

## Kalibrasi Generator

### Rekaman Riwayat Dokumen

Versi	01	02
PDS	074	104
Tanggal	23/10/18	10/10/19

Versi

PDS

Tanggal

Versi

PDS

Tanggal

Versi

PDS

Tanggal

## 1. Ruang Lingkup

- a. Dokumen ini menggambarkan tentang persyaratan-persyaratan dan prosedur-prosedur untuk pengukuran performansi alat ukur Sumber Frekuensi (*Signal Generator*) seperti *Synthesizer/Function Generator*, *Synthesizer/Level Generator* dan sumber sejenis lainnya.
- b. Spesifikasi/akurasi alat yang dikalibrasi (*Unit Under Test*, UUT) harus lebih rendah dari pada *Calibration Measurement Capability* (CMC) yang telah disetujui oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN).

## 2. Dokumen Terkait

- a. ISO/IEC 17025:2017 Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi.
- b. PM/TLKM Panduan Mutu Laboratorium Quality Assurance
- c. TLKM/I/KAL/011 Instruksi Kerja Persiapan dan Proses Kalibrasi
- d. TLKM/I/KAL/034 Instruksi Kerja Penyiapan Sertifikat Kalibrasi
- e. KAN-G-Q1 *KAN GUIDE ON The Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement*.
- f. *Manual Book Counter/Power Meter*.
- g. *Manual Book Alat ukur yang dikalibrasi*.

## 3. Umum

- a. Prosedur ini menjadi tanggung jawab dari Manager Laboratorium Infrastructure QA untuk memastikan bahwa prosedur-prosedur dari operasi teknik telah dilengkapi oleh semua staf teknik.
- b. Pengukuran akan dilakukan dalam temperatur ruang pada suhu ( $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) dan *relative humidity* pada (40% s.d. 70%).
- c. Sebelum *Test Engineer* membaca dan melaksanakan langkah-langkah dalam prosedur ini, maka yang bersangkutan harus sudah membaca dan memahami dokumen "Instruksi Kerja Persiapan dan Proses Kalibrasi" TLKM/I/KAL/011.

## 4. Daftar Alat Ukur yang Direkomendasikan

Pengukuran performansi berikut diberlakukan untuk melakukan pemeriksaan performansi alat ukur *Synthesizer/Function Generator* atau *Synthesizer/Level Generator* dan alat sejenis lainnya. Jika menggunakan alat ukur pengganti, maka harus memenuhi spesifikasi alat ukur yang diperbolehkan sebagai berikut:

- a. Schomandl FN-GPS/R *Frequency Standard* atau sejenisnya.
- b. HP 8496B VHF Attenuator 110dB.
- c. HP 5471D 1000MHz / Tektronik TDS 3052B Oscilloscope.

- d. Spectrum Analyzer
- e. Function Generator
- f. HP 436A *Power Meter.*
- g. HP 5347A *Counter/Power Meter.*
- h. HP 848xx *Series Power Sensor.*
- i. *75Ω Feed Throught Termination.*
- j. Kabel dan konektor yang sesuai dengan keperluan.

## 5. Persiapan Kalibrasi

### 5.1 Langkah Persiapan Kalibrasi

- a. Persiapkan Form Data Hasil Pengukuran Kalibrasi, Prosedur Kalibrasi terkait dan buku petunjuk alat ukur yang akan dikalibrasi. Buku petunjuk dapat berupa Petunjuk Operasi, Konfigurasi atau Deskripsi Teknis (spesifikasi teknis).
- b. Periksa temperatur ruang kerja dan kelembabannya, temperatur ruangan pengukuran harus berkisar antara  $(23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C})$  dan kelembaban relatif pada (40% s.d. 70%).
- c. Periksa sumber tegangan catu AC 220Volt, yaitu harus dalam *range*  $220\text{Volt} \pm 5\%$ . Kemudian sambungkan kalibrator dan alat ukur yang akan dikalibrasi (*Unit Under Test*, UUT) ke sumber tegangan catu tersebut, dan ON-kan masing-masing alat ukur minimal 30menit atau sesuai buku petunjuk alat ukur sebelum pelaksanaan kalibrasi dilakukan.
- d. Periksa *wrist strap* apakah ujungnya sudah tersambung dengan baik terhadap *Ground*, bila sudah tersambung maka pasangkan *wrist strap* tersebut ke pergelangan tangan anda.
- e. Baca petunjuk instalasi UUT (bila ada) yang akan dikalibrasi.
- f. Lakukan instalasi alat-ukur dengan baik dan benar.
- g. Lakukan kalibrasi sesuai *Manual/Instruction Book* alat-ukur UUT bersangkutan dan bila tidak ada, maka gunakan prosedur kalibrasi yang tersedia.
- h. Catat semua aktivitas kalibrasi pada Form Data Hasil Pengukuran Kalibrasi dan isikan semua data alat UUT yang meliputi:
  - Nama alat-ukur
  - Merk, tipe dan nomor seri
  - No.SPK
  - Kalibrator
  - Paraf pelaksana kalibrasi
  - Temperatur dan kelembaban ruangan
  - Tanggal Pelaksanaan
  - Tegangan AC input
  - No. Laporan

### 5.2 Pengukuran

Setiap pengukuran pada satu titik ukur dilakukan minimal 5(lima) kali pengamatan, kecuali hasil penunjukan pada meter stabil (tidak bergerak-gerak), maka pengamatan dapat dilakukan 1(satu) kali saja tapi dituangkan/ditulis dalam data sebanyak 5(lima) kali yang selanjutnya berguna untuk mendapatkan perhitungan Nilai Rata-Rata ( $\bar{x}$ ) dan ketidak-pastiannya ( $U_{\text{EXP}}$ ) Spesifikasi/akurasi alat yang dikalibrasi harus lebih rendah dari kalibrator yang digunakan.

## 6. Pengukuran Performansi

Spesifikasi yang digunakan untuk memastikan batas pengukuran berikut adalah buku katalog atau buku manual yang dikeluarkan oleh pabrikan yang bersangkutan. Jika spesifikasi tidak ada, maka akan diberitahukan kepada user bahwa spesifikasi yang ditetapkan berdasarkan pada keperluan pemakai alat ukur tersebut.

Dalam hal pemakai memerlukan kalibrasi untuk memeriksa kondisi alat ukur, maka prosedur berikut dapat dipergunakan untuk acuan bagi parameter-parameter yang sesuai bagi keperluan pemakai. Range dan fasilitas yang dipergunakan dalam pengukuran ini akan disesuaikan dengan alat ukur yang akan dikalibrasi.

### 6.1 Gating and Counting Check

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kualitas *frequency internal clock* atau *frequency reference standard* dari *Signal Generator* yang akan dikalibrasi.

#### 6.1.1 Model Pengukuran

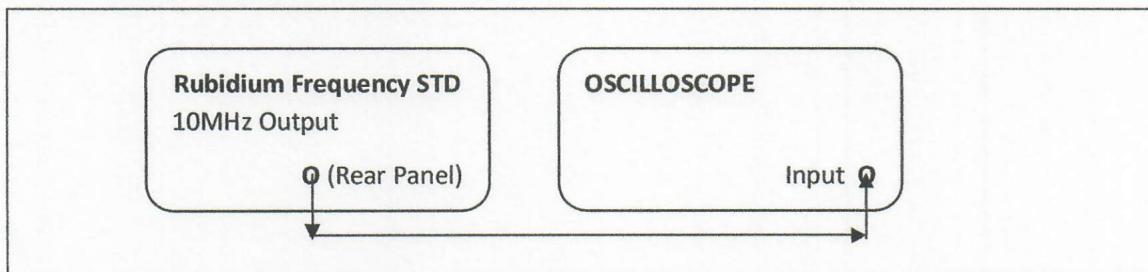
$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

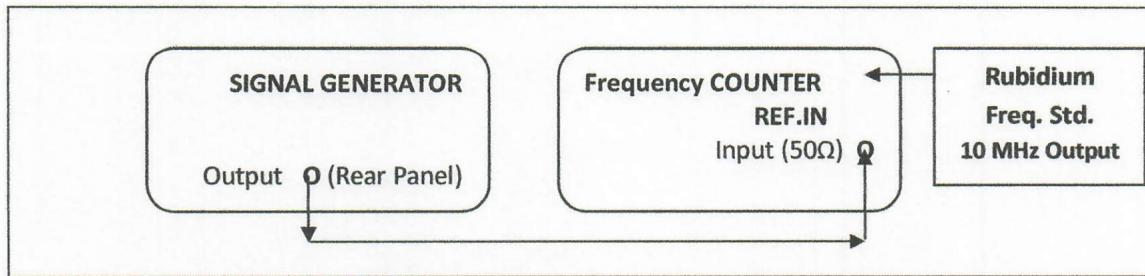
$N_{\text{STD}}$  = Nilai frekuensi standar rata-rata hasil penunjukan *Frequency Counter* yang telah terkoreksi.

$N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal frekuensi yang dikeluarkan oleh *internal clock* dari alat ukur *Signal Generator*.

#### 6.1.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 1. Internal Level Check 10MHz



**Gambar 2. Pengukuran Internal Frequency**

**Catatan:**

Pengukuran ini hanya berlaku untuk *Signal Generator* yang mempunyai fasilitas *Reference Output Port*.

### 6.1.3 Proses Pengukuran

- Hidupkan *Frequency Counter*, *Signal Generator*, dan *Oscilloscope* selama minimal 30menit atau sesuai buku petunjuk alat ukur, sebelum melakukan pengukuran.
- Hubungkan rangkaian pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.
- Tekan tombol *Auto-scale* pada *Oscilloscope*, pastikan bahwa *output voltage* dari 10MHz *Reference* berada pada *range* 0,7Vpp s.d. 8,0Vpp.
- Hubungkan 10MHz frekuensi standar (dari *Rubidium Frequency Standard*) ke terminal *External Reference Input* pada *Frequency Counter* (lihat Gambar 2).
- Set *Frequency Counter* pada posisi *Input Frekuensi* dan *impedansi* yang sesuai.
- Hubungkan *output 10MHz internal clock* (pada panel belakang) ke *Input Frequency Counter*.
- Periksa bahwa *display* akan menunjukkan angka:  $10.000.000 \pm$  spesifikasi.
- Catatlah hasil penunjukannya.

## 6.2 Akurasi Frekuensi

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui akurasi frekuensi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator* yang akan dikalibrasi.

### 6.2.1 Model Pengukuran

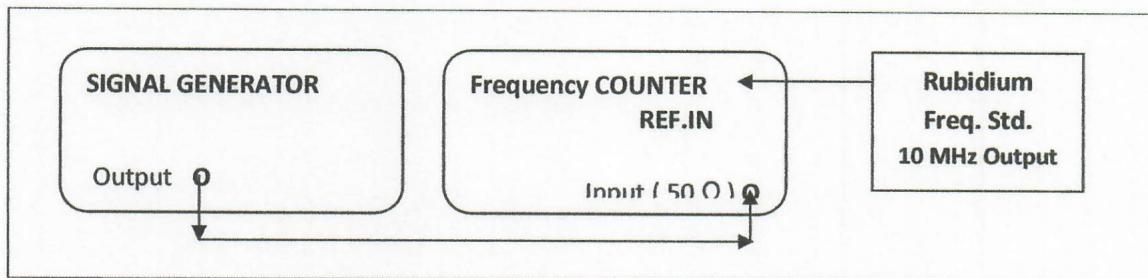
$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

$N_{\text{STD}}$  = Nilai frekuensi standar rata-rata hasil penunjukan *Frequency Counter* yang telah terkoreksi.

$N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal frekuensi yang dikeluarkan oleh *internal clock* dari alat ukur *Signal Generator*.

### 6.2.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 3. Pengukuran Frequency

### 6.2.3 Proses Pengukuran

- Set *Generator* sebagai berikut:
  - Frequency*: frekuensi tengah dari range frekuensi Generator.
  - Amplitude*: secukupnya untuk men-triger *Counter*.
- Set *Frequency Counter* dengan resolusi terendah.
- Hubungkan rangkaian pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.
- Frequency Counter* akan menunjukkan nilai, dan catat nilai tersebut.
- Ulangi prosedur a s.d. c di atas, untuk minimal 4 (empat) titik ukur frekuensi lainnya sampai mewakili semua range frekuensi.

### 6.3 Akurasi Amplitude (Level)

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui akurasi *amplitude (level)* yang dikeluarkan oleh *Signal Generator* yang akan dikalibrasi.

#### 6.3.1 Model Pengukuran

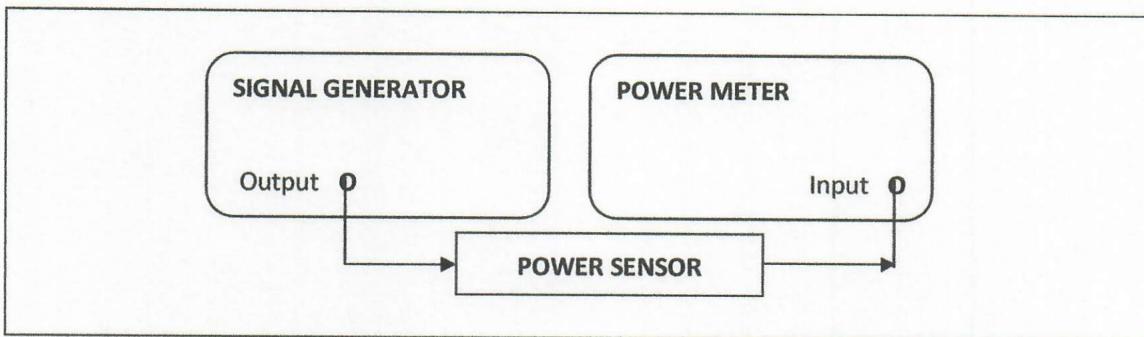
$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

$N_{\text{STD}}$  = Nilai amplitude rata-rata hasil penunjukan *Power Meter* yang telah terkoreksi.

$N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal *amplitude* yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

### 6.3.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



**Gambar 4. Pengukuran Akurasi Amplitude**

### 6.3.3 Proses Pengukuran

- Zero Set *Power Meter* sebelum digunakan dengan memasang alat bantu *Power Sensor* yang sesuai dengan frekuensi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

**Catatan:** Dalam melakukan zero set, harus mengacu pada prosedur yang ada pada *Manual Book*.

- Hubungkan *Signal Generator Output* ke *Input Power Meter* sesuai Gambar 4 di atas.
- Set *Generator* sebagai berikut:
  - Frequency = Frekuensi tengah dari range frekuensi generator.
  - Amplitude = -10dBm.
- Catat penunjukannya pada *Power Meter*.
- Ulangi prosedur c dan d untuk minimal 4 (empat) titik ukur *amplitude* lainnya yang berbeda agar dapat meng-cover *level range output* dari *Signal Generator*.

### 6.4 Akurasi Modulasi (Amplitudo Modulasi)

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui akurasi Amplitudo modulasi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator* yang akan dikalibrasi.

#### 6.4.1 Model Pengukuran

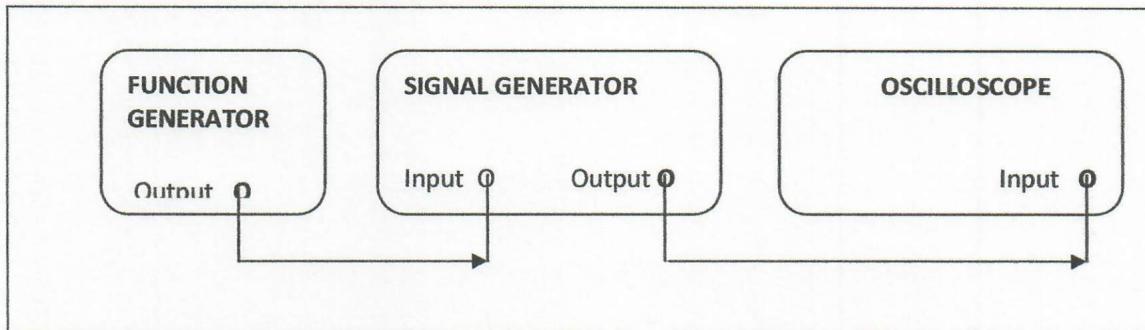
$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

$N_{\text{STD}}$  = Nilai Indeks modulasi rata-rata hasil penunjukan Oscilloscope yang telah terkoreksi.

$N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal Indeks modulasi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

#### 6.4.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 5. Pengukuran Amplitudo Modulasi

#### 6.4.3 Proses Pengukuran

- Hubungkan rangkaian pengukuran seperti Gambar 5 di atas.
- Hidupkan Function Generator dan atur sebagai input informasi :  
Misal : Frekuensi = 5 kHz  
Amplitude = 1 Vp-p
- Hidupkan Signal Generator dan atur sebagai carrier :  
Misal : Frekuensi = 1 MHz  
Amplitude = 0 dBm  
Modulasi = 50 %
- Atur Oscilloscope sehingga terlihat bentuk sinyal termodulasi.
- Ukur dan hitung indeks modulasi dengan formula :  
 $m = (E_m / E_c) \times 100\%$   
 $m$  = Indeks modulasi  
 $E_m$  = Amplitudo puncak sinyal pemodulasi  
 $E_c$  = Amplitudo puncak sinyal pembawa.

#### 6.5 Akurasi Modulasi ( Frekuensi Modulasi )

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui akurasi Frekuensi modulasi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator* yang akan dikalibrasi.

##### 6.5.1 Model Pengukuran

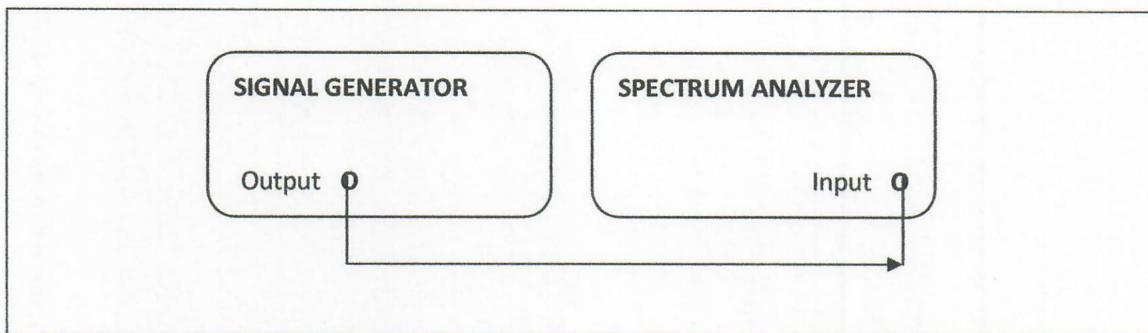
$$\text{Koreksi} = N_{STD} - N_{UUT}$$

Dimana,

$N_{STD}$  = Nilai Frekuensi rata-rata hasil penunjukan Spectrum Analyzer yang telah terkoreksi.

$N_{UUT}$  = Nilai nominal Frekuensi yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

### 6.5.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 6. Pengukuran Frekuensi Modulasi

### 6.5.3 Proses Pengukuran

- Hubungkan *Signal Generator Output* ke *Spectrum Analyzer* sesuai Gambar 6 di atas.
- Set *Generator* sebagai berikut:  
 $Frequency$  = Frekuensi tengah dari range frekuensi generator atau disesuaikan dengan frekuensi yang akan diukur.  
 $Amplitude$  = 0 dBm.  
 $Modulasi$  = Atur input modulasi sesuai yang diinginkan.
- Pada Spectrum Analyzer Tekan Tombol Frekuensi Center, Pilih menu **Center Frekuensi pada** sisi layar , tekan tombol menu center frekuensi , masukan frekuensi yang akan diukur , kemudian tekan satuan frekuensi (**KHz, MHz, GHz**)
- Tekan tombol Span , kemudian pilih lebar pita sesuai kebutuhan.
- Tekan Tombol BW
- Pilih **EMI BW** pada menu yang ada disisi layar kemudian pilih **BW 120 KHz** dengan menekan tombol angka **120 KHz** yang ada pada menu disisi layar, kemudian tekan tombol BW pilih menu **VBW** kemudian pilih **VBW auto**, atau **VBW 300 KHz**.
- Tekan tombol marker, kemudian pilih menu delta marker pada sisi layar, kemudian atur **delta marker** kekanan atau kekiri sampai **batas frekuensi rivel** atau **lengkungan spectrum**.
- Hasil pengukuran dapat dibaca langsung pada sudut kanan atas.

### 6.6 Frequency Response

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai *amplitude (level)* yang dikeluarkan oleh *signal generator* sebagai akibat adanya perubahan *setting* frekuensi yang dikeluarkannya.

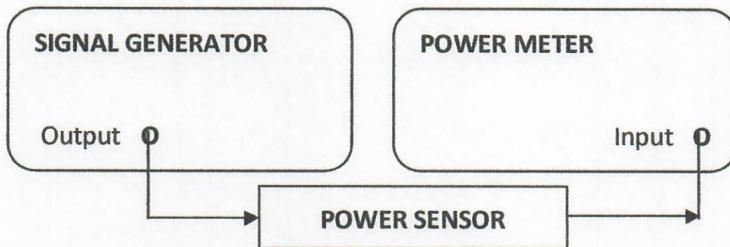
### 6.6.1 Model Pengukuran

$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

- $N_{\text{STD}}$  = Nilai amplitude rata-rata hasil penunjukan *Power Meter* yang telah terkoreksi.  
 $N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal *amplitude* yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

### 6.6.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 7. Pengukuran Frekuensi Response

### 6.6.3 Proses Pengukuran

- Set Generator:
  - Frequency* = Frekuensi tengah dari range frekuensi Generator.
  - Amplitude* = 0,0dBm.
- Hubungkan *output Generator* ke *Power Meter* melalui *Power Sensor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.
- Catat nilai yang ditunjukkan pada *Power Meter* sebagai referensi dan tekan tombol dB(REF) pada *Power Meter*.
- Ubah *output* frekuensi dari *Generator* untuk frekuensi-frekuensi lainnya ( $\pm 10$  titik ukur frekuensi yang berbeda) untuk meng-cover *range* dan catat variasi *amplitude* yang dihasilkan.

## 6.7 Sync Output Level (Option)

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui *amplitude (level)* sinkronisasi yang dikeluarkan oleh *signal generator*.

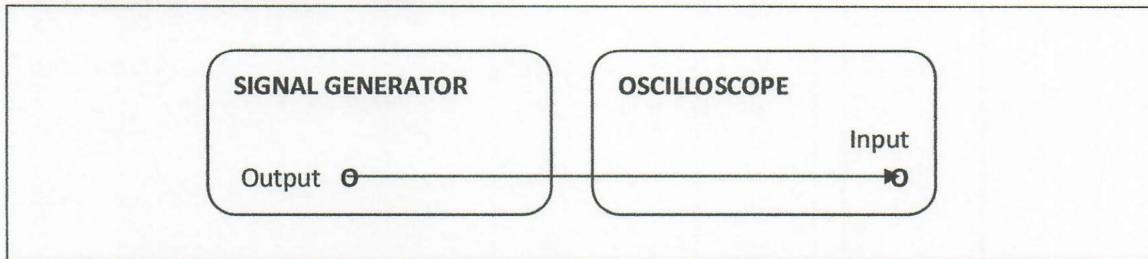
### 6.7.1 Model Pengukuran

$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

Dimana,

- $N_{\text{STD}}$  = Nilai amplitude rata-rata hasil penunjukan *Power Meter* yang telah terkoreksi.  
 $N_{\text{UUT}}$  = Nilai nominal *amplitude* yang dikeluarkan oleh *Signal Generator*.

### 6.7.2 Blok Diagram Rangkaian Pengukuran



Gambar 8. Pengukuran *Synchronous Output Level*

### 6.7.3 Proses Pengukuran

- Set *Generator* sebagai berikut:
  - Function = Sine wave.*
  - Frequency = Frekuensi tengah dari range frekuensi.*

Hubungkan *output Generator* ke *Input Oscilloscope* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

- Atur *Oscilloscope* sebagai berikut: Tekan tombol **SHIFT** dan **Vamptd**.
- Catat hasil yang ditunjukkan oleh *Oscilloscope*.

## 7. Menghitung Ketidakpastian

Perhitungan ketidakpastian pada prinsipnya menggunakan Ketidakpastian Diperluas (*Expanded Uncertainty*) dengan tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut.

### 7.1 Menghitung Ketidakpastian Data Pengukuran (u)

#### Evaluasi Type A

Untuk evaluasi pengukuran adalah sebagai berikut:

Menghitung nilai

$$\bar{x} \rightarrow \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Untuk mengukur 1(satu) nilai ukur dilakukan sebanyak 5(lima) kali, maka akan diperoleh jumlah data  $n = 5$ .

Evaluasi data hasil ukur adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}$$

Menghitung nilai  $U_1$  dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Untuk  $n = 5$ , maka:

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + (x_4 - \bar{x})^2 + (x_5 - \bar{x})^2}{4}}$$

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Menghitung *Experimental Standard Deviation of the Mean* (ESDM) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ESDM = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Oleh karena jumlah data ( $n = 5$ ), maka:

$$ESDM = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{5}}$$

dan

$$u = ESDM$$

Nilai ESDM ( $u$ ) tersebut di atas akan dituangkan dalam perhitungan *Uncertainty Budget* sebagai nilai *repeatability*.

## 7.2 Menghitung Ketidakpastian Sistem Pengukuran

### Evaluasi Type B

Perlu diperhatikan disini adalah faktor-faktor apa saja yang kiranya dapat mempengaruhi ketidakpastian hasil ukur selama dalam proses pengukuran.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketidakpastian pengukuran antara lain adalah:

- Sertifikat kalibrasi dari kalibrator.
- Drift kalibrator.
- Resolusi dari hasil penunjukkan pada meter.
- Pengaruh temperatur ruangan.
- Loss pada kabel penghubung.
- Faktor lain yang mempengaruhi ketidakpastian pengukuran.

Untuk data yang terdistribusi berbentuk rectangular, maka

Dengan demikian, maka nilai ketidakpastian ( $u_B$ ) akan dapat dihitung sebagai berikut,

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Dimana:

$a$  (*semi range*) = nilai akurasi spesifikasi alat ukur standar kalibrator.

Bila datanya diambil dari sertifikat, maka akan memiliki distribusi normal dan nilai faktor pembaginya adalah = 2.

Khusus untuk repeatability yang berasal dari data perhitungan Type A (ESDM) dengan bentuk distribusi T-Student, maka faktor pembaginya = 1.

Khusus Mismatch yang distribusinya berbentuk U-Shape, faktor pembaginya =  $\sqrt{2}$ .

### 7.3 Menghitung Ketidakpastian Gabungan ( $u_c$ )

Ketidakpastian gabungan merupakan resultan dari masing-masing ketidakpastian yang timbul dalam proses pengukuran. Standar ketidakpastian yang timbul dari beberapa faktor selama pelaksanaan pengukuran yang dapat mempengaruhi nilai  $u_c$  antara lain:

- Sertifikat kalibrasi dari kalibrator [A<sub>1</sub>]: → diambil dari ketidakpastian yang ada di Sertifikat Kalibrasi.
- Drift* (penurunan) dari akurasi kalibrator yang dikarenakan faktor waktu [A<sub>2</sub>]: → diambil dari spesifikasi alat ukur pada akurasi 1tahun atau sesuai masa kalibrasi kalibrator. Bila kalibrator masa kalibrasinya 2tahun dan informasi di spesifikasinya hanya untuk yang 1tahun, maka *drift* kalibrator =  $\sqrt{3} \times$  spesifikasi 1tahun.
- Resolusi atau kemampuan membaca dari alat ukur [A<sub>3</sub>]: → diasumsikan mempunyai semi-range  $\frac{1}{2}$  resolusi.
- Pengaruh suhu, perubahan akurasi alat ukur kalibrator akibat pengaruh suhu ruangan [A<sub>4</sub>]: → diabaikan, karena suhu ruangan yang digunakan masih masuk dalam spesifikasi yang dipersyaratkan.
- Loss* pada kabel penghubung, perubahan nilai hasil ukur karena faktor resistansi dari kabel penghubung yang digunakan [A<sub>5</sub>]: → dapat diabaikan, karena relatif tidak berpengaruh terlalu besar terhadap hasil akhir.
- Pengukuran berulang [A<sub>6</sub>]: → Perhitungan statistik dari data pengukuran = ESDM.
- Impedansi yang tidak sesuai antara sumber dan meter [A<sub>7</sub>]: →  $(2 |\Gamma_G| |\Gamma_L| )$ .
- Connection*, perubahan penunjukan hasil ukur yang terjadi karena faktor koneksi (*port*) pada alat ukur kalibrator maupun alat ukur yang dikalibrasi (*Unit Under Test*, UUT) [A<sub>8</sub>]: → dapat diabaikan, karena relatif tidak berpengaruh terlalu besar terhadap hasil akhir.

- i. *Power Linearity [A<sub>9</sub>]*: → power linearity dari Power Sensor.
- j. *Cal Factor Uncertainty [A<sub>10</sub>]*: → Cal Factor dari Power Meter.
- k. *Power Reference Uncertainty [A<sub>11</sub>]*: → Power reference dari Power Meter.
- l. *Instrument Uncertainty [A<sub>12</sub>]*: → Instrument uncertainty dari Power Meter.
- m. Untuk nilai yang merupakan nilai yang absolut (misalnya dari spesifikasi) dimasukan dalam kolom U absolut: [B].

### 7.3.1 Menentukan Koefisien Sensitifitas ( $c_i$ )

Model pengukuran:

$$\text{Koreksi} = N_{\text{STD}} - N_{\text{UUT}}$$

$$1 \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

$$1 \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

### 7.3.2 Standar Ketidakpastian Gabungan ( $u_c$ )

$$1 \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

Oleh karena nilai  $|c_1|$  dan  $|c_2|$  adalah 1, sehingga:

$$1 \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

$$1 \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1}$$

Untuk pengukuran *Amplitude*, teknik perhitungannya sama dengan langkah-langkah dalam pengukuran Frekuensi. Sedangkan untuk pengukuran level, harus kita tambahkan dengan nilai *Mismatch*-nya.

### 7.3.3 Menentukan Nilai *Mismatch*

Pada frekuensi radio dan *microwave*, *mismatch* yang disebabkan oleh pengaruh komponen dari karakteristik impedansi pada sistem pengukuran saluran transmisi dapat menjadi salah satu sumber kesalahan yang sangat penting dan menjadi komponen ketidakpastian sistematik dalam pengukuran power dan redaman, selama *phase* koefisien tegangan refleksi tidak selalu diketahui.

Pada sistem pengukuran power, power  $P_0$ , yang diserap oleh beban sesuai dengan karakteristik impedansi dari saluran transmisi yang dinyatakan dengan PL, yang disalurkan ke arah terminasi saluran *wattmeter* dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_0 = \frac{P_L}{1 - |\Gamma_L|^2} (1 - 2|\Gamma_G||\Gamma_L| \cos \varphi + |\Gamma_G|^2 |\Gamma_L|^2)$$

Dimana  $\varphi$  adalah *relative phase* dari *generator* dan *wattmeter*,  $\Gamma_G$  dan  $\Gamma_L$  adalah koefisien refleksi.

Jika  $\Gamma_G$  dan  $\Gamma_L$  nilainya sangat kecil persamaannya menjadi:

$$P_0 = \frac{P_L}{1 - |\Gamma_L|^2} (1 - 2|\Gamma_G||\Gamma_L| \cos \varphi)$$

Jika nilai  $\varphi$  tidak diketahui maka daya yang diserap dapat dilambangkan sebagai limit:

$$P_0(\text{limits}) = \frac{P_L}{1 - |\Gamma_L|^2} (1 \pm 2|\Gamma_G||\Gamma_L| \cos \varphi)$$

*Mismatch error* dapat dicatat sebagai faktor kalibrasi dan dapat dihitung adalah ( $1 - |\Gamma_L|^2$ ).

Sementara nilai limit dari *mismatch uncertainty* adalah ( $\pm 2|\Gamma_G||\Gamma_L|$ ).

Oleh karena karakteristik fungsi "cos" dalam distribusi probabilitas untuk ketidakpastian, seperti yang ditunjukkan oleh Harris dan Warner bahwa distribusinya berbentuk U-Shape dengan deviasi standar, diberikan oleh:

$$u \text{ (mismatch)} = \frac{2 |\Gamma_G| |\Gamma_L|}{\sqrt{2}}$$

#### 7.4 Menghitung Faktor Cakupan k

Dalam hal ini laboratorium sudah menetapkan nilai ( $k = 2$ ), dengan tingkat kepercayaan sekitar 95%.

#### 7.5 Menghitung Ketidakpastian Diperluas ( $u_{EXP}$ )

Ketidakpastian Diperluas merupakan perluasan/pengembangan dari Ketidakpastian Gabungan dikalikan dengan faktor cakupan ( $k = 2$ ), sehingga rumusnya adalah sebagai berikut:

$$u_{EXP} = 2 \times u_c$$

## 7.6 Uncertainty Budget

### 7.6.1 Uncertainty Budget untuk (Frekuensi)

**Tabel 1. Uncertainty Budget untuk Frekuensi**

Sym bol	Uncertainty Source	Relative Value $\pm$	Absolute Value $\pm$	Probabilities Distribution	Divider	Ci	$U_1$ Relative $\pm$	$U_1$ Absolut $\pm$	$V_i$ or $V_{eff}$
S	Sertifikat kalibrasi Freq. Counter	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	Normal	2	1	A <sub>1</sub> /2	B <sub>1</sub> /2	Infinite
D	Drift of Freq. Counter	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>2</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>2</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
Rs	Resolusi of Freq. Counter	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>3</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>3</sub> / $\sqrt{3}$	Infifite
T	Temperatur	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>4</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>4</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
K	Kabel penghubung	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>5</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>5</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
Rpt	Repeatability	A <sub>6</sub>	B <sub>6</sub>	T-Student	1	1	A <sub>6</sub> /1	B <sub>6</sub> /1	4
$U_C$	Combined Uncert.	-	-	-	-	-	$U_a$	$U_b$	$Y_{eff}$
$U_{EXP}$	Expanded Uncert.	-	-	k = 2	-	-	X <sub>a</sub>	X <sub>b</sub>	-

### 7.6.2 Uncertainty Budget untuk Synchronous Output Level

**Tabel 2. Uncertainty Budget untuk Synchronous Output Level**

Sym bol	Uncertainty Source	Relative Value $\pm$	Absolute Value $\pm$	Probabilities Distribution	Divider	Ci	$U_1$ Relative $\pm$	$U_1$ Absolut $\pm$	$V_i$ or $V_{eff}$
S	Sertifikat kalibrasi Oscilloscope	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	Normal	2	1	A <sub>1</sub> /2	B <sub>1</sub> /2	Infinite
D	Drift of Oscilloscope	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>2</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>2</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
Rs	Resolution of Oscilloscope	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>3</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>3</sub> / $\sqrt{3}$	Infifite
T	Temperatur	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>4</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>4</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
K	Kabel penghubung	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	A <sub>5</sub> / $\sqrt{3}$	B <sub>5</sub> / $\sqrt{3}$	Infinite
Rpt	Repeatability	A <sub>6</sub>	B <sub>6</sub>	T-Student	1	1	A <sub>6</sub> /1	B <sub>6</sub> /1	4
$U_C$	Combined Uncert.	-	-	-	-	-	$U_a$	$U_b$	$Y_{eff}$
$U_{EXP}$	Expanded Uncert.	-	-	k = 2	-	-	X <sub>a</sub>	X <sub>b</sub>	-

