




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA CAPACITANCE METER

STM/IK-KELISTRIKAN/06

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Manager Teknis	Kepala Lab	Kepala Bisnis Unit

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 2 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE 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"> • perubahan range, 0.001 nF ~ 10 mF menjadi 1 nF ~ 10 mF sesuai ketertelusuran standar. • Penambahan nomor seri 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 3 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Tujuan

Menerangkan standar prosedur kalibrasi untuk *Capacitance Meter*.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Capacitance Meter* dengan rentang ukur **1** nF ~ 10 mF, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai.

C. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : **1** nF ~ 10 mF
- 2) Satuan pengukuran : nanoFarad (nF), mikroFarad (μ F), milliFarad (mF), Farad (F)

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) **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 Kapasitansi).



Gambar 1 : Standar kalibrator Transmille 9041A

F. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 4 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE 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

Capacitance Meter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur kapasitansi listrik.

Kapasitansi adalah kemampuan suatu perangkat untuk menampung atau menyimpan muatan listrik.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi Capacitance 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/06		Halaman : 5 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE 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 Kapasitansi meter.



Gambar 2. Koneksi transmille ke contoh UUT untuk parameter kapasitansi

3) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Kapasitansi Meter

- Nyalakan UUT, rangkaikan UUT dengan Transmille seperti pada gambar 3 di atas.
- Pengukuran *Range* terkecil dimulai dari nilai standar terkecil **1 nF**. Catat titik ukur yang diambil pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik **agar stabil**.
- Catat nilai penunjukan UUT dan resolusinya pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- Tekan tombol [Standby] pada Transmille sehingga berada pada kondisi standby.
- Ulangi langkah a ~ e sampai didapat lima data pengamatan.
- Ulangi langkah a ~ e untuk setting output Transmille nilai standar berikutnya (10 nF, 20 nF, 50 nF, 100 nF, 1 μ F, 10 μ F, 100 μ F, 1 mF, 10 mF) yang masih terjangkau oleh UUT.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 6 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			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 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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 7 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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.

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

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 8 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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:

$$c_3 = 1$$

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.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 9 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

$u(Ak_s)$ 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 ketidak pastian 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 :

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

4) Faktor Cakupan, k.

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

$$v_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U(\text{rep})^4}{v_1} + \frac{U(\text{res})^4}{v_2} + \frac{U(\text{Cals})^4}{v_3} + \frac{U(\text{Aks})^4}{v_4}}$$

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.

Tgl. Penerbitan : 1 November 2017		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/06		Halaman : 10 dari 10
Tgl. Revisi : 25 April 19	Revisi : 01	Dibuat : Rendra	Diperiksa : Rudi E.	Disahkan : Remi R.
KALIBRASI CAPACITANCE METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

M. Pelaporan Hasil Kalibrasi

Laporkan hasil kalibrasi, perhitungan koreksi dan ketidakpastiannya sesuai Sertifikat Kalibrasi untuk UUT kelistrikan