




# METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

## INSTRUKSI KERJA AC CLAMP METER

### STM/IK-KELISTRIKAN/10

#### APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		<b>Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10</b>		Halaman : 2 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI AC CLAMP METER</b>			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"> <li>• Penambahan nomor seri standar.</li> <li>• Menambahkan langkah kalibrasi dengan koneksi alternative tanpa <i>adapter interface cable</i>.</li> <li>• Menambahkan bagian “K. Perhitungan Koreksi”</li> <li>• Perhitungan ketidakpastian menjadi bagian L, sebelumnya lampiran. Penyusunan ulang sesuai urutan penjelasan referensi JCGM 100 : 2008</li> <li>• Penambahan bagian “M. Pelaporan Hasil Kalibrasi”</li> </ul>	A. Rendra
02	18 Februari 2020	Penambahan titik ukur range tunggal/ total range UUT 5 atau kurang.	A. Rendra
03	4 Juni 2020	Perbaikan Audit Surveillance: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penambahan komponen ketidakpastian interpolasi nilai standar, dan komponen ketidakpastian pembulatan nilai UUT dan standar.</li> <li>• Menambahkan referensi baku yang mengatur Clamp Coil.</li> </ul>	A. Rendra
04	1 Maret 2021	Perluasan lingkup dan update dokumen acuan KAN-G-01 menjadi KAN Pd-01.3. Reklasifikasi Coil sebagai alat bantu (Acuan Kalibrasi point 5)	Fahmi
05	28 Februari 2022	Perbaikan Audit Akreditasi : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penambahan pada Teori Ringkas AC Clamp Meter</li> <li>• Perubahan alat standar dan alat bantu</li> <li>• Perubahan Rentang Pengukuran</li> <li>• Pengaturan Input data dan pengaturan koreksi standar</li> <li>• Perubahan Langkah dan Prosedur Kalibrasi</li> <li>• Penambahan Ketidakpastian Current Coil</li> </ul>	Fahmi

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 3 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

#### A. Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Clamp Meter AC*.

#### B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Clamp Meter AC* dengan rentang ukur 0 Ampere hingga 990 Ampere AC, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

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

- 1) Rentang pengukuran : 0 Ampere hingga 990 Ampere AC
- 2) Satuan pengukuran : Ampere

#### 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 & EA015
- 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*”
- 5) Bailey, Michael. “EA002 operation and Verification/Calibration Requirements” *Solution home / Hardware / EA002 2, 10, 50 Turn Clamp Coil Adapter* (2019), Wed, 8 May, at 2:59 PM.  
<https://support.transmille.com/support/solutions/articles/9000167982-ea002-operation-and-verification-calibration-requirements>

#### E. Alat Standar

- 1) *Precision Multi Product Calibrator*, merk *Transmille*, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C (Sumber Arus AC).
- 2) *Multifunction Workstation*, merk *Transmille*, tipe EA015 SN : 112166117 / ID: ELC001B (Current Coil)



**Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A, dan Multifunction Workstation EA015 (Coil 2x ,10x ,50x), adapter interface cable**

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		<b>Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10</b>		Halaman : 4 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI AC CLAMP METER</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

## F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor
- 2) *adapter interface cable*

## 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

*Clamp Meter AC* merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur arus searah (AC) pada konduktor yg dialiri arus tanpa memutuskan sirkuit yang sedang diuji. Clamp Meter sering disebut juga tang amper. *Clamp meter AC menggunakan sensor tipe wound effect.* Kalibrasi ini menggunakan current coil yang perlu dilakukan kalibrasi sesuai yang diberlakukan KAN.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi Clamp Meter AC.

- 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

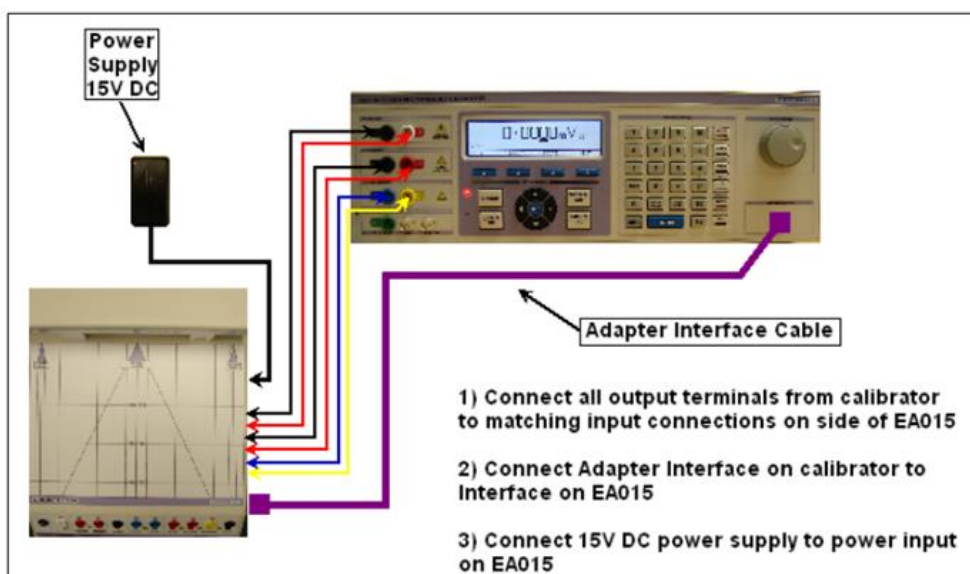
## I. Langkah Kalibrasi

### 1) Persiapan & Function Test

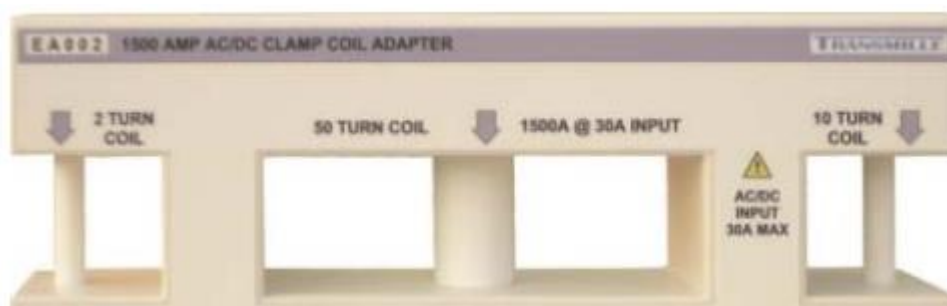
- a) Jika diperlukan dapat membaca Manual Transmille untuk cara pengoperasiannya.
- b) Periksa sumber tegangan dari UUT maupun peralatan standar (110V, 220V atau lainnya).
- c) Jika dibutuhkan, gunakan *voltage transformer* (trafo step up/down) untuk mendapatkan sumber tegangan yang sesuai.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 5 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

- d) Pastikan switch UUT dan Standard Calibrator dalam keadaan “OFF”.
- e) Instalasi sesuai **konkeksi standar** pada gambar 2 di bawah. **Jika tidak terdapat adapter interface cable dan atau hanya tersedia 2 kabel konektor, maka dapat menggunakan koneksi alternatif seperti pada gambar 5 sampai gambar 10. Koneksi alternatif membutuhkan pemindahan kabel koneksi sesuai titik ukur dan masing-masing dari gambar 5 – gambar 10 yang sesuai dengan titik ukur.**



Gambar 2 : Koneksi standar kalibrasi clamp meter



Gambar 3 : Bagian depan turn coil

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		<b>Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10</b>		Halaman : 6 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI AC CLAMP METER</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :



**Gambar 4 : Bagian belakang turn coil**



**Gambar 5 : Koneksi terminal 2 Ampere ke Turn Coil 10x (sampai 60 A)**



**Gambar 6 : Koneksi terminal 30 Ampere ke Turn Coil 10x (sampai 198 A)**

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		<b>Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10</b>		Halaman : 7 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI AC CLAMP METER</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :



**Gambar 7 : Koneksi Terminal 2 Ampere ke Turn Coil 50x (sampai 100 A)**



**Gambar 8 : Koneksi Terminal 30 Ampere ke Turn Coil 50x (sampai 990 A)**



**Gambar 9 : Koneksi Terminal 2 Ampere ke Turn Coil 2x (sampai 4 A)**



**Gambar 10 : Koneksi Terminal 30 Ampere ke Turn Coil 2x (sampai 39,6 A)**

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 8 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

## 2) Warming Up & Pendataan UUT

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

## 3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Clamp Meter AC

- Pengukuran rentang terkecil dimulai dari titik ukur nol, dimana **UUT dinyalakan tanpa dipasang pada kalibrator** dan dipastikan tidak ada kabel yang melalui lubang clamp .
- Amati nilai terukur, lakukan zero adjustment pada UUT jika memungkinkan dilakukan zero adjustment. catat nilai nol atau yang terdekat yang dapat dicapai pada Form Laporan Hasil Kalibrasi setiap kira-kira 5 detik untuk 5 data.
- Letakkan UUT pada Standar sebagaimana ditunjukkan contoh pada gambar 11. Pastikan posisi UUT pada koil dengan jumlah lilitan yang sesuai titik ukur. Catat jumlah koil yang digunakan pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.



**Gambar 11: Posisi UUT pada Multifunction Workstation untuk Turn Coil 50x (contoh)**

- Nyalakan standar dan UUT, input pada transmile 9041A jumlah lilitan ( *turn* ) koil sesuai koil dimana UUT dipasang dan input nilai titik ukur secara langsung ( tanpa dibagi jumlah lilitan koil ) pada transmile 9041A.
- Khusus untuk **koneksi alternatif**, maka pastikan kembali posisi pemasangan kabel konektor sudah sesuai posisi koil dimana UUT dipasang.
- Lakukan pengukuran dengan titik ukur 10 % FS ( *Full Scale*, nilai skala penuh rentang ) pada frekuensi 50 Hz. Untuk UUT yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati.



Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		<b>Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10</b>		Halaman : 9 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
<b>KALIBRASI AC CLAMP METER</b>			No. Salinan :	Status Dokumen :

Misal, range 600A, resolusi 100A, maka titik ukur 10% = 60A diambil pada skala terdekat, yakni 100A. Catat titik ukur jika menggunakan titik ukur pendekatan, pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.

- g) Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- h) **Khusus untuk UUT Digital**, Catat nilai penunjukan UUT dan resolusi UUT pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- i) **Khusus untuk UUT Analog**, ataur output Transmille sedemikian sehingga Penunjukan UUT tepat /sedekat mungkin pada titik ukur, tunggu selama minimal 5 detik agar stabil. Jika belum tercapai atur ulang dan tunggu 5 detik. Jika sudah tercapai catat nilai nominal standar dan **resolusi terkecil UUT** di titik tersebut pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- j) Tekan tombol [Standby] pada Transmille sehingga berada pada kondisi standby
- k) Ulangi langkah c ~ j sampai didapat lima data pengamatan.
- l) Ulangi langkah c ~ k untuk setting output Transmille sebesar 20 %FS jika hanya terdapat 1 range AC Clamp meter saja, / jika total range UUT termasuk parameter lain tidak lebih dari 5 range lalu 50 % FS & 90% FS pada frekuensi 50 Hz untuk semua range. Khusus untuk range tertinggi / jika hanya ada 1 range AC Clamp Meter/ jika total range UUT termasuk parameter lain tidak lebih dari 5 range, tambahkan titik ukur 100 % FS pada frekuensi 50 Hz, 100% FS sesuai permintaan mayoritas customer. Jika tidak dapat dicapai, maka seting output Transmille maksimal dan catat nilai tersebut pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- m) Ulangi langkah c ~ l untuk range tengah, jika ada minimal 3 range, lalu range tertinggi jika ada, baru kemudian range lainnya, hingga semua range terkalibrasi. Urutan ini untuk mendeteksi abnormality seperti penyimpangan yang besar sedini mungkin dan pada level energi yg lebih aman.

#### **J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi**

- 1) Copy file template kalibrasi Electrical Frequency pada PC, Dengan nama file RENDRA - cust\_nama alat Electrical Frequency\_sn atau id\_EC.xlsx, ke folder kerja, lalu rename dengan format nama MT – nama customer\_nama alat\_SN/ID.xlsx sesuai data informasi alat.
- 2) Input semua identitas dan informasi lainnya dari alat.
- 3) Input data hasil pengukuran / kalibrasi.
- 4) Jika semua data telah diisi lengkap, lakukan penyimpanan (Save) dan pindahkan ke folder yang telah ditentukan.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 10 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

5) Jika penginputan langsung tanpa mencatat di form laporan hasil kalibrasi, maka bagian form laporan hasil kalibrasi pada inputan data hasil kalibrasi harus di print sebagai form laporan hasil kalibrasi. Kemudian harus ditanda tangani sebagaimana form laporan hasil kalibrasi yang datanya dilakukan pencatatan manual.

## K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan:

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

Dengan,

$C_i$  : Koreksi pembacaan besarnya arus DC dengan Clamp meter.

$T_{is}$  : Nilai arus yang di seting pada Standar MPC.

$T_{ix}$  : Rata-rata pembacaan arus pada UUT.

$t$  : Jumlah lilitan *Current Coil*.

Dilakukan koreksi secara keseluruhan baik bias standarnya signifikan ataupun tidak , untuk menyederhanakan analisa data otomatis menggunakan excel. Jika tidak ada nilai koreksi pada sertifikat kalibrasi standar yang sama dengan titik ukur, maka dilakukan interpolasi linier nilai koreksi dari dua nilai standar terdekat.

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

$t$  : Konstanta jumlah lilitan koil yang digunakan

$x$  : Estimasi nilai current standar. Koreksi nilai current standar tidak eksplisit diikut 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 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 11 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

## 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 (UUT Digital) / pembacaan standar (UUT Analog) 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, untuk UUT Digital dan analog masing-masing:

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

dimana :

$c_1$  : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1 untuk UUT digital / analog

$y$  : 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, $u(res)$**

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 eq.7). Dengan demikian ketidakpastian Resolusi UUT dapat dihitung dengan rumus :

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

dimana :

$a$  : 0.5 x resolusi.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 12 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

$u(res)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai UUT 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 9041A  $u(Cal_s)$  dan EA015  $u(Cal_c)$**

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 :

$$u(Cal_{t,d}) = \frac{U_{95\ std}}{k_{95\ std}}$$

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:

$$c_{3t} = dy / d(x) = t$$

$$c_{3c} = dy / d(x, t) = 1$$

dimana :

$c_{3t}$  : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3 untuk standar 9041A

$c_{3c}$  : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3 untuk standar EA015

y : model matematis pengukuran.

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:

$$v_3 = 60$$

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 13 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

**d) Ketidakpastian drift standar  $u(Df_s)$**

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari nilai selisih hasil kalibrasi standar terbaru dan sebelumnya (" Cal<sub>d1</sub> , Cal<sub>d2</sub> ") 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 eq.7).

Ketidakpastian *drift* Standar dari data kalibrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$u(Df_{sd}) = \frac{|Cal_{d1} - Cal_{d2}|}{2\sqrt{3}}$$

$u(Df_s)$  Merupakan besaran yang sama dengan point c) Ketidakpastian kalibrasi standar 9041A, sehingga diperoleh:

$$c_4 = t$$

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 akurasi. 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 kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 14 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

$u(Int_s)$  Merupakan besaran yang sama dengan point c) Ketidakpastian kalibrasi standar , sehingga diperoleh:

$$c_5 = t$$

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:

$$V_5 = 10000$$

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

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasal dari pembulatan nilai total standar dan UUT. Limit ketidak pastian ini menggunakan nilai terbesar selisih akibat pembulatan nilai standar dan UUT. 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 kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

$u(Rnd)$  memiliki satuan yang sama dengan nilai standar 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:

$$v_6 = 10000$$

### 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/10		Halaman : 15 dari 15
Tgl. Revisi : 1 Feb 2022	Revisi : 05	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI AC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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

#### 4) Faktor Cakupan, k.

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

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

#### 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