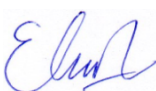




# METODEKALIBRASI TIME & FREQUENCY

## INSTRUKSI KERJA FREQUENCY COUNTER

### STM/IK-TIME & FREQUENCY/09

#### APPROVAL BY:

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 2 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

#### RiwayatRevisi

UrutanRevisi	Tanggal	Rincian	Oleh
Pertama Diterbitkan	1 Maret 2021	Prinsip metode kalibrasi mengacu pada SNI ISO/IEC 17025:2017	Shelvan

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 3 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

#### A. Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Frequency Counter*.

#### B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Frequency Counter* dengan rentang ukur 1 Hz ~ 100 MHz, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

#### C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- Rentang pengukuran : 1 Hz ~ 100 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) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 3) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”
- 4) Instruksi Manual Oscilloscope Calibrator Time Electronics 5045.

#### E. Alat Standar

*Oscilloscope Calibrator*, merk *Time Electronics*, tipe 5045, SN : 1146J20 (Sumber Frekuensi).



Gambar 1 : Standar kalibrasi Oscilloscope Time Electronics 5045

#### F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- Kabel konektor bnc to bnc

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 4 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			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 Counter* 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 Standar dan UUT 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] / [Output On] agar tidak ada output lain sebelumnya pada peralatan standar.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 5 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

- c) Sementara menunggu warm-up, lakukan pencatatan data UUT seperti identitas dan spesifikasi, sesuai Form Laporan Hasil Kalibrasi.



*Gambar 2 : Koneksi Standar ke UUT*

### 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 Standar seperti pada gambar 2 di atas.
- Lakukan pengukuran mulai dengan Setting Output Standar sinyal perioda 1 s untuk titik ukur 1 Hz. Sinyal perioda digunakan karena menyesuaikan dengan nilai tertelusur yang tersedia pada sertifikat standar.
- Tekan tombol [Output On] pada Standar dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- Catat nilai penunjukan UUT dan resolusinya pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Tekan tombol [Output On] pada Standar sehingga berada pada kondisi standby.
- Ulangi langkah e ~ g sampai didapat lima data pengamatan.
- Ulangi langkah d~h untuk setting output Standar berikutnya. Sinyal perioda digunakan juga 500 ms, dan 200 ms, dan 100 ms untuk titik ukur 2 Hz, 5 Hz dan 10 Hz. Titik ukur selanjutnya menggunakan sinyal frekuensi.
- Ulangi langkah d~i untuk channel berikutnya, hingga semua channel terkalibrasi sesuai permintaan pelanggan jika tidak ada permintaan maka hanya dikalibrasi channel 1.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 6 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

#### 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 berinama *file* dan simpan pada *folder* yang telah ditentukan.

#### K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan :

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

Khusus sinyal standar periode :

$$C_i = 1/T_{is} - T_{ix}$$

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 UUT

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

#### L. Perhitungan Ketidakpastian

##### 1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x$$

Khusus Sinyal Standar Periode :

$$y = 1/x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana:

$y$  : Estimasi nilai benar UUT

$x$  : Estimasi nilai standar. Koreksi standar tidak eksplisit diikuti sertakan 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.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 7 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

## 2) Komponen Ketidakpastian Pengukuran

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

Merupakan ketidakpastian tipe A, karena diperoleh dari analisa statistic 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 / nominal standar untuk setiap titik ukur, dihitung dengan menggunakan rumus Standar Deviasi.

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

$u(rep)$  dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis ,sesuai KAN Pd-01.3 Bab 10, p15 :

$$c_1 = dy / dx = 1$$

Khusus sinyal standar periode (data berulang hanya UUT):

$$c_1 = dy / d(1/x) = 1$$

dimana :

$c_1$  : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

Derajat kebebasan ketidakpastian ini dapat dirumuskan sesuai KAN Pd-01.3 Bab 8, p11 :

$$v_1 = n - 1$$

dimana:

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

n :banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 8 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

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

Merupakan ketidak pastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic 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.

$u(res)$  merupakan besaran yang sama dengan y pada model matematis sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh :

$$c_2=1$$

Derajat kebebasan ketidakpastian ini, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p15 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:

$$\nu_2 = 1000$$

**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, p14.

Dengan demikian ketidakpastian kalibrasi standar dapat dihitung dengan rumus :

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

dimana

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



Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 9 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

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

Koefisien sensitifitas  $u(Cal_s)$ , dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis, sesuai KAN Pd-01.3 bab 10, P 15.

$$c_3 = dy / dx = 1$$

Khusus sinyal standar periode :

$$c_3 = dy / dx = -x^{-2}$$

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 drift standar $u(Df_s)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari data sheet standar ( $Df_s$ ) yang mendefinisikan limit drift standar atau selisih hasil kalibrasi standar terbaru dan sebelumnya (“ $Cal_{d1}$ ,  $Cal_{d2}$ ”) yang merupakan kondisi drift terbaru standar, di absolutkan karena yang diambil hanya lebarnya tidak arahnya. 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 drift Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

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

Atau

$$U(Df_s) = \frac{|Cal_{d1} - Cal_{d2}|}{2\sqrt{3}}$$

$u(Df_s)$  merupakan besaran yang sama dengan  $u(Cal_s)$  sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) ketidakpastian kalibrasi standar, sehingga diperoleh :

$$c_4 = dy / dx = 1$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 10 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

Khusus sinyal Standar Periode :

$$c_4 = dy / dx = -x^{-2}$$

Derajat kebebasan ketidak pastian ini, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p15 dapat diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai output standar diluar batas drift. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga digunakan:

$$v_4 = 10000$$

**e) Ketidakpastian Interpolasi Nilai Standar,  $u(Int_s)$**

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasal dari interpolasi nilai standar pada sertifikat kalibrasi standar. Limit ketidak pastian ini menggunakan hasil interpolasi seperti yang digunakan pada perhitungan koreksi diatas (  $T_{is}$  ), dan estimasi nilai benar yang diperoleh dari interpolasi kuadratik (  $T_{isq}$  ), dengan tambahan 1 titik ukur terdekat diatasnya, kecuali pada range tertinggi, menggunakan 1 titik ukur terdekat di bawahnya. 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 nilai setengah dari lebar limit (nilai absolut),(JCGM 100:2008 4.3.7).

Dengan demikian ketidakpastian interpolasi nilai Standar dapat dihitung dengan rumus :

$$U (Int_s) = \frac{|T_{is} - T_{isq}|}{2\sqrt{3}}$$

$u(Int_s)$  merupakan besaran yang sama dengan  $u(Cal_s)$  sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian kalibrasi standar, sehingga diperoleh :

$$c_5 = dy / dx = 1$$

Khusus sinyal Standar Periode :

$$c_5 = dy / dx = -x^{-2}$$

Derajat kebebasan ketidak pastian ini, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p15 dapat diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai output standar diluar batas ketidakpastian intepolasi. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga digunakan:

$$v_5 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 11 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

**f) Ketidakpastian Pembulatan Nilai Standar dan UUT,  $u(Rnd)$**

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasal dari pembulatan nilai standar dan UUT. Limit ketidak pastian ini menggunakan nilai terbesar selisih akibat pembulatan nilai standar dan UUT (Rnd). Kemungkinan besar nilai benar berada dimana saja didalam limit ini, sehingga dapat diasumsikan memiliki tipe distribusi rectangular dengan pembagi akar kuadrat tiga, dan besarnya (a) adalah nilai setengah dari lebar limit (nilai absolut),(JCGM 100:2008 4.3.7).

Dengan demikian ketidakpastian kalibrasi pembulatan dapat dihitung dengan rumus :

$$U(Rnd) = \frac{|Rnd|}{2\sqrt{3}}$$

$u(Rnd)$  merupakan besaran yang sama dengan estimasi nilai benar UUT (y) sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_6 = 1$$

Derajat kebebasan ketidak pastian ini, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p15 dapat diasumsikan tidak berhingga, hal ini dikarenakan sangat kecil kemungkinannya nilai output standar diluar batas ketidakpastian Pembulatan. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam perhitungan otomatis, nilai tak berhingga diwakili oleh nilai yang cukup besar, sehingga digunakan:

$$\nu_6 = 10000$$

**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 :

$$U_c = \sqrt{U(rep)^2 + U(res)^2 + U(Cals)^2 + U(Dfs)^2 + U(Ints)^2 + U(Rnd)^2}$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/09		Halaman : 12 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI FREQUENCY COUNTER</b>			No.Salinan :	Status Dokumen :

#### 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):

$$v_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U(res)^4}{v_1} + \frac{U(res)^4}{v_2} + \frac{U(Cals)^4}{v_3} + \frac{U(Dfs)^4}{v_4} + \frac{U(Ints)^4}{v_5} + \frac{U(Rnd)^4}{v_6}}$$

#### 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