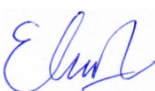




METODEKALIBRASI TIME & FREQUENCY

INSTRUKSI KERJA PRECISION TIMER

STM/IK-TIME & FREQUENCY/08

APPROVAL BY:

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 2 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

Riwayat Revisi

Urutan Revisi	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/08		Halaman : 3 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Precision Timer*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Precision Timer*, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

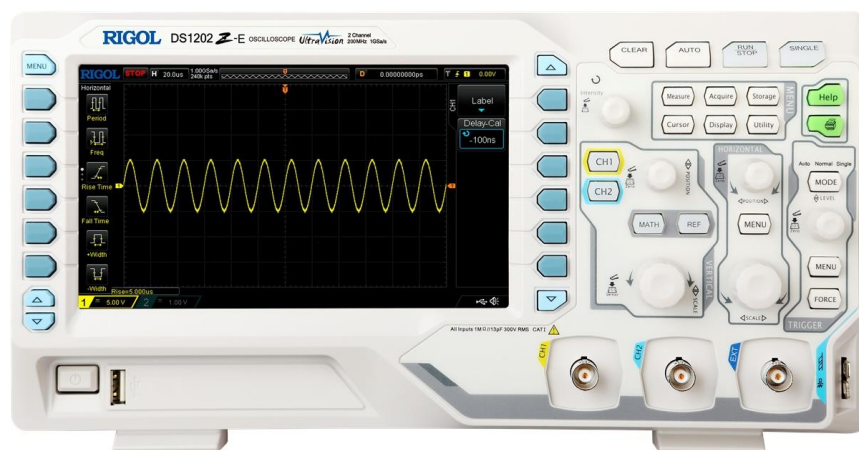
- Rentang pengukuran : 6 ms ~ 5000 ms
- Satuan pengukuran : millisekon

D. Daftar Acuan Kalibrasi

- 1) JCGM 100:2008, “*Evaluation of Measurement Data-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*”
- 2) Instruksi Manual Frequency Counter
- 3) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 4) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”

E. Alat Standar

Frequency Source Calibrator, merk *Agilent*, tipe 53131A, SN : MY47003751.



Gambar 1 : Standar kalibrator Oscilloscope Rigol DS1202 Z-E

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 4 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 2: Kabel BNC



Gambar 3 : Alat Bantu Trigger

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- Oscilloscope Rigol DS 1202-ZE
- Kabel BNC
- Alat bantu Trigger

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.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 5 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

H. Teori Ringkas

Precision Timer merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur atau mengatur besaran waktu dengan sinyal start dan stop elektronik.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi Precision Timer.

- 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) 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”.



Gambar 4 : Koneksi Standar ke UUT

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 6 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

2) Warming Up & Pendataan UUT

- Hubungkan UUT ke channel 1 pada standar, hubungkan alat bantu trigger yang sesuai dengan spesifikasi (manual) UUT, sesuai gambar 4. Alat bantu trigger umumnya menggunakan tombol dan power supply yang tegangannya sesuai spesifikasi UUT. Dapat juga hanya berupa tombol.
- Nyalakan peralatan standar dan UUT, kemudian lakukan *warm-up*, kurang lebih selama 30 menit.
- Sementara menunggu *warm-up*, lakukan pencatatan data UUT seperti identitas dan spesifikasi, sesuai Form Laporan Hasil Kalibrasi.

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Frequency Source

- Lakukan pengukuran pada range terendah UUT yang dapat dikalibrasi dengan prinsip nilai 1,2,5 pada range tersebut, contoh jika range terendah 100 ms maka diambil data mulai dari 10 ms, 20 ms, lalu 50 ms.
- Setting Vertical Deflection dan trigger level yang sesuai dengan sinyal UUT. Perhatikan noise yang terbaca ketika UUT belum di trigger, atur trigger level diatas noise tersebut.
- Setting Horizontal Deflection dan delay agar titik ukur dapat ditangkap secara keseluruhan pada layar standar. Misalnya pada titik ukur 100 ms digunakan horizontal deflection 10 ms per/div dan delay di setting 50 ms (standar memiliki 12 Horizontal Division, pada 10 ms/div lebarnya adalah 120 ms).
- Tekan tombol single (mode) pada standar, lalu lakukan trigger pada UUT. Tunggu hingga UUT off, lalu atur delay pada standar agar akhir dari sinyal UUT berada tepat pada cross hair standar. Lakukan zooming dengan mengatur horizontal deflection standar sampai se per-sepuluh ribu kali dari setting pada Point “c” atau semaksimal mungkin yang dapat dilakukan pada standar. Ulangi pengaturan delay jika terlihat akhir sinyal UUT belum tepat pada *cross hair*.
- Catat setting-setting yang digunakan diatas, dan nilai delay pada akhir sinyal UUT tersebut.
- Ulangi langkah c ~ e sampai didapat lima data pengamatan.
- Ulangi langkah b ~ f untuk titik ukur berikutnya hingga diperoleh seluruh titik ukur yang dapat dikalibrasi.

J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi

- Buka file template kalibrasi Electrical Time Frequency pada PC.
- Input semua identitas dan informasi lainnya dari alat.
- Input data hasil pengukuran / kalibrasi .

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 7 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

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 :

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

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 atau Nominal UUT

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

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x \cdot t$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana:

y : Estimasi nilai benar UUT

t : Jumlah divisi yang digunakan berasal dari delay dibagi setting Time/Div yang digunakan saat capture data sinyal.

x : Estimasi nilai standar (Time/Div). 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/08		Halaman : 8 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			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 :

$$c_1 = dy / dx = 1$$

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.

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

Jika yang di setting nominal UUT (H. Teori Ringkas Poin 5), ketidakpastian resolusi diasumsikan 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 yang merupakan ketidakpastian B. karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasaldari manual UUT / observasi penunjukan UUT, untuk mendapatkan

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 9 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

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). Sedangkan resolusi pembacaan standar sudah terkandung didalam nilai ketidakpastian pada sertifikat kalibrasinya. 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:

$$v_2 = 10000$$

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 Pd-01.3 Bab 9, p14.

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 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 10 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

$u(Cal_s)$, Merupakan besaran yang sama dengan point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga koefisien sensitifitasnya diperoleh :

$$c_3 = dy / dx = t$$

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 ("Cald1, Cald2") 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 point c) Ketidakpastian kalibrasi standar, sehingga diperoleh :

$$c_4 = t$$

Derajat kebebasan ketidakpastian 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:

$$v_4 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 11 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			No.Salinan :	Status Dokumen :

e) 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 :

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/08		Halaman : 12 dari 12
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI PRECISION TIMER			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, ν_{eff} , sesuai JCGM 100:2008

G.4.1 eq (G.2.b):

$$\nu_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U(rep)^4}{\nu_1} + \frac{U(res)^4}{\nu_2} + \frac{U(Cals)^4}{\nu_3} + \frac{U(Dfs)^4}{\nu_4} + \frac{U(Rnd)^4}{\nu_6}}$$

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