




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA AC VOLTAGE SOURCE

STM/IK-KELISTRIKAN/17

APPROVALBY:

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 2 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			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	Fahmi

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 3 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Instruksi kerja ini digunakan sebagai prosedur kalibrasi *AC Voltage Source*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur kalibrasi ini ditujukan untuk Sumber Tegangan AC dengan nilai tegangan maksimum 750 V AC rms, dengan ***Digital Multi Meter (DMM)*** dan Sumber Tegangan Tinggi AC diatasnya sampai 9.5 kV AC rms, dengan *DMM* dikombinasikan dengan ***High Voltage (HV) Probe***, 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 ~ 9.5 kV
- 2) Satuan pengukuran : V, μ V, mV, kV.

D. Daftar Acuan Kalibrasi

- 1) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”.
- 2) JCGM 100:2008 “*Evaluation of Measurement Data-Guide to the Expresion of Uncertainty in Measurement.*”
- 3) Instruksi Manual *Digital Multimeter GW Instek GDM-8261A*.
- 4) Instruksi Manual *High Voltage Probe* Fluke 80K-40.
- 5) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 4 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

E. Peralatan Yang Digunakan

Alat Standar

DMM GW Instek tipe : GDM-8261A SN: GENI90885 / ID: SAL001 dan *HV Probe* Fluke tipe : 80K-40 SN: 51080022 / ID: ELC003



Gambar 1 . Standar *DMM*



Gambar 2 . Standar *HV Probe*

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor
- 2) Obeng (untuk UUT dengan koneksi terminal sekrup)

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. Definisi

AC Voltage Source merupakan peralatan yang digunakan untuk menghasilkan arus listrik bolak-balik. Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi *AC Voltage Source*.

- 1) UUT : *Unit Under Test*, merupakan alat ukur yang akan dikalibrasi

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 5 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

- 2) Resolusi : Perbedaan terkecil antara indikasi yang ditampilkan yang dapat dibedakan secara bermakna. (*EURAMET cg-15 v3.02.6*) 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 / 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 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*.
- 7) Peak Voltage (V p) : Pada listrik AC sinusoidal, merupakan tegangan tertinggi diukur dari tegangan nol.
- 8) root-mean-square Voltage (V rms) : Merupakan tegangan efektif listrik AC sinusoidal, yang setara dengan listrik DC yang akan menghasilkan panas yang sama pada suatu resistor.

I. Langkah Kalibrasi

1) Persiapan & Function Test

- Jika diperlukan dapat membaca manual *DMM* dan *HV Probe* untuk cara pengoperasiannya.
- Periksa tegangan sumber listrik yang dibutuhkan *UUT* maupun peralatan standar (110V, 220V atau lainnya).
- Jika dibutuhkan, gunakan *voltage transformer (trafo step up/down)* untuk mendapatkan sumber tegangan yang sesuai.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 6 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

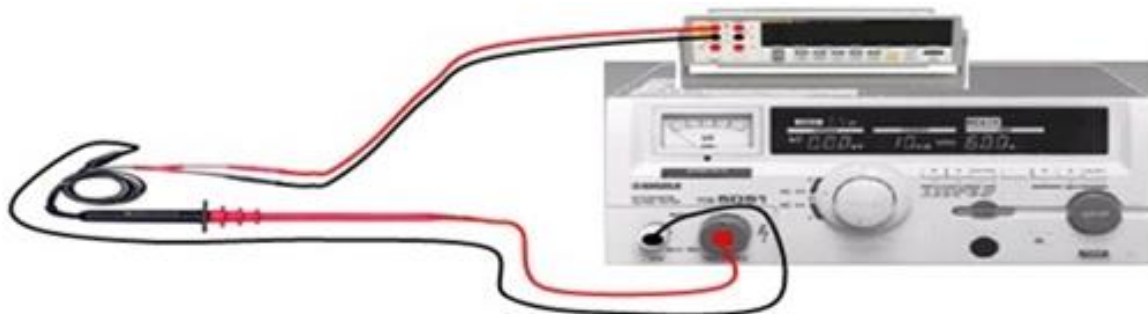
d) Pastikan *switch UUT* dan Standar dalam keadaan “*OFF*” saat menghubungkan ke sumber listrik.

2) *Warming Up*

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



Pengukuran tegangan ≤ 750 V AC rms



Pengukuran tegangan > 750 V AC rms

Gambar 4 : Koneksi Standar ke *UUT*.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 7 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

3) Prosedur Kalibrasi

- a) Pilih fungsi pengukuran Tegangan AC (ACV) pada *DMM*,
- b) Pengukuran Range terkecil dimulai dari zero jika ada. Pastikan *UUT* dalam keadaan *standby* atau tombol test sedang tidak di tekan. Catat pembacaan *DMM* dan resolusi pembacaan *UUT* pada Form Laporan Hasil Kalibrasi. Jika menggunakan *HV Probe* maka pembacaan *DMM* / adalah kira-kira sebesar 1/1000 kali nilai aktual keluaran *UUT* V rms, namun yang dicatat adalah adanya pembacaan *DMM*. Perkalian dilakukan pada analisa data saja.
- c) Catat pembacaan Standar berikutnya setiap minimal 5 detik atau menunggu hingga cukup stabil, sehingga dapat terbaca.
- d) Ulangi langkah c hingga didapat 5 data pada titik ukur zero.
- e) Lakukan pengukuran dengan titik ukur (Setting Output *UUT*) 10%, dan 90% FS (Full Scale) pada frekuensi 50 Hz. Lalu titik ukur 90% FS untuk setiap frekuensi 1kHz, dan 10kHz, jika ada pada spek *UUT*. Untuk *UUT* yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati. Misal, range 80 V resolusi 10V maka titik ukur 20%=16 V diambil pada skala terdekat, yakni 20 V. Coret nilai 20%, paraf, lalu catat titik ukur yang diambil pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- f) Tekan tombol [*Output On*, *Test*, dan sejenisnya] pada *UUT* dan tunggu selama minimal 5 detik atau hingga pembacaan *DMM* cukup stabil, lalu catat pembacaan *DMM* pada form laporan hasil kalibrasi.
- g) Tekan tombol [*Standby*, atau pastikan tombol test tidak sedang aktif] pada *UUT* sehingga berada pada kondisi *standby*. (tidak ada output yang dikeluarkan)
- h) Ulangi langkah e ~ g sampai didapat lima data pengamatan setiap titik ukur dan seluruh titik ukur *range* tersebut.
- i) Ulangi langkah e ~ h untuk *range* tertinggi lalu *range* lainnya jika ada. Urutan ini untuk mendeteksi sedini mungkin *abnormality UUT* yang cenderung terjadi pada *range* terendah dan tertinggi.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 8 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			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 beri nama *file* dan simpan pada *folder* yang telah ditentukan.

K. Perhitungan Koreksi

Koreksi dirumuskan:

Untuk standar DMM saja:

$$Ci = Tis - Tix$$

Untuk standar DMM dengan *HV Probe*:

$$Ci = 1000Tis - Tix$$

Dengan,

Ci : Koreksi pembacaan *UUT* (V rms) terhadap Standar.

Tis : Nilai pembacaan Standar *DMM* (V rms). Dilakukan koreksi

jika bias standar signifikan terhadap kebutuhan akurasi pengukuran. Hal ini sesuai JCGM 100:2008, 3.2.3. Diasumsikan jika bias standar > U95 standar, maka diperlukan koreksi standar.

Tix : Pembacaan atau nominal *UUT* (V rms).

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

L. Ketidakpastian Pengukuran

1) Model Matematis Pengukuran

Untuk standar DMM saja:

$$y = x$$

Untuk standar DMM dengan *HV Probe*:

$$y = 1000x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, yaitu :

y : Estimasi nilai benar *UUT* (V rms)

x : Estimasi nilai benar *DMM* (V rms)

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 9 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

1000x : Estimasi nilai standar *HV Probe*, konstanta 1000 sesuai spesifikasi standar. Pada sertifikat kalibrasi nominal *output HV Probe* tercantum sesuai nilai terwakili (sudah terkali 1000).

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 ketidakpastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

s : standar deviasi pembacaan *DMM* untuk setiap titik ukur, dihitung dengan menggunakan rumus Standar Deviasi.

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

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

Untuk standar *DMM* saja:

$$c_1 = dy / dx = 1$$

Untuk standar *DMM* dengan *HV Probe*:

$$c_1 = dy / dx = 1000$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : Estimasi nilai benar *UUT* (V rms)

x : Estimasi nilai benar *DMM* (V rms)

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

$$v_1 = n - 1$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 10 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

dimana :

v_1 : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

b) Ketidakpastian Resolusi, $u(res)$

Jika yang di *setting* nominal UUT (H.Definisi Poin 5), ketidakpastian resolusi diasumsikan sama dengan nol, karena tidak perlu pembacaan UUT (H.Definisi Poin 4) dalam pengoperasiannya.

Untuk UUT yang *setting* nilainya perlu pembacaan UUT memiliki ketidakpastian ini yang 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). Sedangkan resolusi pembacaan standar sudah terkandung didalam ketidakpastian sertifikatnya.

Dengan demikian ketidakpastian Resolusi UUT dapat dihitung dengan rumus :

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

dimana :

a : 0.5 x resolusi.

$u(res)$ berasal dari pembacaan DMM , sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

Untuk standar DMM saja:

$$c_2 = 1$$

Untuk standar DMM dengan $HV Probe$:

$$c_2 = 1000$$

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:

$$v_2 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 11 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

c) Ketidakpastian kalibrasi Standar, $u(Cal_s)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Sesuai KAN Pd-01.3 Bab 9, p14 ketidakpastian ini berasal dari nilai ketidakpastian pada sertifikat kalibrasi standar $DMM, u(Cal_{sd})$ dan $HV Probe, u(Cal_{sh})$ yang terdefinisi tingkat kepercayaannya, sehingga dapat diasumsikan memiliki tipe distribusi normal dengan pembagi *coverage factor* (k), dan 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

$u(Cal_{sd})$ merupakan besaran pada DMM , sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

Untuk standar DMM saja:

$$c_{3d} = 1$$

Untuk standar DMM dengan $HV Probe$:

$$c_{3d} = 1000$$

Koefisien sensitivitas $u(Cal_{sh})$ dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis. Hal ini sesuai KAN Pd-01.3 Bab 10, p15 :

$$c_{3h} = dy / d(1000x) = 1$$

dimana :

$c_{3d,3h}$: koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3,

y : Estimasi nilai benar UUT (V rms)

x : Estimasi nilai benar DMM (V rms)

1000x : Estimasi nilai benar $HV Probe$.

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 $u(Df_s)$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 12 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari data sheet standar yang mendefinisikan akurasi (A_{ksh}) dan digunakan sebagai limit drift standar, atau nilai 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 *HV Probe* dari data sheet dapat dihitung dengan rumus :

$$U(Df_{sh}) = \frac{+A_{ksh} - -A_{ksh}}{2\sqrt{3}}$$

$$U(Df_{sh}) = \frac{A_{ksh}}{\sqrt{3}}$$

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

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

$u(Df_{sd})$ merupakan besaran pada *DMM*, sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

Untuk standar *DMM* saja:

$$c_{4d} = 1$$

Untuk standar *DMM* dengan *HV Probe*:

$$c_{4d} = 1000$$

$u(Df_{sh})$ merupakan besaran pada *HV Probe*, sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian kalibrasi standar *HV Probe*, sehingga diperoleh.

$$c_{4h} = 1$$

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 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, $u(Int_S)$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 13 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari interpolasi nilai standar pada sertifikat kalibrasi standar *DMM*, $u(Int_{sd})$, dan *HV Probe*, $u(Int_{sh})$. Limit ketidakpastian 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 :

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

$u(Int_{sd})$ merupakan besaran pada *DMM*, sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

Untuk standar *DMM* saja:

$$c_{sd} = 1$$

Untuk standar *DMM* dengan *HV Probe*:

$$c_{sd} = 1000$$

$u(Int_{sh})$ merupakan besaran pada *HV Probe*, sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian Kalibrasi standar *HV Probe*, sehingga diperoleh:

$$c_{sh} = 1$$

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 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 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 ketidakpastian ini menggunakan nilai terbesar selisih akibat pembulatan nilai standar dan *UUT* (**Rnd**). Lalu di absolutkan karena yang diambil hanya lebarnya, tidak arahnya. Kemungkinan besar nilai benar standar dan *UUT* berada dimana saja didalam limit ini, sehingga dapat diasumsikan memiliki tipe distribusi *rectangular* dengan pembagi

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 14 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

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 :

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

$u(Rnd)$ merupakan besaran yang sebanding dengan nilai ketidakpastian kalibrasi standar *HV Probe*, sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian kalibrasi standar *HV Probe*, sehingga diperoleh:

$$c_6 = 1$$

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 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

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

$$U_c =$$

$$\sqrt{U(\text{rep})^2 + U(\text{res})^2 + U(\text{Calsd})^2 + U(\text{Calsh})^2 + U(\text{Dfsd})^2 + U(\text{Dfsh})^2 + U(\text{Intsd})^2 + U(\text{Intsh})^2 + U(\text{Rnd})^2}$$

4) Faktor Cakupan, k.

Faktor cakupan, didapat dari tabel t-distribution pada tingkat kepercayaan 95% namun terlebih

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/17		Halaman: 15 dari 15
Tgl. Revisi :-	Revisi : -	Dibuat : Fahmi	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC VOLTAGE SOURCE			No.Salinan :	Status Dokumen :

dahulu menghitung nilai Derajat Kebebasan Efektif, ν_{eff} , sesuai JCGM 100:2008 G.4.1 eq (G.2.b):

$$\nu_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{u(rep)^4}{\nu_1} + \frac{u(res)^4}{\nu_2} + \frac{u(Calsd)^4}{\nu_3} + \frac{u(Calsh)^4}{\nu_3} + \frac{u(Dfsd)^4}{\nu_4} + \frac{u(Dfsh)^4}{\nu_4} + \frac{u(Intsd)^4}{\nu_5} + \frac{u(Intsh)^4}{\nu_5} + \frac{u(Rnd)^4}{\nu_6}}$$

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 ketidakpastian nya sesuai Sertifikat Kalibrasi untuk *UUT* kelistrikan.