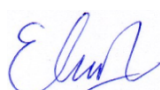




METODE KALIBRASI KELISTRIKAN

INSTRUKSI KERJA POWER FACTOR / COS ϕ METER

STM/IK-TIME&FREQUENCY/13

APPROVAL BY :

PREPARED	CHECKED	APPROVED
		
Teknisi	Manager Teknis	Wakil Kepala Lab

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 2 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ 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/13		Halaman : 3 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

A. Ruang Lingkup

Prosedur ini ditujukan untuk kalibrasi *Power Factor / Cos ϕ Meter AC 1 fasa / 3 fasa* yang dapat dikalibrasi bergantian, dimana prosedur kalibrasi tidak disediakan atau tidak diberikan dalam *service manual* oleh manufaktur maupun pemakai. Untuk *Unit Under Test (UUT)* 3 fasa, pengambilan data serta evaluasi untuk mencari koreksi dan ketidakpastian dilakukan secara terpisah dan bergantian per fasa.

Prosedur ini menggunakan metode sesuai manual dari alat Transmille 9041A

B. Jenis & Spesifikasi Alat yang Dikalibrasi

- 1) Rentang pengukuran : -1 ~ 1
- 2) Satuan pengukuran : *dimensionless*

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
- 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.



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

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 4 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

E. Perlengkapan Kalibrasi dan Aksesoris

- 1) Kabel konektor

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

Power Factor / Cos ϕ Meter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur *Power Factor / Cos ϕ* pada daya listrik arus bolak-balik (AC).

Berikut ini beberapa definisi yang digunakan dalam proses kalibrasi *Power Factor / Cos ϕ 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
- 6) Sudut fasa ϕ : Sudut dari arus AC, bergeser terhadap tegangannya (Fluke Calibration 2012). Disebut juga dengan istilah *phase angle ϕ* .
- 7) *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)

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 5 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

I. Langkah Kalibrasi

1) Persiapan & Function Test

- Jika diperlukan dapat membaca Manual Standars, UUT, dan alat bantu 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 Standard, dan alat bantu dalam keadaan “OFF”.
- Instalasi sesuai gambar 2.



Gambar 2: Rangkaian kalibrasi Power Factor/ Cos ϕ Meter dengan *Multi Product Calibrator Transmille 9041A*.

2) Warming Up & Pendataan UUT

- Nyalakan peralatan standar, dan UUT, dan lakukan *warm-up*, kurang lebih selama 30 menit.
- Tekan tombol [Standby] MPC 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 *Power Factor / Cos ϕ Meter*.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 6 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

3) Prosedur Kalibrasi

- Pengukuran dilakukan pada tegangan 220 V yang lebih umum dijumpai, atau sesuai permintaan pelanggan jika ada.
- Pengukuran dilakukan pada arus 50 % dari rentang arus UUT, atau maksimum 20 A sesuai kemampuan MPC kontinu.
- Pada MPC, digunakan sudut fasa ϕ mulai dari 0° , lalu 36.87° , 60° , 90° , 120° , 143.13° , dan 180° , masing-masing setara dengan PF 1.00, 0.80, 0.50, 0.00, -0.50, -0.80, -1.00 (Amalia, Hayati & Faisal, Agah).
- Tekan tombol keluaran [Output On] pada MPC untuk mengeluarkan sinyal sesuai titik ukur yang telah diatur, adjust MPC hingga penunjukan power factor pada standar sesuai titik ukur, dan tunggu minimal 5 detik agar keluaran stabil.
- Catat masing-masing nilai pembacaan dan resolusi UUT pada Form Lembar Kerja Kalibrasi.
- Tekan tombol [Standby] pada MPC sehingga berada pada kondisi Output off untuk memutus keluaran satuan ukur kelistrikan.
- Ulangi langkah c ~ f sampai didapat lima data pengamatan, untuk seluruh titik ukur.

J. Penginputan Data Hasil Kalibrasi

- Buka file template kalibrasi Electrical pada PC.
- Input semua identitas dan informasi lainnya dari alat.
- Input data hasil pengukuran / kalibrasi .
- 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 besarnya *Power factor/ Cos ϕ* meter AC.

T_{is} : Nilai *Power factor/ Cos ϕ* meter AC yang di seting pada standar.

T_{ix} : Rata-rata pembacaan *Power factor/ Cos ϕ* meter AC pada *UUT*.

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 7 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

Dilakukan koreksi pada T_{is} 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.

Jika tidak ada nilai koreksi pada sertifikat kalibrasi standar yang sama dengan titik ukur, maka dilakukan interpolasi linier nilai koreksi dari dua nilai standar terdekat.

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

L. Perhitungan Ketidakpastian

1) Model Matematis Pengukuran

$$y = \cos\phi$$

Sesuai JCGM 100:2008 4.1.4, dimana :

y : Estimasi nilai benar UUT

$\cos\phi$: 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 (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. diperoleh:

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 8 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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

dimana :

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

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:

$$v_2 = 10000$$

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 9 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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

untuk standar Power Factor ($\cos\phi$):

$$c_3 = df / d(\cos\phi) = I$$

untuk standar Sudut Fasa (ϕ):

$$c_3 = df / d(\phi) = - \sin\phi$$

dimana :

c_3 : koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-3

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:

$$v_3 = 60$$

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 :

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 10 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			No. Salinan :	Status Dokumen :

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

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

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

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

$u(Df_s)$ merupakan besaran pada standar, sehingga koefisien sensitifitasnya dapat diperoleh seperti pada point c) Ketidakpastian kalibrasi standar c_3 .

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

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, ν_{eff} , sesuai JCGM 100:2008 G.4.1 eq (G.2.b):

$$\nu_{eff} = U_c^4 / \sum_{i=1}^n U_i^4 / \nu_i$$

dimana :

n : banyaknya komponen ketidakpastian

Tgl. Penerbitan : 1 Maret 2021		Doc. No. : STM/IK-KELISTRIKAN/13		Halaman : 11 dari 11
Tgl. Revisi : -	Revisi : -	Dibuat : Shelvan	Diperiksa : Rendra	Disahkan : Rendra
KALIBRASI POWER FACTOR / COS ϕ METER			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