




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA RESISTANCE METER

STM/IK-KELISTRIKAN/05

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Manager Teknis	Kepala Lab	Kepala Bisnis Unit

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 2 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE 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. • Perubahan zero setting dengan standar menjadi tanpa standar. • Mendetailkan langkah kalibrasi. • 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	26 februari 2020	Penambahan standar multi fuction work station, dan titik ukur untuk UUT Analog, UUT dengan range sedikit.	A. Rendra

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 3 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menerangkan standar prosedur kalibrasi untuk *Resistance Meter*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi Resistance Meter dengan rentang ukur 0 ~ 1 G Ω , 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 ~ 1 Giga Ohm (G Ω)
- 2) Satuan pengukuran : miliOhm (m Ω), Ohm (Ω), kiloOhm (k Ω), MegaOhm (M Ω), GigaOhm (G Ω)

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
- 3) EURAMET cg-15 v3.0 “*Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*”
- 4) KAN-G-01 “*KAN Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”

E. Alat Standar

Precision Multi Product Calibrator, merk Transmille, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C (Sumber Resistansi).



Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A, Multifunction Workstation EA015, dan adapter interface cable

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor dan adapter interface cable
- 2) Obeng (untuk UUT dengan koneksi terminal sekrup)

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 4 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			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 Meter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur tahanan listrik. Resistance Meter sering disebut juga dengan Ohm Meter.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi Resistance Meter.

- 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.
- 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 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 5 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE 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 Resistansi meter.



Gambar 2. Contoh koneksi transmille ke UUT untuk parameter resistansi 2 wire



Gambar 3. Contoh koneksi transmille ke UUT untuk parameter resistansi 4 wire

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Resistansi Meter

- a) Nyalakan UUT, pengukuran *Range* terkecil dimulai dari zero seting dengan cara memilih posisi “OFF” pada knob putar pemilih range / mematikan UUT, menghubungkan kedua kutub kabel konektor, lalu nyalakan UUT dan pilih range resistance terkecil. Beberapa digital

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 6 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

resistance meter dapat melakukan auto zeroing, jika tidak, maka perlu menekan tombol zeroing. Pada analog resistance meter, putar knob zeroing sehingga jarum menunjuk nol atau sedekat mungkin. Bisa ataupun tidak dilakukan zeroing, catat pembacaan UUT yang didapat pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.

- b) Lepaskan kedua kutub kabel konektor, lalu hubungkan kembali, dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil. , catat pembacaan UUT yang didapat pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- c) Ulangi langkah b hingga didapat 5 data pada titik ukur zero.
- d) Rangkakan UUT dengan Transmille seperti pada gambar 2 di atas. Gunakan metode simulated resistance yang nilainya dapat divariasi sesuai kebutuhan titik ukur.
- e) Lakukan pengukuran dengan Setting Output Standar 10 % FS (*Full Scale*, nilai skala penuh rentang) untuk UUT digital atau 0,1% FS untuk UUT analog. Untuk UUT yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati. Misal, range 1 M Ω , resolusi 0,2 M Ω , maka titik ukur 10% = 0,1 M Ω diambil pada skala terdekat, yakni 0,2 M Ω . Catat titik ukur yang diambil pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- f) Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- g) Untuk UUT digital, catat nilai penunjukan UUT dan resolusi UUT pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- h) Untuk UUT analog, atur nilai standar sedemikian sehingga penunjukan UUT tepat pada skala 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.
- i) Tekan tombol [Standby] pada Transmille sehingga berada pada kondisi standby.
- j) Ulangi langkah f ~ i sampai didapat lima data pengamatan. Jika total range dalam UUT, termasuk parameter lain lebih dari 20 range, maka titik ukur digital 10% / analog 0.1% hanya untuk range tertinggi dan terendah saja. Hal ini untuk penyederhanaan sesuai EURAMET cg-15 v3.0 3.4.2.2 .
- k) Ulangi langkah e ~ j untuk setting output Transmille sebesar 90% FS untuk UUT digital atau 100% FS untuk UUT analog. Khusus range tertinggi digital tambahkan titik ukur 100% FS. Hal ini sesuai permintaan mayoritas pelanggan. Jika range lebih besar dari 10 M Ω , titik ukur sesuai IK ini untuk range tersebut, tetapi dikalibrasi menggunakan standar dan pengoperasiannya sesuai IK Kalibrasi Insulation Tester STM/IK-KELISTRIKAN/11. Jika

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 7 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

hanya terdapat satu range resistance meter atau total range pada UUT tidak lebih dari 5 range, maka tambahkan titik ukur 20%, dan 50% untuk UUT Digital, 1%, dan 10% untuk UUT Analog. Jika hanya terdapat satu range resistance meter, titik ukur 90% diganti 100% sesuai permintaan mayoritas pelanggan.

- l) Jika penyimpangan besar / dibutuhkan akurasi yang lebih tinggi, maka ulangi langkah e ~ j menggunakan mode *Fix Resistance* dan lakukan pengukuran pada seluruh nilai standar yang tersedia dan masuk dalam range UUT.
- m) Jika kondisi point l tidak terjadi, ulangi langkah e ~ k untuk range tengah (jika ada minimal 3 range), lalu upper range 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.

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 .

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 8 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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 diikuti 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.

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, sesuai KAN-G-01 Bab 10, p18 :

$$c_1 = dy / dx = 1$$

dimana :

c_1 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1

y : model matematis pengukuran.

Derajat kebebasan ketidakpastian ini dapat dirumuskan sesuai KAN-G-01 Bab 8, p14 :

$$v_1 = n - 1$$

dimana :

v_1 : derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian ke-1

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 9 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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.

$u(res)$ 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, sesuai KAN-G-01 Bab 9, p17 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-G-01 Bab 9, p17.

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

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

$$c_3 = 1$$

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 10 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE 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 akurasi standar $u(Ak_s)$

Merupakan ketidakpastian tipe B, karena tidak berasal dari analisa statistik sejumlah observasi. Berasal dari data sheet standar yang mendefinisikan limit akurasi 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 kalibrasi Standar dapat dihitung dengan rumus :

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

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

dimana

Ak_s : Nominal akurasi standar.

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

$$c_4 = 1$$

Derajat kebebasan ketidakpastian ini, sesuai KAN-G-01 Bab 9, p17 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:

$$v_4 = 10000$$

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 :

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/05		Halaman : 11 dari 11
Tgl. Revisi : 26 Feb. 20	Revisi : 02	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI RESISTANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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):

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{U_c^4}{\frac{U(\text{rep})^4}{\nu_1} + \frac{U(\text{res})^4}{\nu_2} + \frac{U(\text{Cals})^4}{\nu_3} + \frac{U(\text{Aks})^4}{\nu_4}}$$

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