penunjukan UUT, untuk mendapatkan perubahan nilai terkecil yang dapat diamati. Kemungkinan besar nilai pembacaan UUT 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 UUT 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, $u(Cals)$

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 :

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

dimana

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

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 9 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			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 ketidakpastian 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:

$$v_4 = 10000$$

3) Ketidakpastian Gabungan, U_c .

Ketidakpastian Gabungan yang dinyatakan dengan rumus :

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY /04		Halaman : 10 dari 10
Tgl. Revisi : 18 Feb 20	Revisi : 02	Dibuat : A. Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI FREQUENCY METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

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

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

1) 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 Sertifikat Kalibrasi untuk UUT kelistrikan