

# KALIBRASI GAS DETECTOR GAS ANALYZER

Disampaikan oleh  
Ahmad Atsari Sujud



## ***Mandatory to use a "calibrated" instrument***

---

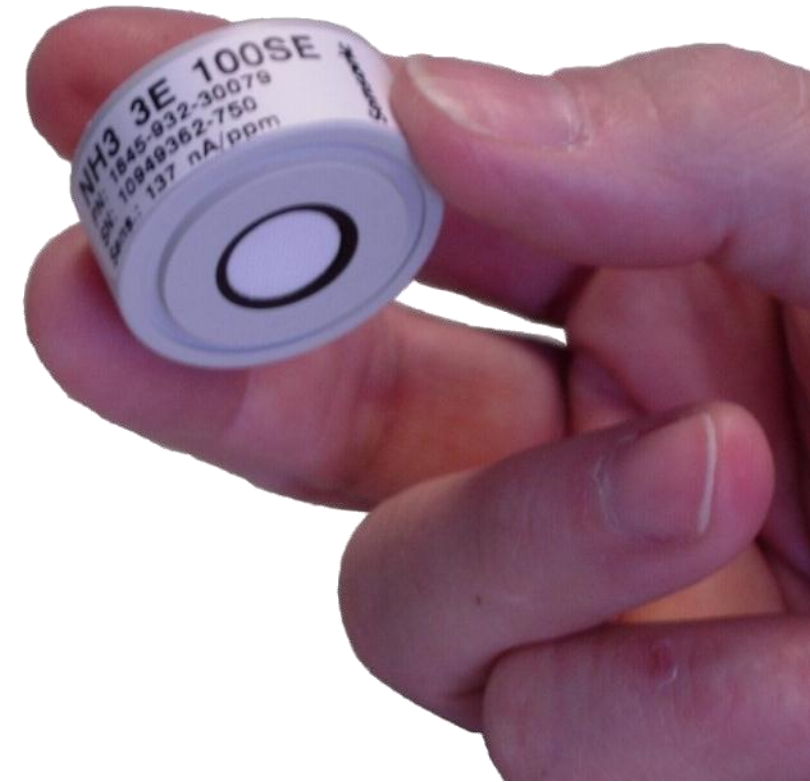
- ***USA OSHA 1910.146(c)(5)(ii)(C) "Permit required confined spaces" requires:***
  - ***Sebelum seorang karyawan memasuki ruangan, atmosfer internal harus diuji, dengan instrumen pembacaan langsung yang terkalibrasi***
  - ***Apa yang diterima OSHA sebagai instrumen pembacaan langsung yang "terkalibrasi"?***
    - ***Instrumen pengujian dipelihara dan dikalibrasi sesuai dengan rekomendasi pabrikan***
    - ***Cara terbaik bagi pemberi kerja untuk memverifikasi kalibrasi adalah melalui dokumentasi***

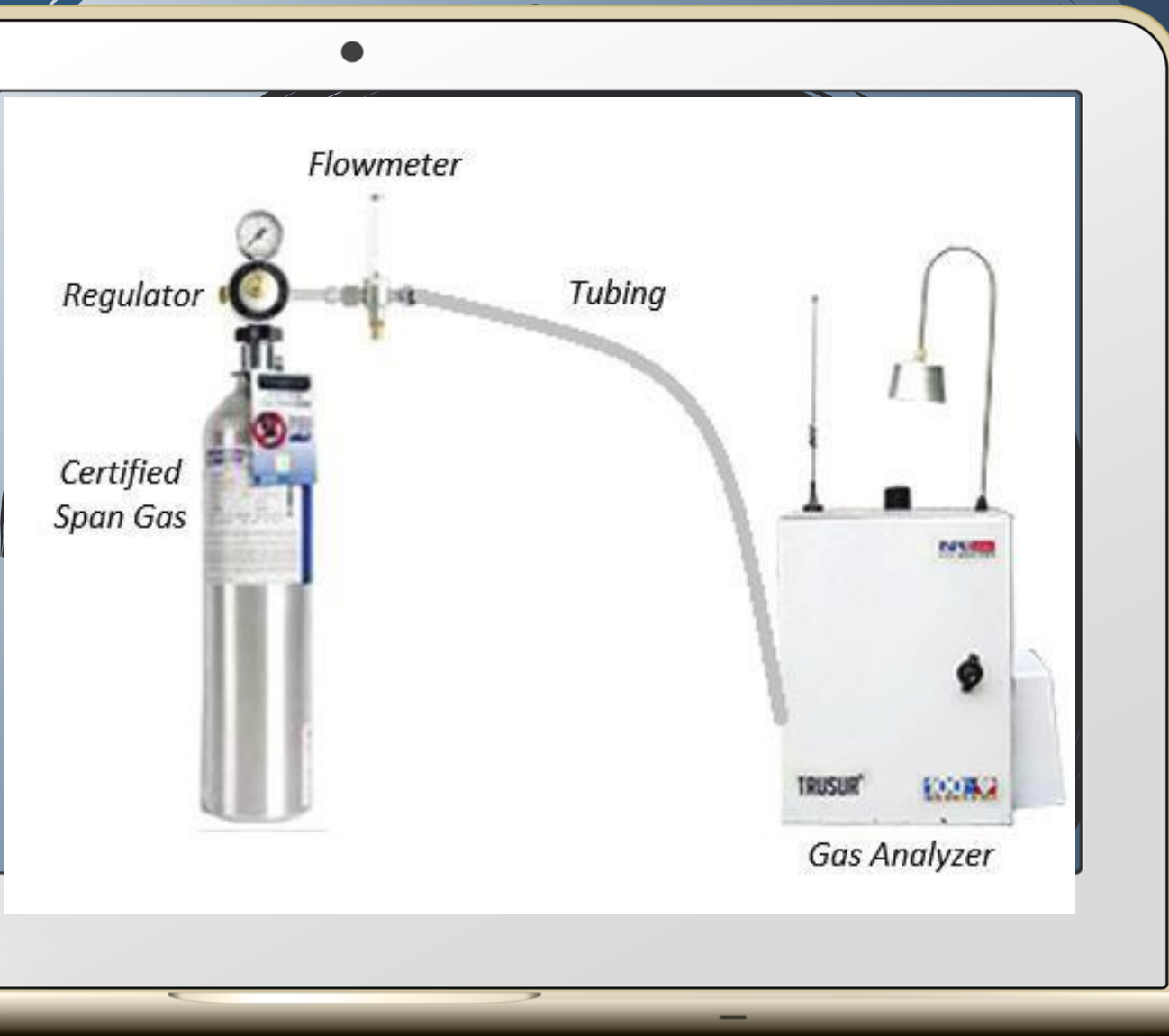


Verifikasi akurasi secara teratur untuk mencegah hilangnya sensitivitas yang tidak terduga

# ***Why do instruments need to be tested and / or calibrated?***

- ***Respons sensor pendeteksi gas dapat berubah selama masa pakai sensor***
- ***Perubahannya mungkin tiba-tiba, atau bisa bertahap***
- ***Zat atau kondisi yang ada di atmosfer dapat memiliki efek buruk pada sensor***
- ***Berbagai jenis sensor memiliki kendala dan kondisi berbeda yang dapat menyebabkan hilangnya sensitivitas atau kegagalan***
- ***Penting untuk mengetahui bagaimana sensor mendeteksi gas untuk memahami kondisi yang dapat menyebabkan pembacaan yang tidak akurat***





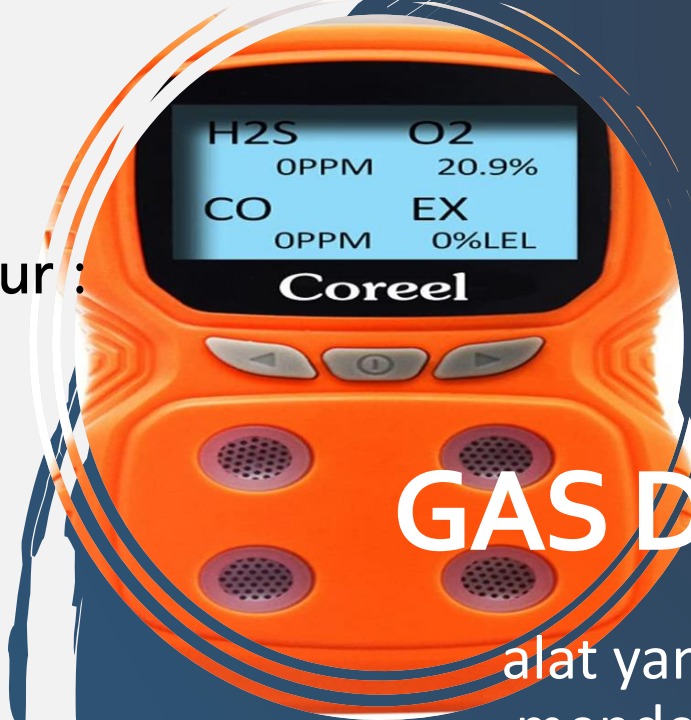
# Kalibrasi Gas Detector Gas Analyzer



Contoh gas-gas atau uap di udara yang diukur :

- Hidrokarbon mis metan ( $\text{CH}_4$ )
- karbon monoksida ( $\text{CO}$ )
- karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
- hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- oksigen ( $\text{O}_2$ )

Sensor gas mengukur konsentrasi gas di sekitarnya, berinteraksi dengan gas untuk mengukur konsentrasinya. Setiap gas memiliki tegangan tembus yang unik yaitu medan listrik di mana ia terionisasi. Sensor mengidentifikasi gas dengan mengukur tegangan ini. Konsentrasi gas dapat ditentukan dengan mengukur debit arus di perangkat.



## GAS DETECTOR

alat yang digunakan untuk mendeteksi (mengetahui) keberadaan gas-gas di udara dan mengukur konsentrasi/kadar gas-gas di udara.

Pendeteksi gas ini biasa dimanfaatkan oleh instansi yang berhubungan dengan rawannya kebocoran gas. Seperti dapur restoran besar yang menggunakan gas untuk memasak, tempat kerja yang rawan terjadi kebocoran gas seperti kilang minyak, pabrik dan lain sebagainya.



## Explosimeter

Combustible /  
Flammable Gas Detector



## Toxic

Toxic Gas  
Detector



## Oxygen

Oxygen  
Analyzer



## Combination

Combination  
Gas Detector

# JENIS GAS DETECTOR

Secara umum ada 3 jenis gas yang bisa dideteksi, antara lain gas beracun, penipisan oksigen, serta gas bisa menyulut api.



IEC 60079-29-2

Edition 2.0 2015-03

# INTERNATIONAL STANDARD

Explosive atmospheres –  
Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of  
detectors for flammable gases and oxygen

## 4.3.2 Deteksi gas gas

### 4.4.2.1 Umum

### 4.4.2.2 Pertimbangan dalam melakukan kalibrasi

- Kalibrasi yang akurat memerlukan gas standar yang direkomendasikan oleh pabrikan untuk tujuan kalibrasi/penyetelan yang biasanya mengandung gas target dalam konsentrasi yang diketahui dengan **toleransi relatif kurang dari 5%**. Untuk pemeriksaan fungsional, gas uji dengan akurasi yang lebih rendah dapat digunakan. Rekomendasi pabrikan untuk pemeriksaan fungsional sensor harus diikuti.
- Kit untuk kalibrasi rutin dan pemeriksaan fungsional sensor titik tunggal, dan peralatan portabel dan dapat diangkut biasanya terdiri dari silinder portabel dari **gas terkompresi**, beberapa bentuk **kontrol aliran** dan **adaptor** yang sesuai dengan peralatan gas detector. Dalam kasus sistem pengambilan sampel multi titik, silinder yang lebih besar dapat digunakan dekat dengan peralatan pusat, dan bahkan terhubung secara permanen untuk kalibrasi otomatis.

# Pertimbangan Kalibrasi

Pertimbangan saat akan melakukan kalibrasi gas detektor





# Pertimbangan Kalibrasi

Pertimbangan saat akan melakukan kalibrasi gas detektor

- Dimungkinkan untuk membuat dan menyimpan di bawah tekanan tinggi, kalibrasi dan campuran gas standar lainnya yang sepenuhnya mewakili aplikasi deteksi gas yang dimaksud. Banyak yang dapat dibuat dengan udara kering atau sintetis sebagai gas penyeimbang. Ini penting untuk sensor katalitik dan lainnya yang membutuhkan udara sebagai gas penyeimbang agar dapat beroperasi dengan benar. Namun tetap ada batasan keamanan untuk dalam mengompresi campuran gas yang memiliki fraksi volume lebih dari 50 %LFL.
- Gas yang lebih reaktif (reactive gases) cenderung memiliki masa simpan yang lebih lama jika gas penyeimbang adalah nitrogen kering (dried nitrogen) khusus, dan ini biasanya dipilih kecuali kompatibel dengan sensor.



- Untuk mengkalibrasi peralatan jalur terbuka (open path equipment), sel dengan jendela optik di kedua ujungnya yang berisi gas kalibrasi harus ditempatkan di jalur optik. Agar memiliki dimensi praktis untuk sel-sel ini, konsentrasi gas yang mudah terbakar diperlukan pada fraksi volume jauh melebihi konsentrasi LFL jika mereka menggunakan udara sebagai gas penyeimbang. Untungnya prinsip deteksi inframerah memungkinkan nitrogen digunakan sebagai gas penyeimbang, sehingga gas kalibrasi dapat dikompresi dengan aman.
- Di mana lebih dari satu gas yang mudah terbakar (atau uap) mungkin perlu dideteksi, biasanya menggunakan kalibrasi tunggal atau gas uji, dan data respons relatif.
- Untuk tabung gas kalibrasi, suhu penyimpanan minimum yang ditentukan oleh pabrikan gas kalibrasi harus diikuti untuk menghindari kondensasi.

# Pertimbangan Kalibrasi

Pertimbangan saat akan melakukan kalibrasi gas detektor





IEC 60079-29-2

Edition 2.0 2015-03

## INTERNATIONAL STANDARD

Explosive atmospheres –  
Part 29-2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of  
detectors for flammable gases and oxygen

# 11.8 Kalibrasi

11.8.1 Kit kalibrasi dan peralatan uji

11.8.2 Prosedur Kalibrasi

11.8.2.1 Umum

11.8.2.2 Campuran Gas (Gas mixture)

11.8.2.3 Stabilisasi

11.8.2.4 Pengecekan Nol (Zero Check)

11.8.2.5 Kalibrasi Span

11.8.2.6 Verifikasi Alarm

11.8.2.7 Rekaman Pemeliharaan

## 11.8.1 Kit kalibrasi dan peralatan uji

Semua gas campuran standar dan peralatan kalibrasi terkait harus memiliki karakteristik yang sesuai untuk memastikan hasil yang andal. Komponen penting dari peralatan kalibrasi adalah sebagai berikut:

- a. Campuran gas standar (calibration gas mixture) bertekanan di dalam tabung silinder diperlukan. Ini normalnya diperlukan untuk memberikan respon spesifik, biasanya diantara 25% dan 90% dari skala penuh (full scale) gas detector. Campuran gas standar ini disertifikasi atau dianalisa dengan akurasi setidaknya  $\pm 5\%$  dari konsentrasi actual tertulis pada label. Tabung silinder dapat diperlakukan khusus secara internal jika gas standar tersebut diperuntukkan mengkalibrasi flammable gas sensor dan toxic reactive gas sensor secara bersamaan.
- b. Dalam beberapa kasus, gas standar untuk flammable vapour yang campuran gasnya stabil dalam tabung silinder bertekanan atau wadah bertekanan rendah tidak tersedia. Dalam kasus ini maka pabrikan harus menyediakan respon data relative untuk mengijinkan penggunaan campuran gas yang lebih umum sebagai standar kalibrasi.
- c. Regulator yang sesuai dan cocok diperlukan untuk mengurangi tekanan tabung silinder bertekanan. Bergantung pada gas detector yang akan dikalibrasi, gas detector tertentu mempunyai output yang dapat di set atau tekanan rendah yang dapat disetel. Namun demikian kebanyakan gas standar untuk kalibrasi tidak dilengkapi penurun atau pengatur tekanan ke sensor sehingga regulator atau perlengkapan lain mungkin diperlukan untuk dapat melakukan pengaturan (adjustment) flow rate gas sesuai yang disebutkan pabrikan pada spesifikasi gas detector.
- d. Untuk peralatan yang disedot (aspirated equipment), metode tradisional, menyediakan gas pada tekanan atmosfer untuk mensimulasikan pengambilan sampel normal, menggunakan kandung kemih yang digelembungkan (bladders inflated ) dengan gas kalibrasi. Sebagai alternatif, regulator dipilih untuk menyediakan aliran yang lebih tinggi daripada yang akan ditarik oleh aspirator dan akan ada tabung peniup ke atmosfer untuk aliran berlebih. Peralatan yang lebih baru memiliki pengatur permintaan yang tergabung dalam pengatur tekanan (butir c. di atas), sehingga memberikan gas sesuai kebutuhan jika tekanan negatif ringan (light negative pressureis) diterapkan pada outputnya.

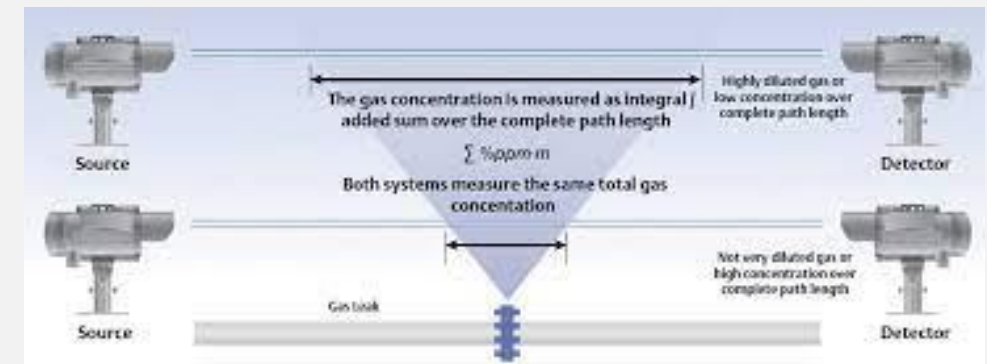
## 11.8.1 Kit kalibrasi dan peralatan uji

Semua gas campuran standar dan peralatan kalibrasi terkait harus memiliki karakteristik yang sesuai untuk memastikan hasil yang andal. Komponen penting dari peralatan kalibrasi adalah sebagai berikut:

- e. Untuk peralatan difusi (diffusion equipment) dan beberapa peralatan dihisap (aspirated equipment), pengatur pada butir c. di atas dikonfigurasi sebagai pengatur aliran, baik yang telah diatur sebelumnya dengan atau tanpa indikasi aliran, atau dapat diatur dan dilengkapi dengan pengukur aliran.
- f. Untuk sambungan ke peralatan yang dihisap (aspirated equipment) biasanya hanya diperlukan tabung. Namun adaptor kalibrasi khusus diperlukan untuk jenis peralatan difusi. Ini dirancang oleh produsen detektor gas untuk memastikan bahwa campuran gas kalibrasi mengelilingi sensor dan menjaga udara sekitar tetap keluar. Tetapi yang lebih penting, dengan kombinasi desainnya dan laju aliran terkontrol yang ditentukan, dirancang untuk menghasilkan respons yang sama pada gas standar kalibrasi seperti yang akan diperoleh dengan menggunakan gas yang sama dalam mode difusi normalnya.

- g. Untuk peralatan jalur terbuka (open path equipment), kalibrasi dapat dikonfirmasi menggunakan sel uji gas di lapangan. Sel uji ini diisi dengan gas kalibrasi yang terdiri dari gas nitrogen yang diinginkan. Konsentrasi gas kalibrasi dikalikan dengan panjang sel memberikan konsentrasi integral yang diperlukan. Lebih umum, pemeriksaan fungsional secara rutin dilakukan dengan filter optik pra-kalibrasi yang disediakan oleh pabrikan. Dalam kedua kasus ini, ini diselingi antara pemancar dan penerima, atau antara transceiver dan retroreflektor.

Setiap saat harus berhati-hati untuk menghindari kerusakan pada filter optik yang telah dikalibrasi sebelumnya. Bahkan sedikit lipatan, lipatan, goresan, atau debu, sidik jari, atau kontaminan lainnya akan sangat merusak pembacaan. Beberapa filter optik pra-kalibrasi secara seri tidak boleh digunakan.





**Regulator**

**Test gas**

**Test  
tubing**



## 11.8.1 Kit kalibrasi dan peralatan uji

Semua gas campuran standar dan peralatan kalibrasi terkait harus memiliki karakteristik yang sesuai untuk memastikan hasil yang andal. Komponen penting dari peralatan kalibrasi adalah sebagai berikut:

- h. Sistem kalibrasi harus tahan terhadap penyerapan, dan korosi oleh, campuran kalibrasi. Hal ini memerlukan penggunaan bahan khusus, terutama jika sensor untuk gas beracun reaktif, seperti  $H_2S$  atau  $Cl_2$ , digabungkan dengan detektor gas yang mudah terbakar.
- i. Beberapa detektor gas portabel modern dengan mikroprosesor internal dan tautan data memiliki peralatan kalibrasi gas khusus dengan tautan data yang mampu menghasilkan laporan pengujian pada komputer terkait, menjalankan perangkat lunak yang disediakan vendor. Ini juga dapat menghasilkan pembacaan tertentu berdasarkan data respons relatif.
- j. Dalam kasus lain, khususnya peralatan tetap (fixed equipment), ada pengontrol genggam (hand-held controller) dengan tautan data yang mampu berkomunikasi dengan peralatan dan membuat penyesuaian.

- k. Dalam banyak dari dua kasus terakhir ini, ada program yang memerlukan campuran gas kalibrasi yang sangat spesifik yang diterapkan dengan cara tertentu, khususnya laju alir.

***Mengingat semua variabel ini, ketika menentukan gas dan peralatan yang diperlukan untuk mengkalibrasi detektor gas canggih tersebut, pilihan pertama, dan mungkin satu-satunya, adalah peralatan yang direkomendasikan oleh vendor untuk model detektor gas tertentu.***





## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

11.8.2.1 Umum

11.8.2.2 Campuran Gas (Gas mixture)

11.8.2.3 Stabilisasi

11.8.2.4 Pengecekan Nol (Zero Check)

11.8.2.5 Kalibrasi Span

11.8.2.6 Verifikasi Alarm

11.8.2.7 Rekaman Pemeliharaan



## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

### 11.8.2.1 Umum

Peralatan atau kit kalibrasi harus dipilih seperti pada 11.8.1 standar ini.

### 11.8.2.2 Campuran Gas (Gas mixture)

Semua kalibrasi harus dilakukan dengan cara untuk memastikan ventilasi yang aman dari gas campuran kalibrasi.



## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

### 11.8.2.3 Stabilisasi

Peralatan harus dibiarkan stabil pada suhu operasi, dan kemudian kontrol operasi harus disesuaikan sesuai dengan instruksi manual.

### 11.8.2.4 Pengecekan Nol (Zero Check)

Biasanya melakukan pemeriksaan nol menggunakan udara bersih, atau, di mana udara tidak dapat dijamin tidak terkontaminasi, menggunakan gas nol (biasanya udara kering) dari silinder, dan peralatan kalibrasi lainnya seperti pada 11.8.1.



## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

### 11.8.2.5 Kalibrasi Span

- Sistem kalibrasi harus dihubungkan ke peralatan dan pembacaan rentang akhir dicatat. Kalibrasi harus disesuaikan, jika perlu, sehingga pembacaan output sama dengan konsentrasi gas campuran standar, atau pembacaan yang telah ditentukan. Dalam beberapa kasus, ini dapat dilakukan secara otomatis. Gas campuran standar harus dibuang, dan harus dipastikan bahwa peralatan kembali ke "nul". Prosedur ini mungkin memerlukan pengulangan jika peralatan nol (equipment zero) dan penyetelan rentang (span adjustment) berinteraksi.
- Ketika gas target tidak tersedia untuk kalibrasi sensor gas, dimungkinkan untuk menggunakan gas pengganti. Kalibrasi gas pengganti mungkin kurang akurat dan mungkin tidak memberikan tingkat respons yang diinginkan. Penggunaan kalibrasi gas pengganti harus seperti yang disarankan oleh pabrikan.





## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

### 11.8.2.6 Verifikasi Alarm

Memastikan bahwa setiap/semua alarm diaktifkan ketika titik setel (set point) tercapai. Rekomendasi pabrikan harus diikuti ketika memilih gas campuran standar kalibrasi untuk peralatan dengan alarm, karena konsentrasi yang dibutuhkan biasanya sedikit lebih tinggi dari pengaturan alarm nominal (untuk menjamin aktulasi alarm yang cepat).



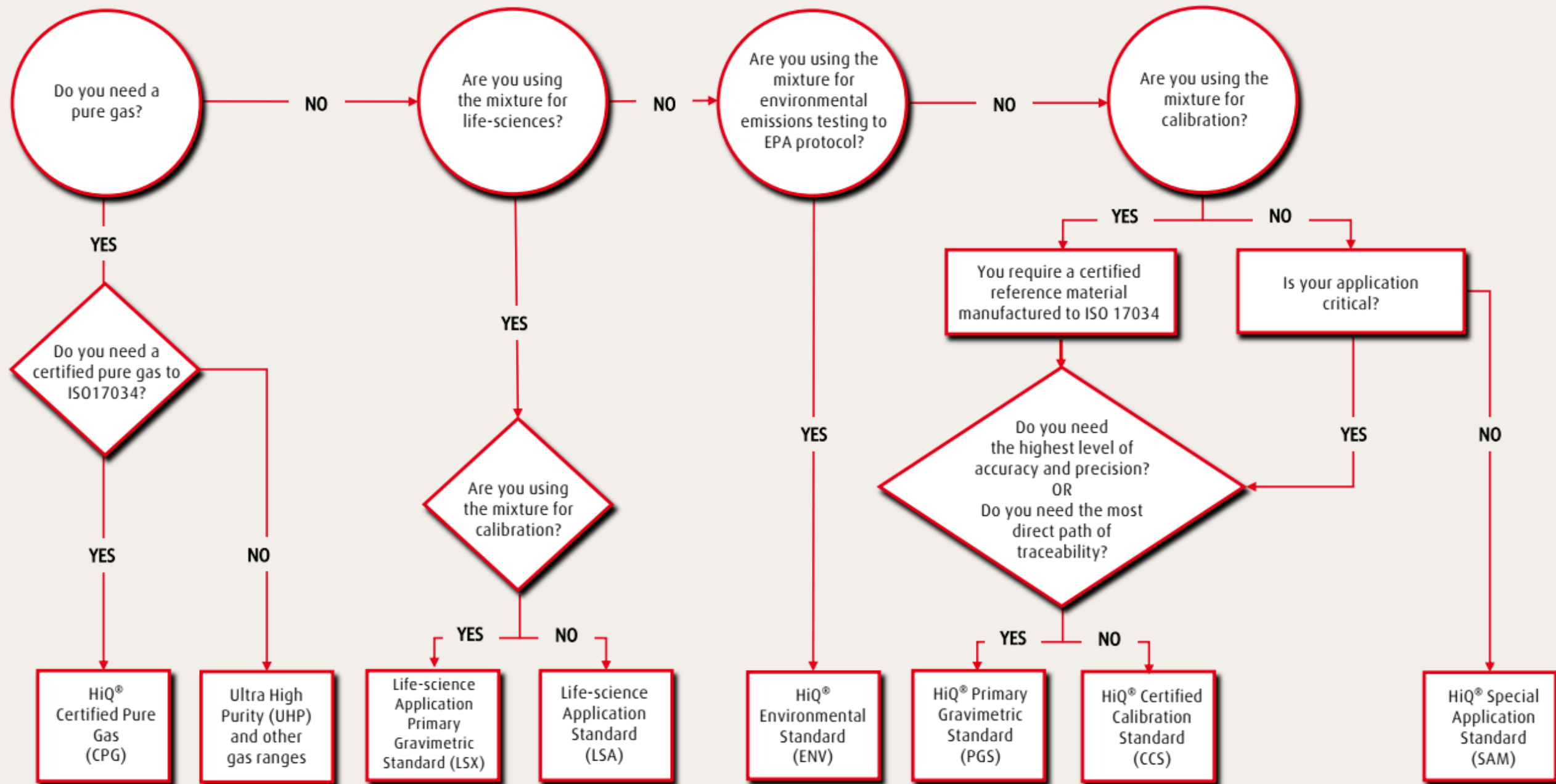
## 11.8.2 Prosedur Kalibrasi

### 11.8.2.7 Rekaman Pemeliharaan

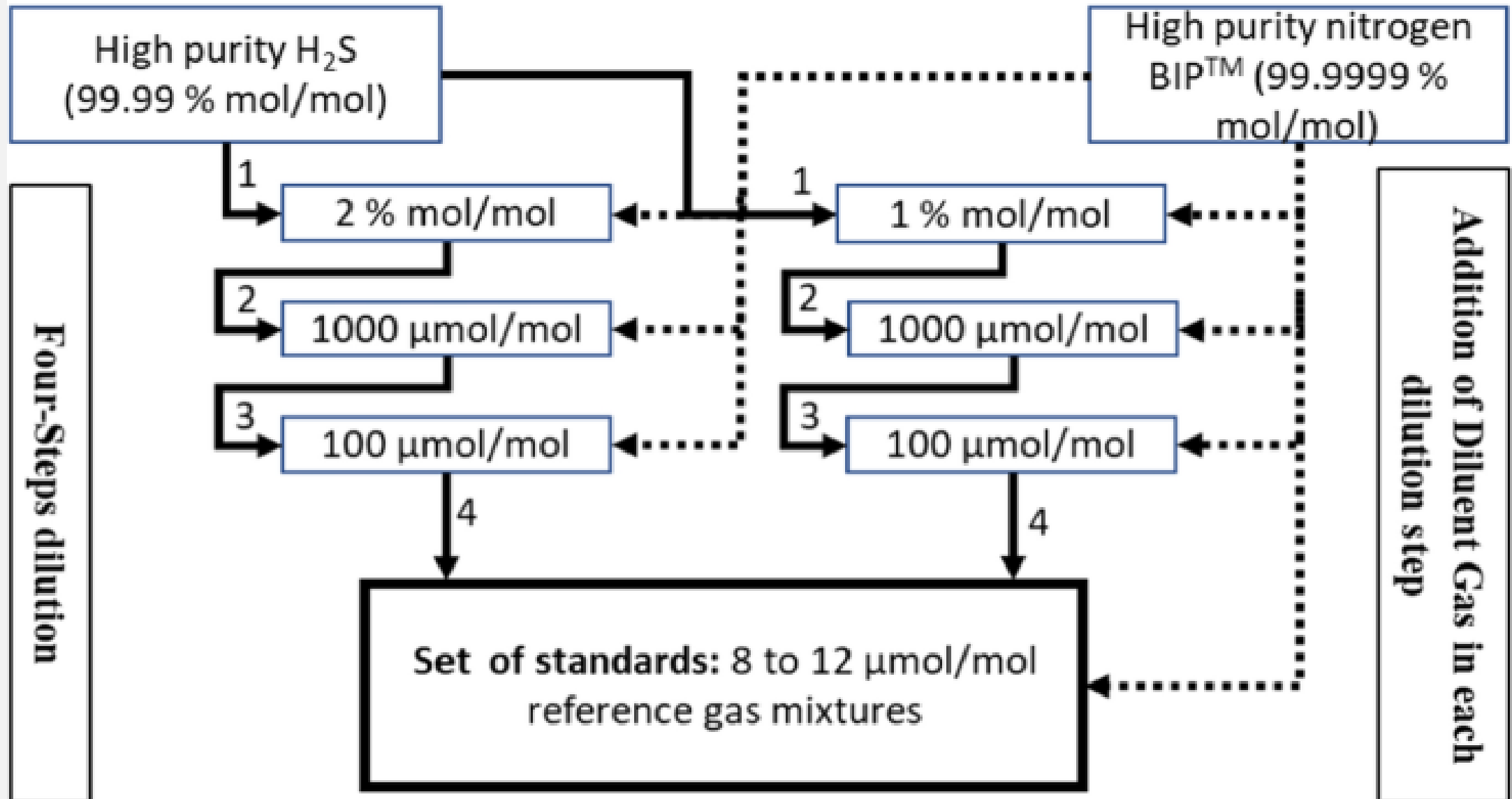
Kalibrasi yang dijelaskan di sini harus dilakukan terakhir kali sebelum peralatan digunakan. Direkomendasikan agar data kalibrasi dicatat pada catatan perawatan instrumen. Catatan perawatan instrumen (atau dokumen yang sebanding) harus diperbarui sebelum mengembalikan peralatan ke layanan.



# How to choose the right gas mixture



# Production diagram of hydrogen sulphide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) reference gas mixtures





# ISO 17034 AND QUALITY GRADES OF STANDARDS, REFERENCE MATERIALS AND CERTIFIED REFERENCE MATERIALS



Figure 2. The Hierarchy of Reference Materials - What are the Different Types?

**National Metrology Standard (e.g. NIST, JRC, NMI Australia)**

**Compendial Standard (e.g. USP, EP, BP, JP, IP)**

- Issued by an authorized body
- Considered to provide the highest level of accuracy & traceability

**Certified Reference Material (CRM) (ISO 17034, 17025)**

- Considered to provide the highest level of accuracy, uncertainty, and traceability to an SI unit of measurement
- Manufactured by an accredited Reference Material Producer

**Reference Material (RM) (ISO 17034)**

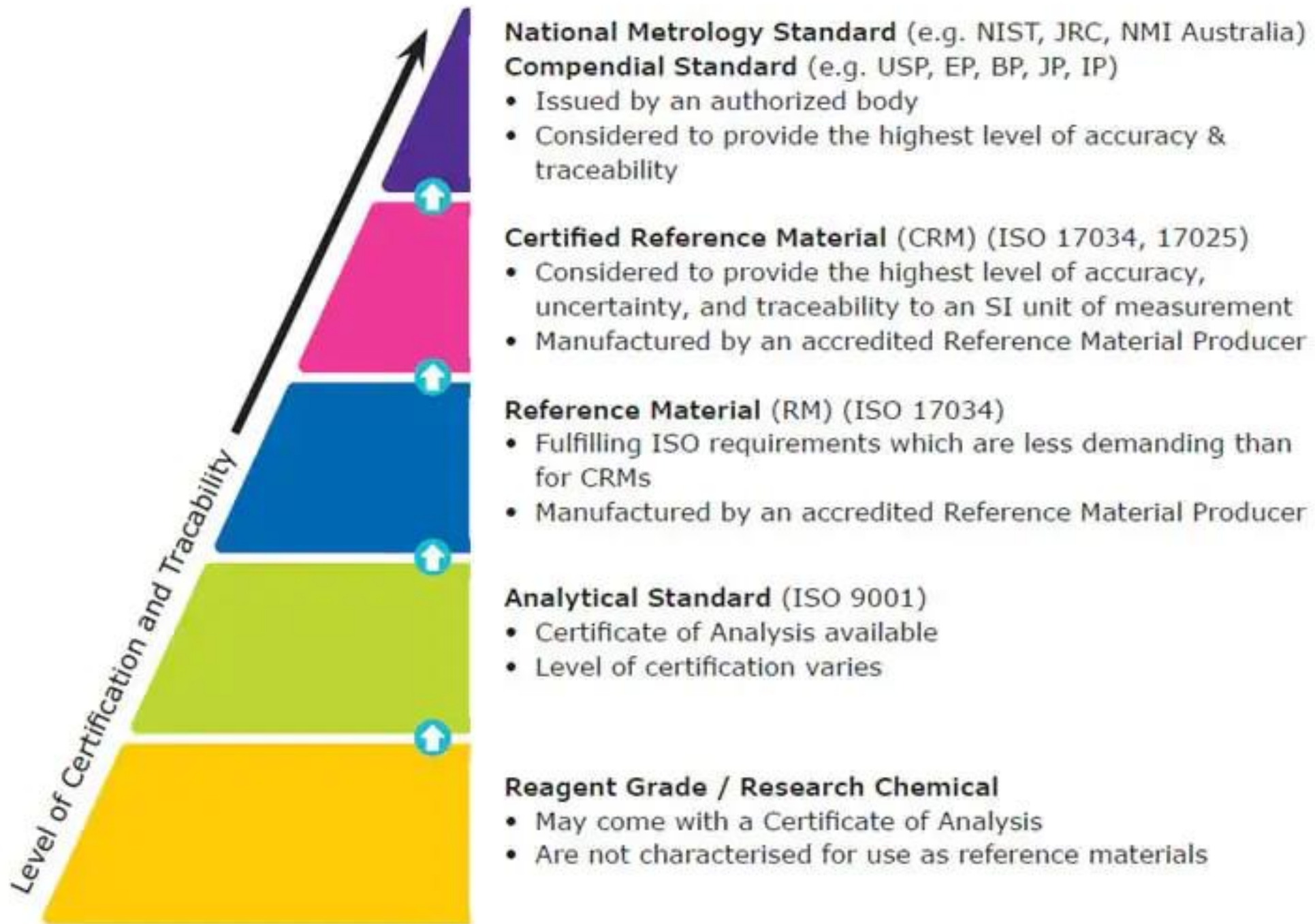
- Fulfilling ISO requirements which are less demanding than for CRMs
- Manufactured by an accredited Reference Material Producer

**Analytical Standard (ISO 9001)**

- Certificate of Analysis available
- Level of certification varies

**Reagent Grade / Research Chemical**

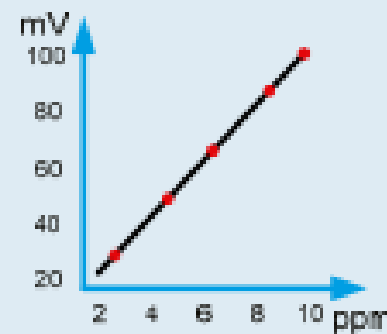
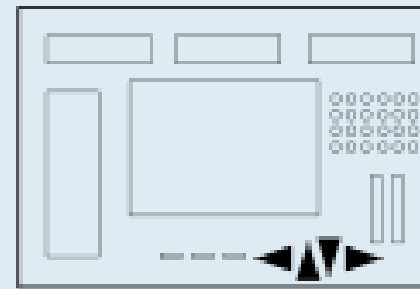
- May come with a Certificate of Analysis
- Are not characterised for use as reference materials



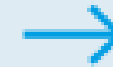
## Procedure for analysis and certification for calibration accredited mixtures



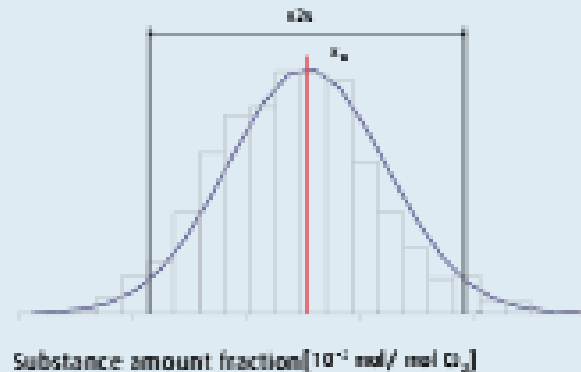
Certified reference materials



Measuring instrument,  
calibration curve, DAkkS  
candidate



## Procedure for analysis and certification for calibration accredited mixtures



$$u = \sqrt{G_1 \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} u(x_1) \right)^2 + \dots + G_n \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} u(x_n) \right)^2}$$

Measuring result and  
uncertainty



DAkks



$x = 10.3 \pm 0.1$  ppm  $\text{CO}_2$   
expansion factor  $k=2$   
calibration procedure  
conditions

Gas mixture



All key metrological data can  
be found on the calibration  
certificate:

- measurement method
- conditions of measurement
- result with uncertainty
- traceability

## Reference materials (DAKKS, ISO Guide 34)

	Measured variable	Amount fraction	Matrix	Relative uncertainty (%)
Binary mixtures	CO	5 ppm–10 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air*	0.5–0.8
	CO <sub>2</sub>	5 ppm–30 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air	0.5–0.8
	CH <sub>4</sub>	5 ppm–50 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air*	0.5–0.8
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	10 ppm–5 %	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	0.5–0.8
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	5 ppm–5 %	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	0.5–0.8
	NO	5 ppm–1 %	N <sub>2</sub>	0.5–0.8
	O <sub>2</sub>	5 ppm–25 %	N <sub>2</sub>	0.5–0.8
	SO <sub>2</sub>	5–1000 ppm	N <sub>2</sub> , Synthetic Air*	0.8
	NO <sub>2</sub>	5–1000 ppm	Synthetic Air	1.0
Mixtures for emissions testing	CO, CO <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , O <sub>2</sub>	Varying	N <sub>2</sub>	0.5–0.8
Synthetic natural gas mixtures	C <sub>2</sub> –C <sub>6</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , He	Varying	CH <sub>4</sub>	0.5–1.0
NB	*Only outside flammable limits			



## Calibration laboratory (DAKKS, ISO 17025)

	Measured variable	Amount fraction	Matrix	Relative uncertainty (%)
Binary and/or ternary mixtures	He **	1%-50%	N <sub>2</sub> , Synthetic Air	1.0
	CO **	5 ppm-10 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air*	1.0
	CO <sub>2</sub> **	5 ppm-30 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air	1.0
	CH <sub>4</sub> **	5 ppm-50 %	N <sub>2</sub> , Synthetic Air*	1.0
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> **	5 ppm-5 %	N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	1.0
	NO **	5 ppm-1 %	N <sub>2</sub>	1.0
	O <sub>2</sub> **	5 ppm-30 %	N <sub>2</sub>	1.0
	SO <sub>2</sub> **	1-5000 ppm	N <sub>2</sub>	1.0
	NO <sub>2</sub> **	5-1000 ppm	Synthetic Air	2.0
	NH <sub>3</sub>	5-500 ppm	N <sub>2</sub>	2.0
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	5-500 ppm	N <sub>2</sub> , Synthetic Air	2.0
	H <sub>2</sub>	1-20 %	N <sub>2</sub>	1.0
Quaternary and pentanary mixtures	CO, CO <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Varying	N <sub>2</sub>	1.0
	CO, SO <sub>2</sub> , NO	Varying	N <sub>2</sub>	1.0
	CO, CO <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , O <sub>2</sub>	Varying	N <sub>2</sub>	1.0
Synthetic mixtures of natural gas	C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , He	Varying	CH <sub>4</sub>	1.0-2.0
NB	* Only outside flammable limits			
	** two of these components can be used in ternary mixtures			

**VALIDASI METODE KALIBRASI *GAS ANALYZER* UNTUK  
PENGUKURAN  $O_2$ , CO, NO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CH_4$ , DAN  $H_2S$  SECARA  
PERBANDINGAN LANGSUNG DENGAN *CERTIFIED SPAN GAS***

***VALIDATION OF CALIBRATION METHOD FOR  $O_2$ , CO, NO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  
 $CH_4$  AND  $H_2S$  ANALYZER THROUGH DIRECT COMPARISON  
USING CERTIFIED SPAN GAS***

Anwar Hadi<sup>(1)</sup>, Jaja Ahmad Subarja<sup>(2)</sup>, dan Idris Firdaus<sup>(2)</sup>

(Diterima tanggal 7 Juni 2017 Disetujui tanggal 11 September 2017)


(Diterima tanggal 7 Juni 2017 Disetujui tanggal 11 September 2017)

Anwar Hadi<sup>(1)</sup>, Jaja Ahmad Subarja<sup>(2)</sup>, dan Idris Firdaus<sup>(2)</sup>

# KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

**PADA KALIBRASI GAS DETECTOR / GAS  
ANALYZER**

# EMISSION MEASUREMENT HANDBOOK



# Model Matematis

$$C = \left[ Gas_{ref} + \delta(Gas_{ref})_{cert} + \delta(Gas_{ref})_{drift} \right] - \left[ Ins_x + \delta(Ins_x)_{res} + \delta(Ins_x)_{rep} + \delta(T_{dep}) + \delta(P_{dep}) + \delta(Q_{dep}) \right]$$

$$Y = f\{x_i\}$$

$Y = f\{x_i | x_i = \text{flowmeter, resolusi gas analyzer, repeatabilitas, certified span gas}\}$

Model matematika untuk kalibrasi kalibrasi gas detector / gas analyzer dengan metode pembacaan langsung (*direct reading method*)

$$C = \left[ Gas_{ref} + \delta(Gas_{ref})_{cert} + \delta(Gas_{ref})_{drift} \right] - \left[ Ins_x + \delta(Ins_x)_{res} + \delta(Ins_x)_{rep} + \delta(T_{dep}) + \delta(P_{dep}) + \right]$$

## Dimana

$C$ : Koreksi gas detector/analyzer

$Gas_{ref}$ : Nilai sertifikat (CoA) dari Gas standar

$\delta(Gas_{ref})_{cert}$ : Ketidakpastian Gas standar

$\delta(Gas_{ref})_{drift}$ : Drift Gas standar

$Ins_x$ : Pembacaan rata-rata gas detector/analyzer

$\delta(Ins_x)_{res}$ : Resolusi gas detector/analyzer

$\delta(Ins_x)_{rep}$ : Pengulangan penunjukan gas detector/ analyzer

$\delta(T_{dep})$ : Pengaruh suhu

$\delta(P_{dep})$ : Pengaruh tekanan

$\delta(Q_{dep})$ : Pengaruh laju alir (flow) gas

# Ketidakpastian Gas Standard

## $\delta(Gas_{ref})_{cert}$ : Ketidakpastian Gas standar

Ketidakpastian dari gas standard dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$u_{STD} = \frac{U_{Crt}}{k}$$

Dimana,

$u_{STD}$  adalah ketidakpastian baku gas standard

$U_{Crt}$  adalah ketidakpastian bentangan dari sertifikat gas standard

$k$  adalah factor cakupan dari sertifikasi gas standard





Ketidakpastian  
Drift/Stability  
Gas Standard  
 $\delta(Gas_{ref})_{drift}$  :  
Drift Gas standar

Ketidakpastian karena Drift/Stability Gas Standard dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$u_{drift} = \frac{(Gas_{ref})_{drift}}{\sqrt{3}}$$

Tergantung Gas  
Standar yang  
digunakan

Dimana,

$u_{drift}$  adalah ketidakpastian dari pengaruh suhu

$(Gas_{ref})_{drift}$  adalah Drift/Stability Gas Standard

Ketidakpastian  
Resolusi alat  
 $\delta(Ins_x)_{res}$ :  
Resolusi gas  
detector/analyzer

Ketidakpastian dari resolusi UUT dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$u_{Res} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

Dimana,

$a$  adalah resolusi gas detector/analyzer

$u_{res}$  adalah ketidakpastian dari resolusi gas detector/analyzer

Ketidakpastian  
Pengulangan  
penunjukan  
gas detector/  
analyzer  
 $\delta(Ins_x)_{rep}$ :  
Pengulangan

Ketidakpastian dari factor repeatabilitas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$u_{Rep} = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

Dimana,

$u_{Rep}$  adalah ketidakpastian dari pengulangan penunjukan

$SD$  adalah standard deviasi dari data dengan pengulangan yang dilakukan

$n$  adalah jumlah pengulangan yang dilakukan

# Ketidakpastian Pengaruh Suhu/Tekanan/ Flow

$\delta(T_{dep})$ :  
Pengaruh suhu

$\delta(P_{dep})$ :  
Pengaruh  
tekanan

$\delta(Q_{dep})$ :  
Pengaruh flow


Ketidakpastian karena pengaruh suhu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$u_T = \frac{T_{dep}}{\sqrt{3}}$$

Dimana,

$u_T$  adalah ketidakpastian dari pengaruh suhu

$T_{dep}$  adalah ketergantungan terhadap pengaruh suhu



Tergantung Gas  
Detector/Analyzer  
yang dikalibrasi

GAS RANGES		
Gases Measured	CO <sub>2</sub>	By custom dual wavelength infra-red cell with reference channel
	O <sub>2</sub> (Optional)	By internal electrochemical cell
Oxygen cell lifetime	Approximately 3 years in air	
Range	CO <sub>2</sub>	0-100%
	O <sub>2</sub>	0-100%
Measurement Accuracy	Gas	
	CO <sub>2</sub>	<b>Accuracy:</b> $\pm(1\% \text{ of range} + 2\% \text{ of reading})$ at reference conditions <sup>1</sup> <b>Temperature dependence:</b> $\pm 0.36\% \text{ reading /}^\circ\text{F}$ (typical at 5% CO <sub>2</sub> ) <b>Pressure dependence:</b> $\pm 0.02\% \text{ of reading/hPa}$ (typical at 5% CO <sub>2</sub> ) $\pm 1.0\% \text{ Full Scale @ constant temperature and pressure}$ $\pm 2.0\% \text{ Full Scale over operating temperature range}$
Response time, T <sup>90</sup>	CO <sub>2</sub>	$\leq 20 \text{ seconds}$
	O <sub>2</sub>	$\leq 60 \text{ seconds}$



<sup>1</sup> Conditions during factory calibration, typically 68°F, 400" W.C.




### Anggaran Ketidakpastian Pengujian Gas CO2

Konsentrasi Gas : 2 %  
 Instrument Standard : Geotech G IN12699  
 U Instrument Standard : 0.064 %  
 Faktor Cakupan (k) : 2  
 Instrument Under Testing :  
 Resolusi IUT : 0.1 %

Komponen		Satuan	Distribusi	U	Pembagi	$v_i$	$u_i$	$c_i$	$c_i u_i$	$(c_i u_i)^2$	$(c_i u_i)^4 / V_i$
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Ketidakpastian dari Standard	$Y_{STD}$	%	Normal	0.064	2	2.236068	0.032	-1	-0.032	0.001024	4.68937E-07
Ketidakpastian dari pembacaan IUT	$X_{IUT}$	%	Rectangle	0.05	1.732051	1000000	0.028868	1	0.028868	0.000833	6.94444E-13
Ketidakpastian dari faktor repeatabilitas	$E_{REP}$	%	Rectangle	0	3.162278	1000000	0	1	0	0	0
ketidakpastian dari pengaruh suhu	$E_T$	%	Rectangle	0.004	1.732051	1000000	0.002309	1	0.002309	5.33E-06	2.84444E-17
Ketidakpastian dari pengaruh tekanan gas	$E_P$	%	Normal	0.0004	1.732051	1000000	0.000231	1	0.000231	5.33E-08	2.84444E-21
Sums										0.001863	4.68938E-07
Ketidakpastian baku gabungan, $u_c$ , (%)										0.04315924	
Derajat kebebasan efektif, $v_{eff}$										7.399111994	
Faktor cakupan, k-student's untuk $v_{eff}$ dan CL 95 %										2.364624252	
Ketidak pastian bentangan, $U = k u_c$ , (%)										0.10	

Resolusi gas analyzer CO : 1 ppm  
 Ketidakpastian flowmeter : 0,14 LPM  
 Kadar certified span gas CO :  $100,1 \pm 2,0$  ppm  
 Repeatabilitas (sd), dimana  $n = 10$  : 0,422



Uraian	Satuan	Distribusi	U	Pembagi	df	$U_i$	$C_i$	$U_i C_i$	$(U_i C_i)^2$	$(U_i C_i)^4/df$
Resolusi	%	Rectangular	0,5	1,732	$1 \cdot 10^{20}$	0,289	1	0,289	0,083	$6,9 \cdot 10^{-23}$
Flowmeter	L/min	Normal	0,14	2	$1 \cdot 10^{20}$	0,070	1	0,070	0,005	$2,4 \cdot 10^{-25}$
<i>Certified gas</i>	%	Rectangular	2,002	1,732	$1 \cdot 10^{20}$	1,156	1	1,156	1,336	$1,8 \cdot 10^{-20}$
Repetabilitas	%	t-student	0,016	1	9	0,016	1	0,016	0,000	$7,9 \cdot 10^{-9}$
Jumlah								1,531	1,425	$7,9 \cdot 10^{-9}$
Ketidakpastian baku gabungan								1,194		
Derajat kebebasan								$3,10^8$		
Faktor cakupan, t-student untuk $df_{eff}$ pada tingkat kepercayaan 95%								1,960		
Ketidakpastian bentangan								2,34		

Laporan Hasil  
 $(98,8 \pm 2.3)$  ppm  
 %RSU = 2.4%

# TERIMA KASIH

Ahmad Atsari Sujud 

+6281230278753 

aasujud@gmail.com 