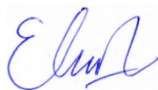




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA AC POWER METER

STM/IK-KELISTRIKAN/15

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

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

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

A. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Power Meter AC* dengan rentang ukur daya nyata 0 Watt hingga 1000 kW AC dan daya semu 0 VA – 1000 kVA AC, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai. Untuk *Unit Under Test (UUT)* 3 fase, pengambilan data serta evaluasi untuk mencari koreksi dan ketidakpastian dilakukan secara terpisah dan bergantian per fase.

Prosedur ini menggunakan metode sesuai manual dari alat standar Transmille 9041A dan alat bantu EA015.

B. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : 0 Watt hingga 600 kW AC , 1 fase / 3 fase (bergantian)
- 2) Satuan pengukuran : W, mW, kW, VA, mVA, kVA

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-01.03 “*Guide on the Evaluation and Expression of Uncertainty in measurement*”
- 5) Amalia, Hayati & Faisal, Agah. “Kalibrasi Daya AC Pada *Power Quality Analyzer* Menggunakan *Multiproduct Calibrator*” *Jurnal Standardisasi* 3.1 (2017): 67-80.
<https://js.bsn.go.id/index.php/standardisasi/article/view/xxx>
- 6) Fluke Calibration. 2012 “Calibrating Power Meters with Multi-Product Calibrators” 7/2012 1262701B A-EN-N Pub-ID 11915-eng. United State of America.

D. Alat Standar

- 1) *Precision Multi Product Calibrator (MPC)*, merk Transmille, tipe 9041A SN: R1267H17 / ID: ELC001C.

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



Gambar 1 : Multi Product calibrator Transmille 9041A (MPC)

E. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) *Multifunction Workstation (MWF), merk Transmille, tipe EA015 SN: 112166117 / ID: ELC001B.*
- 2) *Custom Current Coil x 100*
- 3) Kabel konektor



Gambar 2 : Multifunction Workstation EA015 (MWF)

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.

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

H. Teori Ringkas

Power Meter AC merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur daya arus bolak-balik (AC). Untuk pengukuran pada arus yang relatif besar, biasanya UUT menggunakan *current shunt / current clamp / Current Transformer*, sesuai seting dari pabrikan UUT.

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi *Power Meter AC*.

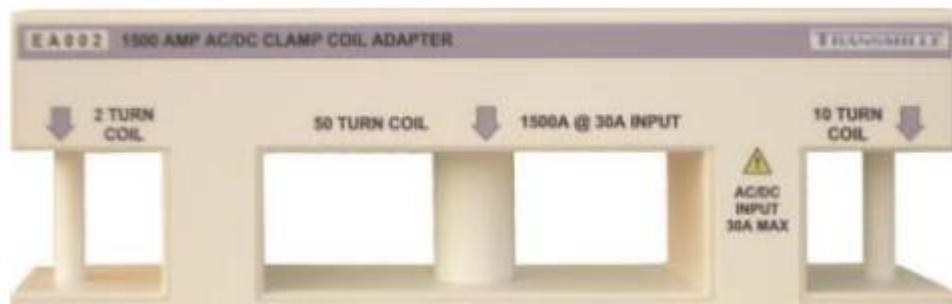
- 1) UUT : *Unit Under Test*, merupakan alat ukur yang akan dikalibrasi
- 2) Resolusi : Perbedaan terkecil antara indikasi yang ditampilkan yang dapat dibedakan secara bermakna. (*EURAMET cg-15 v3.0 2.6*)
- 3) Titik Ukur : Nilai dimana besaran ukur dilakukan kalibrasi.
- 4) Pembacaan UUT : Nilai yang terindikasi pada UUT.
- 5) Full scale range : Nilai Skala Penuh Rentang, besaran nilai ukur maksimum suatu rentang pada UUT
- 6) Sudut fasa ϕ : Sudut dari arus AC, bergeser terhadap tegangannya (Fluke Calibration 2012). Disebut juga dengan istilah *phase angle ϕ* .
- 7) Daya nyata : Daya yang dapat digunakan oleh beban, sering dinyatakan sebagai $VA \cos \phi$ untuk bentuk gelombang sinusoidal (Fluke Calibration 2012). Disebut juga dengan istilah daya aktif, sesungguhnya, *real / true power*. Satuannya Watt (W) dan multiplikasinya (mW, kW, dll).
- 8) Daya semu : Perkalian sederhana *supply* tegangan dan arus, sebagaimana dipandang dari sisi *supply* (Fluke Calibration 2012). Disebut juga dengan istilah *VA power / apparent power*. Satuannya Volt Ampere (VA) dan multiplikasinya (mVA, kVA, dll).
- 9) *Power factor (PF)*: Rasio antara daya aktif yang digunakan beban dengan daya semu dilihat dari jalur *supply*. Berlaku untuk semua bentuk gelombang. (Fluke Calibration 2012)
- 10) *Phantom power* : Tegangan dan arus dari sumber terpisah untuk mensimulasikan daya aktual. Dengan demikian tidak perlu sumber arus dan tegangan tinggi sekaligus. (Fluke Calibration 2012)

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

I. Langkah Kalibrasi

1) Persiapan & Function Test

- Jika diperlukan dapat membaca Manual Standards dan UUT untuk cara pengoperasiannya.
- Periksa sumber tegangan dari UUT maupun peralatan standar (110V, 220V atau lainnya).
- Jika dibutuhkan, gunakan *voltage transformer* (trafo step up/down) untuk mendapatkan sumber tegangan yang sesuai.
- Pastikan switch UUT dan Standard Calibrator dalam keadaan “OFF”.
- Instalasi sesuai gambar 6 sampai gambar 10. Pindah-pindahkan kabel koneksi sesuai nilai arus titik ukur dan masing-masing dari gambar 6 – gambar 10 yang sesuai dengan titik ukur.



Gambar 3 : Bagian depan turn coil



Gambar 4 : Bagian belakang turn coil

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



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



Gambar 6 : Koneksi terminal arus 10 Ampere ke Turn Coil 10x (sampai 100 A)



Gambar 7 : Koneksi Terminal arus 2 Ampere ke Turn Coil 50x (sampai 100 A)



Gambar 8 : Koneksi Terminal arus 10 Ampere ke Turn Coil 50x (sampai 500 A)

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/15		Halaman : 8 dari 17
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC POWER METER			No. Salinan :	Status Dokumen :



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



Gambar 10 : Koneksi Terminal arus 10 Ampere ke Turn Coil 2x (sampai 20 A)

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

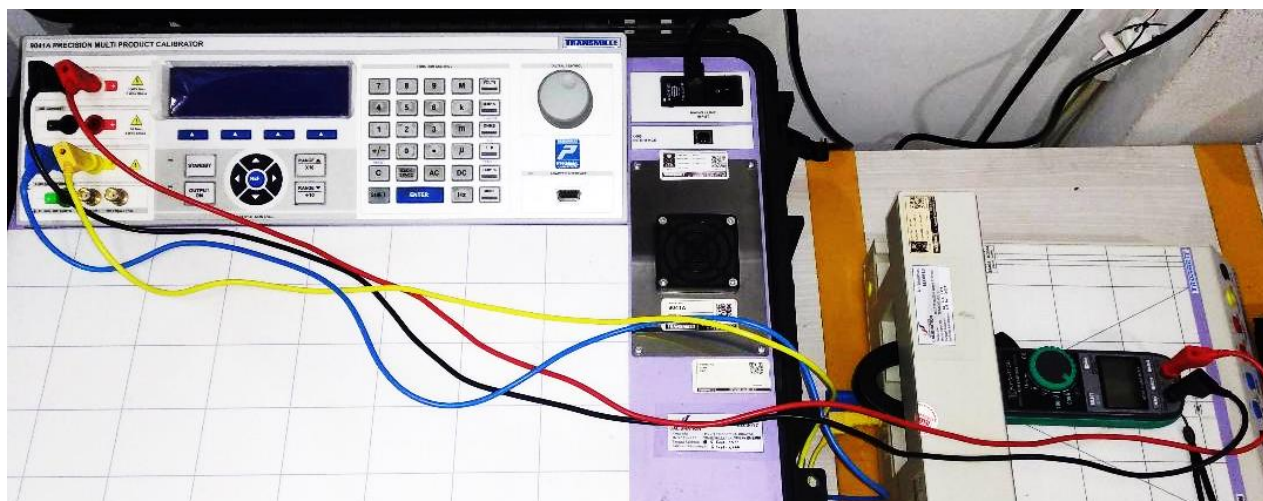
2) Prosedur Kalibrasi Digital / Analog Power Meter AC

- Pengukuran rentang terkecil dimulai dari titik ukur nol, dimana **UUT dinyalakan tanpa dipasang pada kalibrator dan alat bantu.**
- 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.
- Rangkaiakan UUT dan Standar sebagaimana ditunjukkan contoh pada gambar 11. Jika *UUT* menggunakan *Clamp* Arus, pastikan posisi *Clamp* Arus pada koil dengan jumlah lilitan yang sesuai titik ukur. Catat jumlah koil yang digunakan pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.

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



Gambar 11a: Rangkaian UUT tanpa clamp dan standar (contoh)



Gambar 11b: Rangkaian UUT dengan clamp arus pada standar dan alat bantu MWF



Gambar 11c: Koneksi Terminal 10A ke Turn Coil 100x (Sampai 1000A) dengan UUT

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

- d) Input pada transmille 9041A tegangan, frekuensi, arus (arus titik ukur dibagi jumlah lilitan koil dimana UUT dipasang) dan sudut fase.
- e) Tegangan utama dan Frekuensi dan yang digunakan adalah 220 V dan 50 Hz sesuai frekuensi jala-jala yang umum di indonesia. Ditambahkan titik ukur 50%, dan 100% dari spesifikasi tegangan maksimum range.
- f) Arus digunakan 20%, 90%, dan 100% arus maksimum *range*.
- g) Sudut fasa ϕ digunakan 0° , 36.87° , 60° , 90° , 180° , masing-masing setara dengan PF 1.00, 0.80, 0.50, 0.00, -1.00 (Amalia, Hayati & Faisal, Agah). Atur sudut fasa pada transmille, hingga diperoleh pembacaan power factor pada standar clampon power meter sesuai titik ukur ini.
- h) Atur kombinasi tegangan, frekuensi, arus dan sudut fasa sesuai tabel I Range Terendah, Tabel II range tertinggi, dan tabel III Range Lainnya. Dapat juga digunakan nilai lainnya sesuai permintaan pelanggan.
- i) Untuk UUT yang resolusinya tidak memenuhi, pilih titik ukur yang mendekati. Misal, range 600 kW (600 V, 1000 A max), resolusi 10 kW, titik ukur sesuai tabel I didapat 6 kW, maka parameter dari tabel tersebut dapat diubah sehingga titik ukur jatuh pada skala terdekat, yakni 10 kW. Catat parameter jika menggunakan parameter pendekatan, pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- j) Tekan tombol [Output On] pada Transmille dan tunggu selama minimal 5 detik agar stabil.
- k) **Khusus untuk UUT Digital**, Catat nilai penunjukan UUT dan resolusi UUT pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- l) **Khusus untuk UUT Analog**, ataur output arus Transmille sedemikian sehingga Penunjukan UUT tepat /sedekat mungkin pada titik ukur, tunggu selama minimal 5 detik agar stabil. Jika belum tercapai atur ualang dan tunggu 5 detik. Jika sudah tercapai catat nilai nominal standar dan **resolusi terkecil UUT** di titik tersebut pada Form Laporan Hasil Kalibrasi.
- m) Tekan tombol [Standby] pada Transmille sehingga berada pada kondisi standby.
- n) Ulangi langkah j ~ m sampai didapat lima data pengamatan.
- o) Ulangi langkah h ~ n untuk setting output Transmille untuk titik ukur berikutnya, hingga semua titik ukur pada semua range terkalibrasi.

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

Tabel I

Range Terendah

Frek.	Tegangan (V)	Arus (I)	Sudut Fase (ϕ)
50 Hz	50 % V maks. range	20 % I maks. range	0°
50 Hz	220 V	100% I maks. range	0°, 36.87°, 60°, 90°, 180°

Tabel II

Range Tertinggi

Frek.	Tegangan (V)	Arus (I)	Sudut Fase (ϕ)
50 Hz	220 V	100% I maks. range	0°, 36.87°, 60°, 90°, 180°
50 Hz	100 % V maks. range	90 % I maks. range	0°
50 Hz	V maks. range	I maks. range	0°

Tabel III

Range Lainnya

Frek.	Tegangan (V)	Arus (I)	Sudut Fase (ϕ)
50 Hz	220 V	100% I maks. range	0°, 36.87°, 60°, 90°, 180°

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 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/15		Halaman : 12 dari 17
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC POWER METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

K. Perhitungan Koreksi

Ketika digunakan sebagai standar untuk pembangkit daya, kombinasi antara *MPC* dan *current coil* akan menghasilkan daya sesuai Persamaan (1) (Amalia, Hayati & Faisal, Agah)

$$P_{STD} [W] = V_{STD} \times I_{STD} \times N \times \cos\phi \quad (1)$$

Dimana:

P_{STD} : daya yang dibangkitkan

V_{STD} : tegangan ter-setting pada *MPC*

I_{STD} : arus ter-setting pada *MPC*

N : jumlah lilitan *current coil*, satu jika tidak menggunakan *current coil*.

ϕ : sudut fase arus terhadap tegangan

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

Sehingga dari persamaan (1) dapat diturunkan persamaan untuk memperoleh koreksi seperti pada persamaan (2)

$$C_i [W] = [V_{STD} \cdot t \cdot I_{STD} \cdot \cos\phi] - P_{UUT} \quad (2)$$

Dimana,

C_i : Koreksi pembacaan alat terhadap Standar.

P_{UUT} : Pembacaan UUT

V_{std} : Estimasi nilai benar Tegangan Standar.

t : Pengali estimasi nilai benar Arus Standar, sejumlah *turn current coil* / satu jika tanpa *current coil*.

I_{std} : Estimasi nilai benar Arus standar.

$\cos\phi$: Estimasi nilai benar Power Factor Standar

Setiap titik ukur dihitung masing-masing koreksinya (C_i) sesuai persamaan (2).

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = V_{STD} \cdot t \cdot I_{STD} \cdot \cos\phi$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

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

y : Estimasi nilai benar UUT

V_{std} : Estimasi nilai benar Tegangan Standar.

t : Pengali estimasi nilai benar Arus Standar, sejumlah *turn current coil*/ satu jika tanpa *current coil*.

I_{std} : Estimasi nilai benar Arus standar.

$\cos\phi$: Estimasi nilai benar Power Factor Standar

ϕ : Estimasi nilai benar Sudut Fasa Standar

Koreksi estimasi nilai benar 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 ketidakpastian *repeatability*, yang dapat dirumuskan:

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

dimana :

s : standar deviasi pembacaan UUT langsung (UUT Digital) / UUT diwakili pembacaan standar arus (UUT Analog) untuk setiap titik ukur, dihitung dengan menggunakan rumus Standar Deviasi.

n : banyaknya pengukuran dalam satu titik ukur.

Koefisien sensitifitas $u(rep)$ dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis, sesuai KAN Pd-01.3 Bab 10, p15. Untuk UUT Digital dan analog pembacaan UUT merupakan besaran y dalam model matematis, sesuai contoh pada JCGM 100:2008 annex H.1.3, diperoleh:

$$c_{1d} = df / dy = 1, \text{ untuk UUT Digital}$$

$$c_{1a} = df / d(I_{STD}) = V_{STD} \cdot t \cdot \cos\phi, \text{ untuk UUT Analog}$$

dimana :

$c_{1d,1a}$: koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-1.

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

f : 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 (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.

$u(res)$ merupakan besaran yang sama dengan $u(rep)$ sehingga koefisien sensitifitas dapat diperoleh seperti pada point a) Ketidakpastian Pengukuran Berulang:

$$c_2 = 1$$

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 $u(Cal_s)$

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 :

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/15		Halaman : 15 dari 17
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC POWER METER			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

$u(Cal_s)$ dapat diperoleh dari turunan pertama model matematis , sesuai KAN Pd-01.3 Bab 10, p15:

untuk standar Tegangan:

$$c_3 = df / d(V_{STD}) = t \cdot I_{STD} \cdot \cos\phi$$

untuk standar Arus::

$$c_4 = df / d(I_{STD}) = V_{STD} \cdot t \cdot \cos\phi$$

untuk standar Sudut Fasa (ϕ):

$$c_5 = df / d(\phi) = V_{STD} \cdot t \cdot I_{STD} \cdot -\sin\phi$$

dimana :

$c_{3,4,5}$: koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3, 4, dan 5

f : model matematis pengukuran.

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:

$$v_{3,4,5} = 60$$

d) Ketidakpastian drift standar $u(DF_s)$

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

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

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

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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/15		Halaman : 16 dari 17
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC POWER METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

$u(Df_s)$ merupakan besaran pada standar, sehingga koefisien sensitifitasnya dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian kalibrasi standar c_3, c_4, c_5 , untuk masing-masing standar c_6, c_7, c_8

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:

$$v_5 = 10000$$

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

Komponen ketidakpastian sesuai pada bagian 2 diatas.

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):

$$v_{eff} = U_c^4 / \sum_{i=1}^n U_i^4 / v_i$$

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

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 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/15		Halaman : 17 dari 17
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI AC POWER METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

M. Pelaporan Hasil Kalibrasi

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