




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA DC CLAMP METER

STM/IK-KELISTRIKAN/09

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 2 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP 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"> • Penambahan nomor seri standar. • Menambahkan langkah kalibrasi dengan koneksi alternative tanpa <i>adapter interface cable</i>. • 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 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"> • Penambahan komponen ketidakpastian interpolasi nilai standar, dan komponen ketidakpastian pembulatan nilai UUT dan standar. • Menambahkan referensi baku yang mengatur koreksi standar Clamp Coil . 	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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 3 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

Tujuan

Menentukan standar prosedur kalibrasi untuk *Clamp Meter DC*.

A. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Clamp Meter DC*, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai. *Clamp Meter DC* menggunakan sensor tipe *Hall Effect*

B. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : 0 Ampere hingga 2000 Ampere DC
- 2) Satuan pengukuran : Ampere, kilo Ampere

C. 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 “*KAN 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>

D. Alat Standar

- 1) *Precision Multi Product Calibrator*, merk *Transmille*, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C (Sumber Arus DC).
- 2) *DMM GW Instek* tipe : GDM-8261A SN: GENI90885 / ID: SAL001

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 4 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A, *DMM GW Instek GDM-8261A* dan Perlengkapan Multifunction Workstation EA015 (Coil 2x ,10x ,50x), *adapter interface cable*

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 5 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

E. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor dan
- 2) *Multifunction Workstation*, merk Transmille, tipe EA015 SN: 112166117 / ID: ELC001B.
- 3) *adapter interface cable*
- 4) *Power Supply* MDB 6010D (Sumber Arus DC).
- 5) *Coil 100x, 1000x*

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

Clamp Meter DC merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur arus searah (DC) pada konduktor hidup tanpa memutuskan sirkuit yang sedang diuji. Clamp Meter sering disebut juga tang amper.

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

- 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

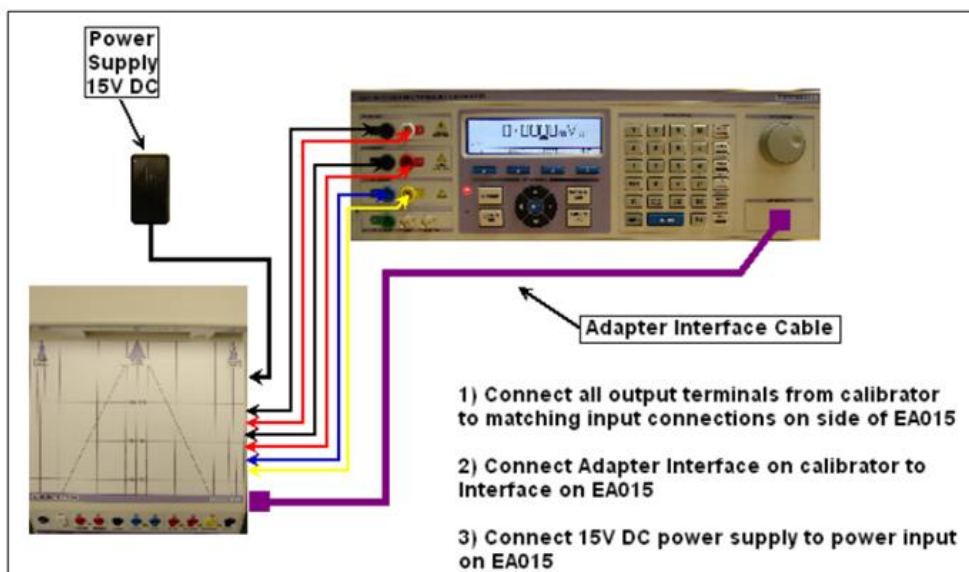
I. Langkah Kalibrasi

1) Persiapan & Function Test

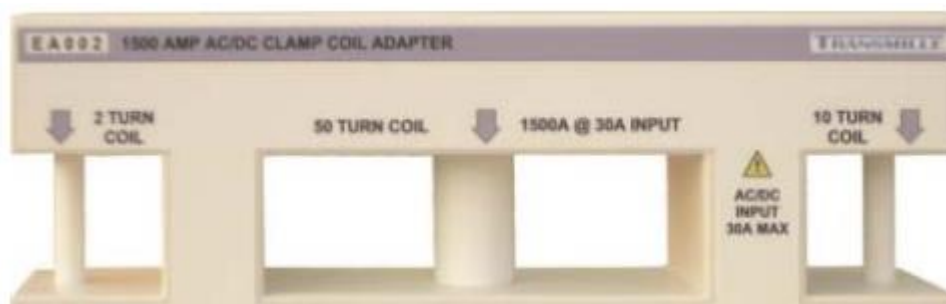
- a) Jika diperlukan dapat membaca Manual standar, UUT, dan alat bantu.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 6 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

- b) Periksa sumber tegangan dari UUT , alat bantu, 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”.
- e) Instalasi sesuai **koneksi 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 2 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. Untuk penggunaan coil 100x, dan 1000x sesuai gambar 11-12.



Gambar 2 : Koneksi standar kalibrasi clamp meter



Gambar 3 : Bagian depan turn coil

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 7 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 4 : Bagian belakang turn coil



Gambar 5 : Koneksi terminal 2 Ampere ke Turn Coil 10x (sampai 20 A)



Gambar 6 : Koneksi terminal 30 Ampere ke Turn Coil 10x (sampai 300 A)

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 8 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			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 1500 A)



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

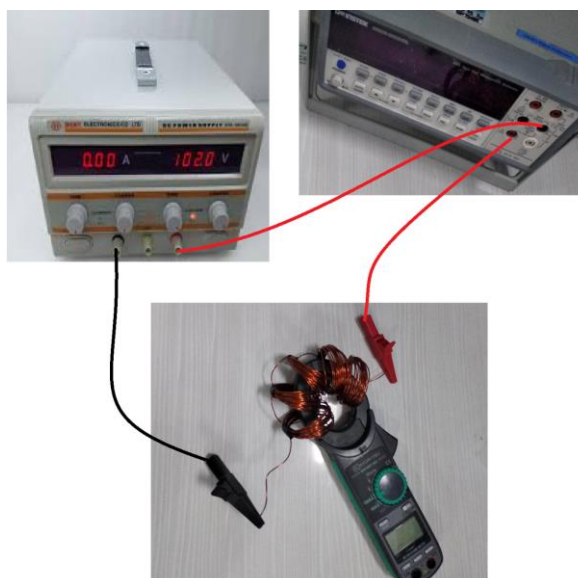


Gambar 10 : Koneksi Terminal 30 Ampere ke Turn Coil 2x (sampai 60 A)

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 9 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :



Gambar 11. Koneksi Terminal 10A ke Turn Coil 100x (Sampai 1000A)



Gambar 12. Koneksi Turn Coil ke Power Supply dan standar DMM

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. Jika sumber arus dari *power supply*, maka putar knop "CC" hingga penunjukan Arus nol.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 10 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Clamp Meter DC

- 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.
- Rangkaikan UUT sebagaimana ditunjukkan contoh pada gambar 11-13. Khusus untuk Power Supply, harus diseting knop "CC" pada posisi nol terlebih dahulu, dinyalakan, baru dirangkai. Pastikan posisi UUT pada koil dengan jumlah lilitan yang sesuai titik ukur. Catat jumlah koil yang digunakan pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.



Gambar 13. 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**, 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). Untuk UUT yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati. 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.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 11 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

- g) Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil. Jika sumber arus dari *power supply*, maka putar knop "CC" hingga penunjukan Arus pada DMM sesuai dengan titik ukur, maksimum 10A.
- 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 / putar knop "CC" 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. Jika sumber arus dari power supply, maka putar knop "CC" hingga penunjukan Arus nol.
- 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 DC Clamp meter saja / jika total range UUT termasuk parameter lain tidak lebih dari 5 range, lalu 50% FS & 90% FS untuk semua range. Khusus untuk range tertinggi/ jika hanya ada 1 range DC Clamp Meter/ jika total range UUT termasuk parameter lain tidak lebih dari 5 range, tambahkan titik ukur 100 % FS, 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) 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.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 12 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan:

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

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*, yang merupakan Standar Bantu.

Dilakukan koreksi pada T_{is} 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.

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.

Sesuai penjelasan pada “EA002 operation and Verification/Calibration Requirements” (Bailey, 2019), maka hasil pada sertifikat Clamp Coil hanya merupakan verifikasi, sehingga perhitungan koreksi t dari data sertifikat tersebut dilakukan pembulatan ke angka bulat, dan selisih pembulatannya merupakan kesalahan standar verifikasi. Perhitungan t merupakan penyusunan ulang persamaan koreksi diatas, dengan T_{is} menggunakan nilai nominal sesuai penjelasan:

$$t = (C_i + T_{ix}) / T_{is}$$

t diasumsikan tidak berubah terhadap jenis arus ujinya AC/DC maupun besarnya arus pada titik ukur.

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

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x.t$$

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 diikuti sertakan

dalam model matematis untuk penyederhanaan. Hal ini sesuai JCGM 100:2008 4.1.2. Namun

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 13 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 deviasi pembacaan UUTnya (s) sebagai komponen ketidak pastian *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.

Ketidakpastian pembacaan standar sudah terkandung dalam ketidakpastian kalibrasinya, sehingga tidak dihitung kembali.

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:

$$c_{1d} = dy / d(x.t) = 1 \text{ dan } c_{1a} = dy / d(x) = t$$

dimana :

$c_{1d,1a}$: 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 14 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

(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.

$u(res)$ 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 $u(Cal_d)$ dan Standar DMM $u(Cal_d)$

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:

$$c_3 = dy / d(x) = t$$

dimana :

c_3 , : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3

y : model matematis pengukuran.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 15 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 nilai 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 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 , 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 :

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 16 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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

$$c_5 = 1$$

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 interpolasi. 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:

$$v_6 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/09		Halaman : 17 dari 17
Tgl. Revisi : 1 Mar 2021	Revisi : 04	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : A. Rendra	Disahkan : A. Rendra
KALIBRASI DC CLAMP METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 :

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

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