




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA RESISTANCE SOURCE

STM/IK-KELISTRIKAN/26

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 2 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE 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	Bambang

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 3 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menerangkan standar prosedur kalibrasi untuk *Resistance Source*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Resistance Source* dengan rentang ukur $0,1 \Omega \sim 100 \text{ M}\Omega$ yang outputnya disetting dengan memilih nilai yang fix atau di input secara digital dan di “enter” (tidak memerlukan pembacaan) sehingga tidak memiliki ketidakpastian resolusi UUT. Selain itu berlaku juga kondisi dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam service manual oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : $0 \Omega \sim 100 \text{ M}\Omega$
- 2) Satuan pengukuran : Ohm (Ω), kiloOhm ($\text{k}\Omega$), MegaOhm ($\text{M}\Omega$)

D. Daftar Acuan Kalibrasi

- 1) JCGM 100:2008, “*Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*”
- 2) Instruksi manual Digital Multimeter GW instek tipe GDM-8261A
- 3) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 4) KAN Pd-01.3 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”

E. Alat Standar

- 1) *Digital Multimeter GW Instek tipe GDM-8261A* SN : GEN190885



Gambar 1 : Digital Multimeter GW Instek tipe GDM-8261A

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 4 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

Resistance Source merupakan peralatan yang digunakan sebagai sumber hambatan dalam suatu rangkaian listrik.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi *Resistance Source*.

- 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 dan UUT untuk cara pengoperasiannya.
- b) Periksa **sumber tegangan** dari UUT maupun peralatan standar (110V, 220V atau lainnya).
- c) Jika dibutuhkan, gunakan *voltage transformer* (trafo step up/down) untuk mendapatkan sumber tegangan yang sesuai.
- d) Pastikan switch UUT dan Standard Calibrator dalam keadaan “OFF”.

2) Warming Up

- a) Nyalakan peralatan standar dan lakukan warm-up, kurang lebih selama 30 menit.
- b) Tekan tombol [Standby] agar tidak ada output lain sebelumnya pada peralatan standar.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 5 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

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



Gambar 3 : Rangkaian koneksi output standar dengan UUT (*Resistance Source*)

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog *Resistance Source*

- Rangkaian UUT dengan standar seperti pada gambar 3 di atas.
- Pengukuran *Range* terkecil dimulai dari nol. Catat pembacaan standar yang didapat pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Lepaskan kedua kutub kabel konektor, lalu hubungkan kembali, dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil. Catat pembacaan standar yang didapat pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Ulangi langkah c hingga didapat 5 data pada titik ukur zero.
- Lakukan pengukuran dengan Setting UUT pada nilai resistansi berikutnya pada range tersebut.
- Tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- Catat nilai penunjukan standar dan resolusi standar pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Ulangi langkah f ~ g sampai didapat lima data pengamatan.
- Ulangi langkah e ~ h untuk setting UUT range berikutnya hingga semua range terkalibrasi.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 6 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE 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:

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

Dengan,

C_i : Koreksi pembacaan alat terhadap Standar.

T_{is} : Nilai nominal Standar. Dilakukan koreksi

jika bias standar signifikan terhadap kebutuhan akurasi pengukuran sesuai JCGM 100:2008, 3.2.3. Diasumsikan jika bias standar $>U_{95}$ standar, maka diperlukan koreksi standar.

T_{ix} : Pembacaan UUT

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

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = x$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

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.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 7 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			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 ketidak pastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

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

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

$u(rep)$ memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis , KAN Pd-01.3 Bab 10, p15 :

$$c_1 = dy / dx = 1$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

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

$$v_1 = n - 1$$

dimana :

v_1 : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

b) Ketidakpastian 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.

Dengan demikian ketidakpastian kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

$$u(Cal_s) = \frac{U_{95\ std}}{k_{95\ std}}$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 8 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

dimana:

U_{95std} : ketidakpastian diperluas pada tingkat kepercayaan 95% sesuai sertifikat kalibrasi standar

k_{95std} : *coverage factor* pada tingkat kepercayaan 95% sesuai sertifikat standar

$u(Cal_s)$ memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_2 = 1$$

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:

$$v_2 = 60$$

c) 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_{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 kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

$u(Df_s)$ memiliki satuan yang sama dengan nilai standar sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh

$$c_3 = 1$$

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

$$v_3 = 10000$$

d) Ketidakpastian Interpolasi Nilai Standar, $u(Int_s)$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 9 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

Untuk continuity tester tidak dilakukan interpolasi sehingga ketidakpastian interpolasi dalam perhitungan menggunakan nilai 0.

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari interpolasi nilai standar pada sertifikat kalibrasi standar $u(Int_s)$. Limit ketidakpastian ini menggunakan hasil interpolasi seperti yang digunakan pada perhitungan koreksi diatas (T_{is}), dan estimasi nilai benar yang diperoleh dari interpolasi kuadrat (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 :

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

$u(Int_s)$ merupakan besaran yang sama dengan point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang, sehingga diperoleh:

$$c_4 = 1$$

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:

$$\nu_4 = 10000$$

e) Ketidakpastian Pembulatan Nilai Standar dan UUT , $u(Rnd)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistic sejumlah observasi. Berasal dari pembulatan nilai standar dan UUT . Limit 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 akar kuadrat tiga, dan besarnya (a) adalah nilai setengah dari lebar limit (nilai

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 10 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 sama dengan point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang , sehingga diperoleh:

$$c_5 = 1$$

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:

$$V_5 = 10000$$

3) Ketidakpastian Gabungan, U_c .

Ketidakpastian Gabungan yang dinyatakan dengan rumus :

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

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

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

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

4) Faktor Cakupan, k.

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

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/26		Halaman : 11 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Bambang	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI RESISTANCE SOURCE			No. Salinan :	Status Dokumen :

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