

SNSU PK.A-02:2023

Panduan Kalibrasi Vibrasi Meter



SNSU PK.A-02:2023

PANDUAN KALIBRASI VIBRASI METER

Penyusun: 1. Maharani Ratna Palupi
2. Pratama Handaka Putra
3. Nurvita Aji
4. Fannisa Rahman
5. Muhammad Aminudin

Kontributor : Achmad Suwandi

Desain sampul: Bagus Muhammad Irvan dan David Nicko Harmanditya - BSN

Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi dan Biologi
Badan Standardisasi Nasional

Hak cipta © Badan Standardisasi Nasional, 2023

Lembar Pengesahan

Panduan Kalibrasi Vibrasi Meter (SNSU PK.A-02:2023) diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional sebagai upaya untuk mengharmoniskan pelaksanaan kalibrasi vibrasi meter di laboratorium kalibrasi maupun institusi lain yang berkepentingan dengan pengukuran yang perlu dijamin keabsahannya. Panduan ini mencakup definisi umum, prinsip kalibrasi, prosedur kalibrasi serta evaluasi ketidakpastian pengukuran. Panduan ini disusun berdasarkan acuan metode internasional, nasional, maupun sumber ilmiah lainnya melalui proses pembahasan internal di Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Mekanika, Radiasi, dan Biologi serta dengan mempertimbangkan masukan dari para ahli di bidang metrologi vibrasi.

Dokumen ini diterbitkan secara bebas dan tidak untuk diperjualbelikan secara komersial. Bagian dari dokumen ini dapat dikutip untuk keperluan edukasi atau kegiatan ilmiah dengan menyebutkan sumbernya, namun tidak untuk keperluan komersial.

Disahkan tanggal 21 Desember 2023

Yustinus Kristianto Widiwardono
Deputi Bidang Standar Nasional Satuan Ukuran
Badan Standardisasi Nasional

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
A. Pendahuluan	1
B. Batasan	1
C. Definisi	1
D. Kondisi Lingkungan	3
E. Peralatan	3
F. Prinsip Kalibrasi	4
G. Frekuensi Kalibrasi	5
H. Prosedur Kalibrasi	5
I. Pengolahan Data Kalibrasi	8
J. Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran	8
Daftar Pustaka	12
Lampiran A Konversi Satuan	13
Lampiran B Contoh Laporan Kalibrasi	14
Lampiran C Persyaratan Peralatan Pembangkit Getaran	16

PANDUAN KALIBRASI VIBRASI METER

A. PENDAHULUAN

- 1 Panduan kalibrasi ini disusun untuk mengharmonisasikan pelaksanaan kalibrasi alat ukur getaran berupa vibrasi meter yang dilakukan oleh laboratorium yang menerapkan SNI ISO/IEC 17025:2017, Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi.
- 2 Informasi yang diuraikan dalam panduan ini mengacu pada standar ISO 16063-21:2003 *Methods for the calibration of vibration and shock transducers -- Part 21: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*; dan ISO/IEC Guide 98-3:2008 (JCGM/WG1/100) *Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM:1995).

B. BATASAN

Panduan kalibrasi vibrasi meter ini disusun untuk sistem kalibrasi dengan sensor akselerometer yang bukan merupakan bagian terintegrasi dari sebuah sistem penggetar atau sebuah sistem kalibrator. Dengan kata lain, sistem penggetar tetap dapat digetarkan saat sensor akselerometer dilepaskan dari sistem.

C. DEFINISI

- 1 *Akselerometer/ Accelerometer/ Pick-up* adalah transduser untuk mengkonversikan pergerakan mekanik yang sedang diukur. Misalnya, percepatan getaran pada arah tertentu, dimana nilai getaran tersebut dapat diukur atau direkam.
- 2 *Akselerometer timbal-balik/ Reciprocal accelerometer / Reciprocal pick-up* merupakan hubungan dua arah dari sensor elektro-mekanik, dimana rasio antara arus listrik yang diberikan dan gaya yang dihasilkan sama dengan

rasio kecepatan getaran dan tegangan listrik yang dihasilkan. Contoh akselerometer timbal-balik adalah elektromagnetik dan piezoelectric pick-up.

- 3 Akselerometer referensi/ *Reference accelerometer/ Reference pick-up* adalah transduser referensi yang tertelusur ke SI unit, dibuktikan dengan sertifikat kalibrasi.
- 4 Sinyal masukan/ *input signal* adalah sinyal yang diberikan terhadap kanal masukan (input) dari akselerometer.
- 5 Sinyal keluaran/ *output signal* adalah sinyal keluaran yang dihasilkan oleh akselerometer sebagai respons dari sinyal masukan.
- 6 Sensitivitas/ *sensitivity* adalah produk dari suatu sistem pengukuran yang memberikan nilai kuantitas tertentu untuk satu besaran ukur atau lebih, dimana masing-masing nilai besaran ukur tersebut tidak saling berpengaruh satu sama lain. Berkaitan dengan kalibrasi akselerometer, sensitivitas meliputi informasi tentang amplitude (level akselerasi) dan fasa (opsional), yang konsekuensinya akan menghasilkan kuantitas kompleks yang bervariasi terhadap frekuensi.
- 7 *Vibration exciter* adalah suatu alat untuk memberikan pergerakan yang terkendali terhadap permukaan akselerometer. *Vibration exciter* seringkali disebut juga dengan *exciter/ vibration generator* atau *vibration shaker/ shaker* atau penggetar. Persyaratan *vibration exciter* dapat dilihat pada lampiran C pada panduan ini.
- 8 Vibrasi meter/ *vibration meter* adalah sebuah instrumen ukur/ alat ukur getaran.

D. KONDISI LINGKUNGAN

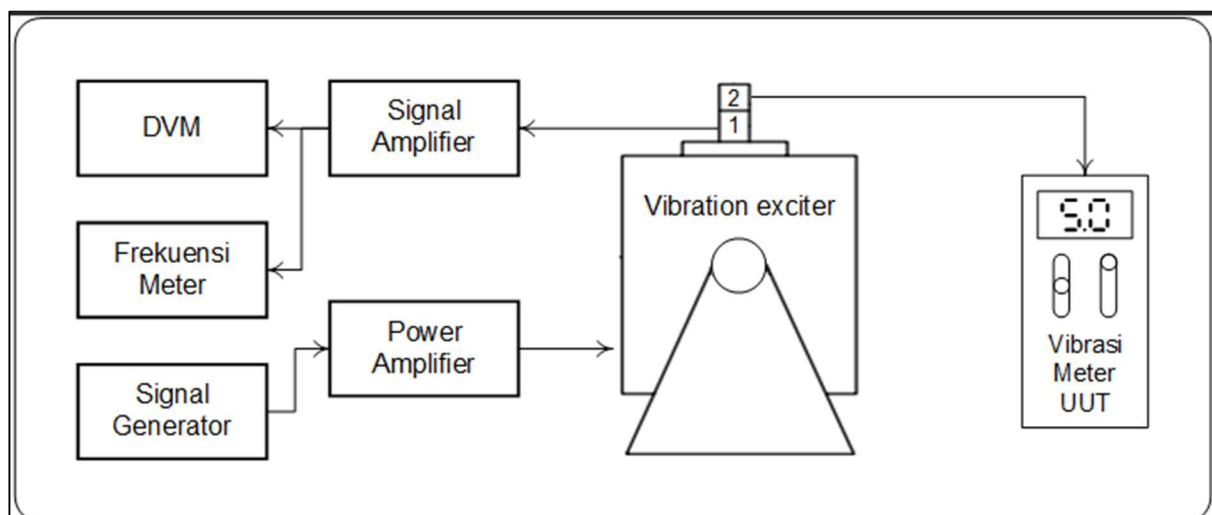
Kalibrasi dapat dilakukan pada suhu ruangan (23 ± 10) °C dan kelembapan relatif maksimum 90 %RH. Laboratorium dapat membuat batasan yang lebih ketat, jika diperlukan. Alat ukur suhu ruangan dan kelembapan relatif harus terkalibrasi.

E. PERALATAN

Peralatan yang diperlukan pada kalibrasi vibrasi meter adalah sebagai berikut:

- 1 Akselerometer referensi terkalibrasi (dalam hal jika berpasangan dengan *signal conditioning/ charge amplifier*, maka terkalibrasi bersama dengan *amplifier* tersebut).
- 2 *Digital voltmeter* terkalibrasi pada tegangan AC.
- 3 Frekuensi *counter* terkalibrasi pada rentang frekuensi yang diklaim dalam lingkup.
- 4 *Vibration exciter*.
- 5 *Power amplifier* untuk *vibration exciter*.
- 6 Pembangkit sinyal/ *signal generator*.
- 7 Dudukan akselerometer (jika diperlukan)
- 8 Vibrasi meter sebagai *unit under test* (UUT).

Peralatan tersebut di atas diatur seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan peralatan kalibrasi vibrasi meter, dengan 1 adalah akselerometer referensi terkalibrasi, dan 2 adalah sensor akselerometer dari Vibrasi meter UUT.

F. PRINSIP KALIBRASI

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan langsung pembacaan tingkat akselerasi, kecepatan, dan simpangan pada vibrasi meter UUT terhadap pembacaan tegangan listrik dan frekuensi oleh akselerometer referensi yang diolah menjadi tingkat akselerasi, kecepatan, dan simpangan dengan menggunakan persamaan matematis.

Akselerometer referensi dan akselerometer dari vibrasi meter UUT dipasang pada dudukan *vibration exciter* dengan posisi satu sumbu.

Getaran dari *vibration exciter* pada saat yang sama diterima oleh dua sensor, yaitu akselerometer referensi dan akselerometer dari vibrasi meter UUT. Getaran diterima oleh akselerometer referensi diubah menjadi sinyal listrik dan diperkuat dengan *signal amplifier*, yang kemudian tegangan keluarannya dapat dibaca dengan *digital voltmeter*, sedangkan frekuensi terukur dapat dibaca dengan frekuensi *counter*. Pada saat yang sama, nilai pembacaan getaran yang diterima oleh akselerometer dari vibrasi meter UUT ditunjukkan pada layar vibrasi meter.

Pembacaan nilai akselerasi (*acceleration*, a), kecepatan (*velocity*, v), dan simpangan (*displacement*, d) pada frekuensi tertentu oleh akselerometer referensi didapatkan dengan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3).

$$\text{akselerasi } (a_{(f)}) = \frac{V_{o,ref}}{S_{ref(f)}}, \quad m/s^2, \text{ rms} \quad (1)$$

$$\text{kecepatan } (v_{(f)}) = \frac{a_{(f)}}{2\pi f}, \quad m/s, \text{ rms} \quad (2)$$

$$\text{simpangan } (d_{(f)}) = \frac{a_{(f)}}{(2\pi f)^2}, \quad m, \text{ rms} \quad (3)$$

dengan

$a_{(f)}$ = akselerasi pada frekuensi tertentu, m/s^2 .

$v_{(f)}$ = kecepatan pada frekuensi tertentu, m/s .

$d_{(f)}$ = simpangan pada frekuensi tertentu, m .

$V_{o,ref}$ = tegangan keluaran akselerometer referensi, terkoreksi dengan nilai koreksi pada sertifikat kalibrasi tegangan, mV .

- $S_{ref(f)}$ = sensitivitas akselerometer referensi setiap frekuensi, didapatkan dari sertifikat kalibrasi akselerometer referensi, $mV/m \cdot s^{-2}$.
- π = pi, konstanta bernilai 3,14159265358979323846...
- f = frekuensi yang terbaca oleh akselerometer referensi, terkoreksi dengan nilai koreksi pada sertifikat kalibrasi frekuensi counter, Hz.

Nilai akselerasi (*acceleration*, a), kecepatan (*velocity*, v), dan simpangan (*displacement*, d) pada frekuensi tertentu yang pembacaan vibrasi meter UUT dibandingkan dengan nilai yang dibaca oleh akselerometer referensi untuk dihitung nilai koreksi dengan persamaan (4).

$$\text{Koreksi} = \text{penunjukan standar terkoreksi} - \text{penunjukan UUT} \quad (4)$$

Catatan:

Satuan wajib diperhatikan. Konversi satuan jika diperlukan salah satunya dapat melihat pada Lampiran A.

G. FREKUENSI KALIBRASI

Frekuensi referensi adalah 160 Hz atau 80 Hz sebagai pilihan kedua.

Kalibrasi dilakukan pada frekuensi-frekuensi yang diperlukan (dan pada minimal satu frekuensi referensi untuk kalibrasi akselerasi), di mana frekuensi-frekuensi tersebut tercantum dalam sertifikat kalibrasi akselerometer referensi. Pemilihan titik-titik frekuensi dapat mengacu pada standar frekuensi sepertiga oktaf di ISO 266.

H. PROSEDUR KALIBRASI

Catatan:

Selama kalibrasi berlangsung, kondisi lingkungan dicatat minimal dua kali yaitu saat awal dan akhir pekerjaan kalibrasi.

Persiapan

1. Lakukan pemeriksaan fisik pada vibrasi meter UUT termasuk layar, kenop atau tombol, sumber daya.

2. Lakukan pengkodisian UUT dengan lingkungan laboratorium minimal 1 (satu) malam.
3. Pastikan informasi satuan yang dipakai oleh vibrasi meter UUT, dan perhatikan informasi spesifikasi dari pabrikan.

Kalibrasi akselerasi

1. Atur peralatan seperti pada Gambar 1, nyalakan semua peralatan, dan tunggu sekitar 15 menit untuk pemanasan.
2. Atur pembacaan vibrasi meter UUT pada parameter *acceleration*. Perhatikan satuan pada vibrasi meter UUT. Konversi satuan dapat dilihat pada Lampiran A panduan ini.
3. Tentukan level tegangan dan frekuensi pada signal generator. Perhatikan kemampuan maksimum dari *vibration exciter*, dan jangan melebihi kemampuan maksimum *vibration exciter*.

Catatan:

Pada frekuensi referensi, level akselerasi (dihitung menggunakan persamaan (1)) yang disarankan adalah 100 m/s^2 . Jika tidak memungkinkan, maka dapat dilakukan pada 10 m/s^2 , 20 m/s^2 , atau 50 m/s^2 .

4. Berikan sinyal masukan pada *vibration exciter*, sesuai dengan level tegangan dan frekuensi yang telah diatur pada langkah 3.
5. Catat pembacaan akselerasi pada layar vibrasi meter UUT.
6. Catat pembacaan tegangan AC pada DVM.
7. Lakukan langkah 5 dan 6 sebanyak minimal 5 (lima) kali.
8. Lakukan langkah 3 sampai 7 untuk level tegangan dan frekuensi yang berbeda.

Kalibrasi kecepatan

1. Atur peralatan seperti pada Gambar 1, nyalakan semua peralatan, dan tunggu sekitar 15 menit untuk pemanasan. Jika dilakukan setelah pengambilan data kalibrasi akselerasi, maka tidak perlu melakukan pemanasan selama 15 menit.

2. Atur pembacaan vibrasi meter UUT pada parameter *velocity*. Perhatikan satuan pada vibrasi meter UUT. Konversi satuan dapat dilihat pada Lampiran A panduan ini.
3. Tentukan level tegangan dan frekuensi pada signal generator. Perhatikan kemampuan maksimum dari *vibration exciter*, dan jangan melebihi kemampuan maksimum *vibration exciter*.
4. Berikan sinyal masukan pada *vibration exciter*, sesuai dengan level tegangan dan frekuensi yang telah diatur pada langkah 3.
5. Catat pembacaan kecepatan pada layar vibrasi meter UUT.
6. Catat pembacaan tegangan pada DVM.
7. Catat pembacaan frekuensi pada frekuensi *counter*.
8. Lakukan langkah 5 sampai 7 sebanyak minimal 5 (lima) kali.
9. Lakukan langkah 3 sampai 8 untuk level tegangan dan frekuensi yang berbeda.

Kalibrasi simpangan

1. Atur peralatan seperti pada Gambar 1, nyalakan semua peralatan, dan tunggu sekitar 15 menit untuk pemanasan. Jika dilakukan setelah pengambilan data kalibrasi akselerasi atau kecepatan, maka tidak perlu melakukan pemanasan selama 15 menit.
2. Atur pembacaan vibrasi meter UUT pada parameter *displacement*. Perhatikan satuan pada vibrasi meter UUT. Konversi satuan dapat dilihat pada Lampiran A panduan ini.
3. Tentukan level tegangan dan frekuensi pada signal generator. Perhatikan kemampuan maksimum dari *vibration exciter*, dan jangan melebihi kemampuan maksimum *vibration exciter*.
4. Berikan sinyal masukan pada *vibration exciter*, sesuai dengan level tegangan dan frekuensi yang telah diatur pada langkah 3.
5. Catat pembacaan simpangan pada layar vibrasi meter UUT.
6. Catat pembacaan tegangan pada DVM.
7. Catat pembacaan frekuensi pada frekuensi *counter*.
8. Lakukan langkah 5 sampai 7 sebanyak minimal 5 (lima) kali.
9. Lakukan langkah 3 sampai 8 untuk level tegangan dan frekuensi yang berbeda.

I. PENGOLAHAN DATA KALIBRASI

Data hasil pengukuran yang didapatkan kemudian masing-masing diolah untuk mendapatkan nilai akselerasi, kecepatan, dan simpangan dari akselerometer referensi menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) pada panduan ini. Terapkan koreksi pembacaan voltmeter dari sertifikat kalibrasi, dan terapkan koreksi pembacaan frekuensi dari sertifikat kalibrasi. Perhatikan satuan yang digunakan oleh vibrasi meter UUT, termasuk kondisi sinyal (rms, peak, peak to peak).

Model Matematis

Model matematis dari kalibrasi vibrasi meter menggunakan persamaan (4) yang telah disebut sebelumnya, yaitu:

$$\text{Koreksi} = \text{penunjukan standar terkoreksi} - \text{penunjukan UUT} \quad (4)$$

J. EVALUASI KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

Ketidakpastian dari kalibrasi vibrasi meter diekspresikan dalam persen (%). Batasan maksimum ketidakpastian dari kalibrasi vibrasi meter berdasarkan ISO 16063-21:2003 adalah maksimum 6% (20 Hz ~ 1000 Hz). Estimasi ketidakpastian dari hasil kalibrasi merupakan gabungan dari beberapa kontributor yang signifikan, yaitu:

1. Pengulangan pembacaan akselerometer referensi, yang merupakan ketidakpastian tipe A.

Ketidakpastian tipe A disebabkan oleh pengulangan pengukuran akan dievaluasi dengan metode statistik. Ketidakpastian tipe A dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$u_A = \frac{\frac{\text{Std Deviasi}}{\text{pembacaan rata-rata oleh standar}} \times 100}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Dengan $n = 5$, $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = n-1$.

2. Ketertelusuran akselerometer referensi

Ketertelusuran akselerometer referensi didapatkan dari sertifikat kalibrasi akselerometer referensi. Distribusi yang digunakan yaitu distribusi normal, dengan tingkat kepercayaan 95 %. Ketidakpastiannya dapat dihitung menggunakan persamaan (6).

$$u_{B1} = \frac{u_{\text{sertifikat}}}{2} \quad (6)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

3. Drift akselerometer referensi

Ketidakpastian drift adalah ketidakpastian akselerometer referensi dalam mempertahankan nilai kalibrasi selama selang waktu re-kalibrasi, dengan perubahan kondisi sesuai performansi yang dinyatakan dalam spesifikasi. Distribusi yang digunakan yaitu distribusi persegi. Ketidakpastian drift dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7).

$$u_{B2} = \frac{\frac{|\text{nilai kalibrasi awal} - \text{nilai kalibrasi akhir}|}{\text{nilai kalibrasi awal}} \times 100}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

4. Ketidakpastian pembacaan DVM

Ketidakpastian pembacaan DVM didapatkan dari sertifikat kalibrasi DVM. Distribusi yang digunakan yaitu distribusi normal, dengan tingkat kepercayaan 95 %. Ketidakpastiannya dapat dihitung menggunakan persamaan (8).

$$u_{B3} = \frac{\frac{u_{\text{sertifikat DVM (volt)}}}{\text{pembacaan titik ukur dvm (volt)}} \times 100}{2} \quad (8)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

5. Ketidakpastian pembacaan Frekuensi *counter* (untuk kalibrasi kecepatan dan simpangan)

Ketidakpastian pembacaan Frekuensi *counter* didapatkan dari sertifikat kalibrasi Frekuensi *counter*. Distribusi yang digunakan yaitu distribusi normal, dengan tingkat kepercayaan 95 %. Ketidakpastiannya dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

$$u_{B4} = \frac{\frac{u_{freq (Hz)}}{\text{pembacaan titik ukur frekuensi (Hz)}} \times 100}{2} \quad (9)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

6. Kestabilan sistem kalibrasi

Ketidakpastian akibat kestabilan sistem kalibrasi dalam mempertahankan nilai kalibrasi, selama selang waktu tertentu.

Ketidakpastian didapat dengan melakukan eksperimen untuk melihat perubahan nilai output selama sistem kalibrasi dihidupkan dalam selang waktu tertentu minimal 25 menit, pada kondisi normal laboratorium, $T = (23 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Distribusi yang digunakan yaitu distribusi persegi. Ketidakpastiannya dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$u_{B5} = \frac{\frac{|\text{pembacaan awal} - \text{pembacaan akhir}|}{\text{pembacaan awal}} \times 100}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

7. Resolusi pembacaan vibrasi meter UUT

Distribusi yang digunakan yaitu distribusi persegi. Ketidakpastiannya dapat dihitung menggunakan persamaan (11).

$$u_{B6} = \frac{\frac{0,5 \times \text{resolusi pembacaan UUT}}{\text{dynamic range}} \times 10}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

Dengan $c = 1$, dan derajat kebebasan $v = 60$.

Ketidakpastian gabungan

Untuk kalibrasi akselerasi, ketidakpastian gabungan dihitung dengan persamaan (12).

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B5}^2 + u_{B6}^2} \quad (12)$$

Untuk kalibrasi kecepatan dan simpangan, ketidakpastian gabungan dihitung dengan persamaan (13).

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2 + u_{B5}^2 + u_{B6}^2} \quad (13)$$

Ketidakpastian bentangan

Ketidakpastian bentangan dihitung dengan persamaan (14).

$$U_{95} = k \times u_c \quad (14)$$

Dengan

U_{95} adalah ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95 %,

k adalah faktor cakupan yang bernilai 2,

u_c adalah ketidakpastian gabungan.

DAFTAR PUSTAKA

ISO 16063-21:2003 *Methods for the calibration of vibration and shock transducers -- Part 21: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*

ISO/IEC Guide 98-3:2008 (JCGM/WG1/100) *Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO 266: 1997 *Acoustics – Preferred Frequencies*

Prasasti, N. R., & Hermawanto, D. (2020). *A Proposed Method to Find Exciter's Maximum Acceleration Magnitude on Vibration Meter Calibration System*. *Instrumentasi*, 44(2), 103-112.

LAMPIRAN A

KONVERSI SATUAN

1 g	=	9,80665 m/s ²	=	386,1 in/s ²
0,10197 g	=	1 m/s ²	=	39,370079 in/s ²
0,002590 g	=	0,0254 m/s ²	=	1 in/s ²
1 m	=	100 cm	=	1 000 mm
0,1 m	=	1 cm	=	10 mm
0,01 m	=	0,1 cm	=	1 mm
1 m	=	1000 mm	=	1 000 000 μm
0,1 m	=	10 mm	=	10 000 μm
0,000 001 m	=	0,001 mm	=	1 μm
1 V	=	1 000 mV	=	1 000 000 μV
0,001 V	=	1 mV	=	1000 μV
0,000 001 V	=	0,001 mV	=	1 μV
1 x nilai Peak	=	0,5 x nilai Peak to Peak	=	1,414 nilai RMS
2 x nilai Peak	=	1 x nilai Peak to Peak	=	2,828 nilai RMS
0,707 x nilai Peak	=	0,3535 x nilai Peak to Peak	=	1 nilai RMS
1 Hz	=	60 RPM		
160 Hz	=	9600 RPM		
0.016667 Hz	=	1 RPM		

LAMPIRAN B

CONTOH LAPORAN KALIBRASI

Perhatian!
Satuan parameter yang dilaporkan sebaiknya menyesuaikan satuan yang ada di vibrasi meter UUT, sehingga konversi satuan wajib diperhatikan.

Identitas Alat/ Instrument Details

Nama Alat/ Instrument Name : Vibration Meter

Nama Pembuat/ Manufacturer : xyz

Tipe/ Type : xyz

No. Seri/ Serial Number : xyz

Tanggal Kalibrasi/
Calibration Date : hh-bb-tttt**Kondisi Lingkungan/ Environmental Condition**Suhu ruang/
Room Temperature : $(20,9 \pm 0,3) ^\circ\text{C}$ Kelembapan Relatif/
Relative Humidity : $(54 \pm 2) \%RH$ Tempat Kalibrasi/
Calibration Site : Lab. XYZ**HASIL KALIBRASI/ CALIBRATION RESULT****1. Percepatan Getaran/ Vibration Acceleration**

Frekuensi Nominal/ Nominal Frequency	Standar/ Standard	Penunjukkan Alat/ Instrument Reading	Ketidakpastian Pengukuran/ Measurement Uncertainty
(Hz)	(g-peak)	(g-peak)	(%)
20	0,496	0,5	1,8
40	1,012	1,0	1,3
80	2,014	2,0	1,0
100	3,015	3,0	1,0
160	4,042	4,0	1,0
315	4,884	5,0	1,2
500	6,109	6,0	1,1

2. Kecepatan Getaran/ Vibration Velocity

Frekuensi Nominal/ Nominal Frequency	Standar/ Standard	Penunjukkan Alat/ Instrument Reading	Ketidakpastian Pengukuran/ Measurement Uncertainty
(Hz)	(cm/s-peak)	(cm/s-peak)	(%)
20	1,774	2,0	1,8
40	3,022	3,0	1,1
80	4,043	3,9	1,0
100	5,020	5,0	1,0
125	6,037	6,0	1,0

3. Simpangan Getaran/ *Vibration Displacement*

Frekuensi Nominal/ <i>Nominal Frequency</i>	Standar/ <i>Standard</i>	Penunjukkan Alat/ <i>Instrument Reading</i>	Ketidakpastian pengukuran/ <i>Measurement uncertainty</i>
(Hz)	(mm-p-p)	(mm-p-p)	(%)
20	0,518	0,5	1,8
40	0,505	0,5	1,6
63	0,806	0,8	1,2
63	1,003	1,0	1,1
40	1,501	1,5	1,2
40	1,805	1,8	1,1
20	1,999	2,0	1,1

Catatan/*notes* :

Standar Acuan/ *Reference Standard* : Standard Accelerometer Merk/ tipe/ S.N
 Prosedur Kalibrasi/ *Calibration Procedure* : IK.VIB.01
 Merujuk pada/ *Refers to* : ISO 16063-21:2003

Hasil pengukuran yang dilaporkan tertelusur ke SI melalui Laboratorium SNSU-BSN, Indonesia/
The reported measurement result is traceable to SI through Laboratory of National Measurement Standards (SNSU-BSN), Indonesia

Ketidakpastian pengukuran U dinyatakan pada tingkat kepercayaan tidak kurang dari 95 %, dengan faktor cakupan $k= 2$ / *The Uncertainty of measurement U is expressed at a confidence level of not less than 95 % with coverage factor = 2*

Dikalibrasi oleh/ *Calibrated by* : Sherina M. Dharmawan (Pelaksana/ *Calibration Officer*)

Diperiksa oleh/ *Checked by* : Sadam Ardiwilaga (Penyelia/ *Supervisor*)

====Akhir sertifikat/ *end of certificate*====

LAMPIRAN C

PERSYARATAN PERALATAN PEMBANGKIT GETARAN (*VIBRATION GENERATION EQUIPMENT*)

Merujuk pada klausul 4.4 ISO 16063-21:2003, Peralatan Pembangkit Getaran (*Vibration Generation Equipment*) harus memenuhi persyaratan pada Tabel C.1.

Tabel C.1. Persyaratan Peralatan Pembangkit Getaran

Parameter	Unit	Persyaratan
Ketidakpastian frekuensi	%	$\leq 0,2$
Stabilitas frekuensi	% pembacaan dari periode pengukuran	0,2
Stabilitas magnitud akselerasi	% pembacaan dari periode pengukuran	0,3
Total harmonic distortion (THD) pada frekuensi >20 Hz	%	≤ 10
Total harmonic distortion (THD) pada seluruh jangkauan frekuensi	%	≤ 20
Akselerasi transverse, bending, dan rocking	%	≤ 10 pada $f \leq 1$ kHz ≤ 30 pada $f > 1$ kHz
Dengung dan bising ($f \geq 10$ Hz)	dB di bawah output maksimum	≥ 40
Dengung dan bising ($f < 10$ Hz)	dB di bawah output maksimum	≥ 10



Diterbitkan oleh :

LABORATORIUM STANDAR NASIONAL SATUAN UKURAN BSN

Kompleks Puspiptek, Gedung 420, Setu,
Tangerang Selatan 15314 - Banten Indonesia

Telp. 021- 7560533, 7560534, 7560571

Fax. 021-7560568, 7560064

www.bsn.go.id