

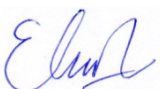


METODE KALIBRASI TIME & FREQUENCY

INSTRUKSI KERJA OSCILLOSCOPE

PERIOD & TIME/DIV

STM/IK-TIME & FREQUENCY/05

APPROVALBY:

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 2 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			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/05		Halaman: 3 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Instruksi kerja ini digunakan sebagai prosedur kalibrasi Oscilloscope *Period & Time/div*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Oscilloscope Period & Time/div*, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis dan Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

Period

1. Rentang pengukuran : 10 ns - 5 s
2. Satuan pengukuran : s, ms, μ s, ns

Time/div

1. Rentang pengukuran : 2 ns/div – 5 s/div
2. Satuan pengukuran : s/div, ms/div, μ s/div, ns/div

D. Referensi

- 1) JCGM 100:2008 “*Evaluation of Measurement Data-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.*”
- 2) Instruksi Manual “*Oscilloscope Calibrator Time Electronics 5045*”
- 3) EURAMET cg-7 v.1.0 “*Calibration of Measuring Devices for Electrical Quantities Calibration of Oscilloscope*”
- 4) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 5) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement*”
- 6) “*Oscilloscope Terminologi*”(1-09-2020).

<https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/intro/oscilloscope-terminology>

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 4 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

E. Alat Standar

Oscilloscope Calibrator, merk *Time Electronics*, tipe 5045, SN: 1146J20 / ID: ELC002.



Gambar 1 :Standar kalibrasi Oscilloscope Time Electronics 5045

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor
- 2) Terminator 50 Ohm

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

Oscilloscope merupakan instrumen pengukuran penting untuk menampilkan sinyal listrik sebagai bentuk gelombang. Bentuk gelombang adalah representasi grafis dari kuantitas yang bergantung pada waktu. Sumbu y atau vertikal dari *graticule* biasanya mewakili tegangan listrik sementara sumbu x atau horizontal biasanya mewakili waktu.

- 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*)

Untuk UUT Analog merupakan selisih nilai dua garis skala yang berdekatan, dikalikan daya baca diantara kedua garis skala tersebut, misal untuk skala yang rapat hanya dapat dibedakan apakah jarum penunjuk pada garis skala /

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 5 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

diantaranya sehingga daya baca $\frac{1}{2}$ dari selisih nilai (50%), atau untuk skala yang cukup renggang dapat dibedakan sampai $\frac{1}{4}$ nya (25%).

- 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

Terminologi oscilloscope pada instruksi kerja ini mengacu ke referensi 6) “*Oscilloscope Terminologi*”(1-09-2020). <https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/intro/oscilloscope-terminology>

I. Langkah Kalibrasi

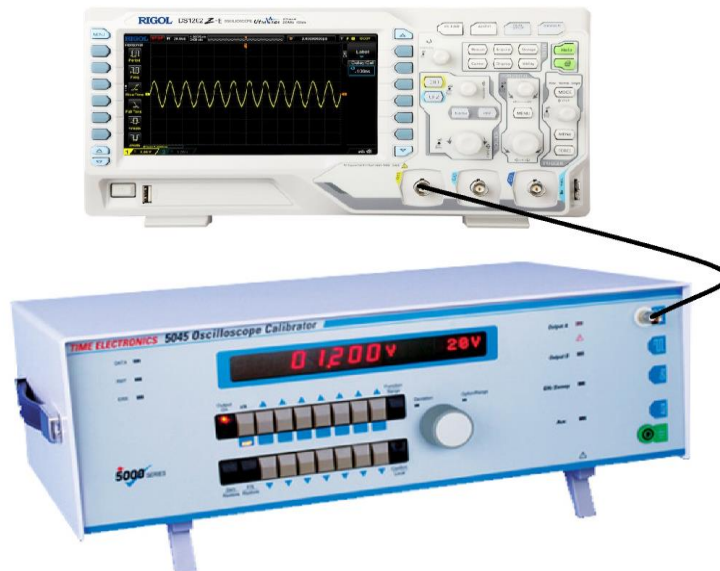
1) Persiapan & Function Test

- a) Jika diperlukan dapat membaca Manual Standar kalibrasi *Oscilloscope* 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 dalam keadaan “OFF”.

2) Warming Up

- a) Nyalakan peralatan standar dan lakukan *warm-up*, kurang lebih selama 30 menit.
- b) Tekan tombol [Output On] hingga lampu indikatornya padam, 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.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 6 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 2 : Koneksi Standar dan UUT

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Oscilloscope

- Nyalakan UUT, rangkaikan UUT dengan Standar seperti pada gambar 2 di atas.
- Pengukuran *Range* terkecil dimulai dari 10 ns atau sesuai spesifikasi UUT. Setting nol *Horizontal offset* sesuai manual UUT.
- Untuk kalibrasi Time/div** maka sinyal dari standar sesuai setting *Time/div* UUT. Misalnya pada 10 ns/div UUT, maka standar 10 ns, kecuali range dibawah 10 ns/div, maka tetap menggunakan sinyal standar 10 ns, range diatas 1 s/div, maka tetap menggunakan sinyal standar 1 s. Hal ini sesuai ketersediaan nilai tertelusur pada sertifikat kalibrasi. Perkalian jumlah sinyal terhadap satu divisi UUT dimasukan dalam model matematis. Jika tidak ada permintaan parameter yang dikalibrasi, maka parameter standar yang dikalibrasi adalah *time/div*, yang umumnya cukup memadai untuk kebutuhan pelanggan.
- Untuk kalibrasi Period** maka sinyal dari standar satu divisi UUT. Misalnya pada kondisi UUT , 10 ns/div, maka standar 10 ns.
- Tekan tombol [Output On] pada Standar hingga lampu indikatornya menyala dan tunggu selama minimal 5 detik atau hingga tampilan pada UUT stabil.
- Catat pembacaan dan resolusi UUT, jika ada maka gunakan pembacaan digital pada oscilloscope, jika tidak ada, maka baca dari skala divisi.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 7 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

- g) Catat pembacaan UUT sesuai langkah c atau d setiap minimal jeda 5 detik atau sampai diperoleh kondisi yang cukup stabil pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- h) Ulangi langkah g hingga didapat 5 data pada titik ukur tersebut.
- i) Tekan tombol [Output On] pada Standar sehingga berada pada kondisi standby (Lampu indikator pada tombol padam).
- j) Lanjutkan pengukuran pada range Time/div UUT berikutnya sesuai langkah c ~ i hingga seluruh range yang memungkinkan terkalibrasi.

J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi

- 1) Buka file template kalibrasi *Time & Frequency* pada PC.
- 2) Input semua identitas dan informasi lainnya dari alat.
- 3) Input data hasil pengukuran / kalibrasi .
- 4) Jikasemua data telah di isi lengkap, lakukan *Save As* kemudian berinama *file* dan simpan pada *folder* yang telah ditentukan.

K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan:

$$C_i = b \cdot T_{is} - T_{ix}$$

Dengan,

C_i : Koreksi pembacaan alat terhadap Standar.

b : Jumlah Periode sinyal standar per titik ukur UUT

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 .

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 8 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = b \cdot x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

b : Jumlah Periode sinyal standar per titik ukur UUT

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 ketidak pastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

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

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

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

$$c_1 = dy / d bx = 1$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

bx : Pembacaan UUT. Hal ini karena pembacaan UUT dibandingkan sejumlah tertentu periode sinyal standar (b).

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 9 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

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, $u(res)$

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.

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

$$c_2 = 1$$

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, $u(Cal_s)$

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.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 10 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

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

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

$$c_3 = dy / dx = b$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

b : Jumlah Periode sinyal standar per titik ukur UUT

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 yang mendefinisikan limit drift 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 drift Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 11 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

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

Dimana :

Df_s : Nominal drift standar.

$u(Df_s)$ merupakan besaran yang sama dengan $u(Cal_s)$ sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh

$$c_4 = b$$

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 a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_5 = b$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 12 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

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

$$\nu_5 = 10000$$

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 yang sudah di kali jumlah periode sinyal standar per titik ukur UUT dan akibat pembulatan 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 $u(Rep)$ 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 :

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-TIME & FREQUENCY/05		Halaman: 13 dari 13
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI OSCILLOSCOPE PERIOD & TIME/DIV			No.Salinan :	Status Dokumen :

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

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

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

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):

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{U_c^4}{\frac{U(\text{rep})^4}{\nu_1} + \frac{U(\text{res})^4}{\nu_2} + \frac{U(\text{Cals})^4}{\nu_3} + \frac{U(\text{Dfs})^4}{\nu_4} + \frac{U(\text{Ints})^4}{\nu_5} + \frac{U(\text{Rnd})^4}{\nu_6}}$$

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