

PERHITUNGAN ESTIMASI KETIDAKPASTIAN UNTUK PENGUKURAN ASAM BENZOAT MENGGUNAKAN KROMATOGRAFI CAIR KINERJA TINGGI-DETEKTOR DIODE ARRAY

Dillani Putri Ramadhaningtyas¹

¹Research Center for Chemistry, Indonesian Institute of Sciences
Gedung 456, Kawasan PUSPIPTEK Setpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15314

* Untuk korespondensi: Tel/Fax 081322910035, e-mail penulis*: dill00@lipi.go.id

ABSTRAK

Dalam pengukuran ilmiah, kebijakan-kebijakan penting dan strategis diambil berdasarkan informasi analitis yang diperoleh dari suatu metoda yang standar dan valid. Oleh karena itu, pengukuran yang akurat dan berkualitas menjadi hal yang penting sebagai jaminan bahwa hasil yang diperoleh bersifat sebanding dan dapat dipertanggungjawabkan karena berkaitan erat dengan perlindungan dan keselamatan konsumen. Salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai jaminan keandalan dari suatu pengukuran adalah estimasi ketidakpastiannya. Pada artikel ini akan dibahas mengenai salah satu aplikasi estimasi ketidakpastian dalam pengukuran senyawa organik yaitu pengukuran asam benzoat dalam minuman ringan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi-detektor diode array dengan teknik kalibrasi eksternal. Berdasarkan sumber-sumber ketidakpastian yang telah dikuantifikasi, diperoleh nilai ketidakpastian sebesar 7.2 mg/ kg atau sekitar 3.4% ($k=2$, dengan tingkat kepercayaan 95%) pada konsentrasi 211 mg/kg. Nilai ketidakpastian ini cukup baik bila dibandingkan dengan batas nilai ketidakpastian yang diperoleh dari persamaan Horwitz, dimana pada rentang 200 mg/kg nilai ketidakpastiannya adalah sebesar 6.3%.

Kata kunci: ketidakpastian, asam benzoat, kromatografi cair, diode array detector

ABSTRACT

In scientific measurement, many important and strategic policies are taken based on analytical information obtained from a standard and valid method. Therefore, accurate and quality measurements become important as a guarantee that the results obtained from analytical procedures are comparable and accountable as it is closely related to the consumer protection and safety. One parameter that can be used as a guarantee of reliability in a measurement is an estimation of its measurement uncertainty. This article will discuss the calculation of measurement uncertainty of benzoic acid in soft drinks using high performance liquid-chromatography diode array detectors (HPLC-DAD) with external calibration techniques. Based on the sources of uncertainty that have been quantized, an uncertainty value of 7.2 mg / kg or around 3.4% ($k = 2$) was obtained, with a confidence level 95%) at a concentration of 211 mg/kg. This uncertainty value is sufficiently good when compared to the limit of uncertainty values obtained from the Horwitz equation, which is 6.3% for the concentration 200 mg/kg.

Key word: uncertainty, benzoic acid, liquid chromatography, diode array detector

PENDAHULUAN

Perhitungan ketidakpastian merupakan bagian yang tidak terpisahkan

dalam pengukuran kimia. Nilai ketidakpastian menunjukkan kuantitasi atas besaran yang mencerminkan sebaran dari hasil suatu pengukuran. Berdasarkan

International Vocabulary of Metrology (VIM 2012), ketidakpastian adalah “parameter non-negatif yang mengkarakterisasi dispersi/sebaran dari nilai kuantitas yang menyertai hasil pengukuran dan diperoleh berdasarkan informasi yang digunakan” [1]. Pada pengukuran konvensional, ketidakpastian umumnya tidak dikuantitasi dan dinyatakan untuk menyertai nilai hasil pengukuran. Namun seiring dengan kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan, nilai ketidakpastian menjadi hal yang sangat penting karena selain sebagai salah satu jaminan kualitas pengukuran, nilai ketidakpastian juga memiliki konsekuensi ekonomi terhadap aktivitas pengukuran dan kalibrasi secara global.

Kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) merupakan teknik pengukuran yang sangat umum dan telah dikenal sejak lama untuk digunakan dalam pemisahan, identifikasi dan kuantitasi senyawa organik baik dalam bentuk murni maupun campuran. Untuk melakukan kuantifikasi atau identifikasi, KCKT umumnya dipasangkan dengan detektor untuk menangkap dan mengkonversi sinyal sesuai dengan kebutuhan analisis. Jenis-jenis detektor yang umum dipasangkan dengan alat KCKT diantaranya adalah detektor UV-Vis, diode array, fluorescence, spektroskopi massa, refraktif indeks, elektrokimia dan detektor hamburan cahaya. Pemilihan detektor ditentukan sesuai dengan kebutuhan analisis dan karakteristik senyawa target seperti berat molekul, polaritas, atau absorbansinya [2]. Meskipun detektor yang digunakan

berbeda, secara umum estimasi penentuan ketidakpastian menggunakan teknik KCKT atau kromatografi lainnya (kromatografi gas dan lapis tipis) memiliki sumber dan cara penentuan yang mirip. Perbedaan yang mungkin timbul pada saat estimasi ketidakpastian salah satunya dapat berasal dari perbedaan teknik kalibrasi yang diterapkan pada sampel (kalibrasi internal, eksternal atau point match). Pada artikel ini akan dibahas mengenai salah satu aplikasi estimasi ketidakpastian pengukuran senyawa organik yaitu penentuan asam benzoat dalam minuman ringan menggunakan KCKT dengan detektor diode array (DAD) dan teknik kalibrasi eksternal.

KCKT-DAD merupakan kromatografi cair kinerja tinggi yang dipasangkan dengan detektor multi-panjang gelombang yang dapat melakukan analisis pada beberapa panjang gelombang sekaligus secara simultan dengan rentang yang cukup lebar (190-950 nm). Berbeda dengan detektor UV-Vis yang hanya memiliki satu sisi penerima cahaya, DAD memiliki banyak diode array untuk menangkap cahaya yang dipantulkan oleh kisi sehingga dapat menangkap sinyal secara simultan dari beberapa panjang gelombang [3]. Hal ini yang menjadikan penggunaan detektor DAD lebih menguntungkan dan efisien dibandingkan penggunaan detektor UV-Vis biasa.

Pada pengukuran senyawa organik, KCKT-DAD banyak digunakan untuk analisis senyawa polar maupun nonpolar terutama senyawa non-volatile yang tidak dapat dianalisis menggunakan kromatografi

gas. Aplikasi analisis senyawa organik menggunakan KCKT-DAD yang telah dipublikasikan diantaranya pada pengukuran pestisida [4], bahan tambahan pangan [5], senyawa fenolik [6] dan vitamin C [7]. Hal yang penting dalam melakukan analisis menggunakan KCKT adalah tahapan preparasi sampel sebelum diinjeksikan. Secara garis besar tahapan preparasi sampel menggunakan KCKT dapat dibagi menjadi 4 (empat) yaitu:

1. Pengambilan sampel

Teknik pengambilan sampel dan juga penyimpanannya sangat bergantung dari karakteristik sampel itu sendiri. Contohnya untuk sampel gas terdapat metode grab sampling dimana sampel gas dipindahkan menggunakan syringe atau kantong plastik khusus, teknik lain yang dapat digunakan adalah dengan headspace sampling [8]. Pemilihan metode sampling harus dilakukan secara tepat untuk mendapatkan hasil yang dapat mewakili keseluruhan target analit yang akan diukur.

2. Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk melakukan proses transfer analit target kedalam fasa yang diinginkan. Teknik ekstraksi yang umum dilakukan pada KCKT diantaranya adalah melalui sentrifugasi, presipitasi, ekstraksi cair-cair, ekstraksi fasa padat, ekstraksi ultrasonik, dan ekstraksi dengan pemekatan.

3. Proses pembersihan

Proses pembersihan atau clean up dilakukan untuk membersihkan hasil ekstrak yang didapat. Proses clean up ini

dapat dilakukan dengan filtrasi, penambahan karbon hitam atau penambahan magnesium sulfat. Selain itu, clean up juga dapat dilakukan menggunakan teknik khusus lainnya misalnya pada analisis senyawa aflatoxin menggunakan teknik immunoassay [9].

4. Derivatisasi

Proses derivatisasi dilakukan untuk mengubah struktur suatu senyawa kimia sehingga senyawa tersebut lebih stabil dan mudah untuk diukur atau dipisahkan. Proses derivatisasi secara garis besar dapat dibagi menjadi dua tipe: pre-column dan post-column derivatisasi. Perbedaannya terletak pada waktu dari proses derivatisasinya. Pre-column derivatisasi dilakukan sebelum senyawa dianalisis kedalam kolom misalnya dengan penambahan reagen tertentu atau penguapan, sedangkan post-kolom dilakukan setelah senyawa memasuki kolom contohnya dengan melakukan reaksi fotokimia menggunakan cahaya pada pengukuran fenilalanin [10]

METODE PENELITIAN

Metode analisis sederhana diterapkan pada sampel minuman ringan. Sampel minuman ringan terlebih dahulu dididihkan selama 10 menit untuk menghilangkan gas. Selanjutnya sebanyak 1 mL sampel diencerkan 20 kali secara gravimetri menggunakan metanol dan dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan PTFE syringe. Larutan hasil filtrasi kemudian dianalisis menggunakan teknik eksternal kalibrasi dengan instrument KCKT DAD. Kurva kalibrasi dibuat dengan

rentang 1 sampai 40 mg/kg dengan 6 titik kalibrasi (1,5,10,20,30 dan 40 mg/kg) dari larutan induk asam benzoat dengan konsentrasi 5000 mg/kg. Pembuatan kurva kalibrasi juga dilakukan secara gravimetri. Konsentrasi sampel dihitung berdasarkan rumus:

$$C_x = C_{hplc} \times \frac{W_{akhir}}{W_{sampel}}$$

Dimana:

C_x : konsentrasi akhir (mg/kg)

C_{hplc} : konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (mg/kg)

W_{akhir} : massa sampel setelah diencerkan (g)

W_{sampel} : massa sampel sebelum diencerkan (g)

Studi presisi dilakukan dengan cara menganalisis 10 replikasi sampel pada hari yang sama untuk memperoleh standar deviasi dan standar deviasi relative pengukuran. Sedangkan studi akurasi dilakukan melalui studi perolehan kembali menggunakan sampel blanko yang di spike dengan larutan standar pada konsentrasi 200 mg/kg.

Penentuan dan perhitungan sumber-sumber ketidakpastian pada pengukuran menggunakan KCKT-DAD terdiri atas:
1. Ketidakpastian dari jumlah sampel yang digunakan dalam pengukuran

Pengambilan sampel (gravimetri atau volumetri) dapat memberikan ketidakpastian pada nilai pengukuran meskipun umumnya nilai ketidakpastian yang dihasilkan sangat kecil bila dibandingkan dengan sumber lain, kuantifikasi ketidakpastian dari nilai ini umumnya dilakukan berdasarkan informasi dari sertifikat kalibrasi alat yang digunakan.

2. Ketidakpastian dari perolehan kembali (akurasi)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengevaluasi akurasi suatu pengukuran adalah dengan melakukan analisis terhadap Certified Reference Materials (CRM) untuk melihat kedekatan antara nilai hasil pengukuran dengan yang tertera pada sertifikat CRM. Apabila pengukuran dengan CRM tidak memungkinkan, dapat dilakukan penambahan analit target kedalam sampel blanko. Kuantifikasi dari nilai ketidakpastian ini dapat diperoleh dari persamaan:

$$u_R = R \sqrt{\left(\frac{u_{C_{obs}}}{C_{obs}}\right)^2 + \left(\frac{u_{C_{ref}}}{C_{ref}}\right)^2}$$

Dimana:

u_R :Ketidakpastian baku dari perolehan kembali

R :Nilai perolehan kembali

u_{Cobs} :Ketidakpastian baku dari konsentrasi hasil pengamatan/ analisis

C_{obs} :Konsentrasi hasil pengamatan/ analisis

u_{Cref} :Ketidakpastian baku dari nilai konsentrasi acuan

C_{ref} :Konsentrasi acuan

3. Ketidakpastian dari keberulangan analisis (presisi)

Ketidakpastian ini diperoleh dari serangkaian replikasi pengukuran yang dilakukan baik dalam hari yang sama (presisi) ataupun berbeda (intermediate presisi). Untuk mendapatkan kuantifikasi dari nilai ini, dapat digunakan persamaan:

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

Dimana:

SD :Standar deviasi dari pengukuran
 n :Jumlah replikasi
 4. Ketidakpastian dari nilai konsentrasi standar

Ketidakpastian yang dihasilkan dari nilai konsentrasi ini dapat berasal dari konsentrasi standar yang dibuat. Penentuan kuantitasnya dapat diperoleh dari perhitungan ketidakpastian gravimetri atau volumetri sesuai dengan proses pembuatan standar yang digunakan, selain itu nilai kemurnian dari standar yang digunakan juga diperhitungkan dalam estimasi ketidakpastian. Umumnya nilai ketidakpastian ini dihitung dari nilai ketidakpastian larutan standar yang berada pada titik tengah kurva kalibrasi

5. Ketidakpastian dari kalibrasi

Kurva kalibrasi dari suatu pengukuran analitis diperoleh dengan cara melakukan fitting terhadap suatu set eksperimental data kedalam bentuk suatu persamaan tertentu (linear, logaritma atau eksponensial) [12]. Persamaan yang paling umum dalam teknik kalibrasi eksternal adalah persamaan linear dalam bentuk non-zero intercept dengan persamaan:

$$y = bx \pm a$$

Penentuan ketidakpastian dari kurva kalibrasi dapat dilakukan menggunakan persamaan ketidakpastian fitting linear dengan penentuan standar deviasi dari residual error ($S_{y/x}$) melalui persamaan:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}}$$

Dimana:

y_i : Nilai respon alat yang terukur

\hat{y}_i : Nilai y hasil perhitungan dari persamaan kalibrasi

n : Jumlah titik kalibrasi

Untuk mendapatkan nilai ketidakpastian suatu sampel di konsentrasi tertentu (x_0) pada kurva kalibrasi, dapat digunakan persamaan:

$$S_{x_0,R} = \frac{S_{y/x}}{b} \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{(y_0 - \bar{y})^2}{b^2 \sum_i (x_i - \bar{x})^2}}$$

Dimana:

b : Kemiringan kurva kalibrasi

m : Jumlah replikasi sampel

n : Jumlah titik kalibrasi

y_0 : Sinyal yang dihasilkan oleh sampel

\bar{y} : Rata-rata nilai sinyal kurva kalibrasi

x_i : Nilai konsentrasi kurva kalibrasi

Rata-rata nilai konsentrasi kurva kalibrasi

Kelima komponen utama tersebut (dan komponen lain yang masih berkaitan jika ada) dikuantifikasi dan dikombinasikan untuk mendapatkan ketidakpastian gabungan (u_c), selanjutnya u_c diperluas sebesar faktor cakupan (k) untuk mendapatkan ketidakpastian yang diperluas (U) [13].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa dokumen acuan yang dapat digunakan sebagai panduan untuk melakukan estimasi ketidakpastian dalam pengukuran kimia diantaranya adalah JCGM 100:2008 dan EURACHEM/CITAC Guide [1,14]. Berdasarkan dokumen tersebut, terdapat beberapa pendekatan untuk menghitung dan mengkuantifikasi nilai ketidakpastian, diantaranya yaitu dengan menggunakan koefisien sensitifitas, pendekatan persamaan simple rule atau

Kragten spreadsheet. Pada pembahasan ini akan dilakukan penentuan nilai ketidakpastian dengan pendekatan persamaan simple rule. Langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan evaluasi ketidakpastian adalah mengidentifikasi sumber-sumber yang dapat menjadi komponen ketidakpastian dalam pengukuran. Berdasarkan metode analisis sampel yang sudah dijelaskan diatas dapat dilakukan identifikasi terhadap sumber-sumber utama ketidakpastian pengukurannya, yaitu:

1. Ketidakpastian dari pengambilan sampel (u_{m1}).
2. Ketidakpastian dari pengenceran sampel (u_{m2}).
3. Ketidakpastian dari presisi metode ($u_{presisi}$).

$$u_c(x) = C_x \sqrt{\left(\frac{u_{m1}}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{u_{m2}}{m_2}\right)^2 + \left(\frac{u_{Chpic}}{C_{hpic}}\right)^2 + \left(\frac{u_{rec}}{Rec}\right)^2 + \left(\frac{u_{presisi}}{1}\right)^2 + \left(\frac{u_{Cstd}}{C_{std}}\right)^2}$$

Seperti telah dijelaskan sebelumnya mengenai beberapa cara untuk mengkuantifikasi nilai ketidakpastian dari masing-masing komponen ketidakpastian, maka akan didapat

4. Ketidakpastian dari akurasi metode (u_{rec}).
5. Ketidakpastian dari pembuatan larutan standar untuk kurva kalibrasi (u_{Cstd}).
6. Ketidakpastian dari kurva kalibrasi (u_{Chpic}).

Sumber-sumber utama tersebut kemudian dikuantifikasi dan digabungkan untuk memperoleh ketidakpastian gabungan (u_c) melalui pendekatan simple rule berdasarkan Eurachem guide.

Pada pengukuran menggunakan teknik eksternal kalibrasi, diperoleh nilai konsentrasi akhir asam benzoat dalam sampel minuman ringan adalah sebesar 211 mg/kg. Dengan C_x sebagai konsentrasi akhir sampel, nilai ketidakpastian gabungan dari pengukuran sampel dapat dihitung berdasarkan persamaan:

ketidakpastian standar untuk setiap komponen (u). Masing-masing komponen ketidakpastian dan nilainya serta ketidakpastian gabungan dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Komponen ketidakpastian dari pengukuran asam benzoat dalam sampel minuman ringan

No	Sumber Ketidakpastian	Nilai	ketidakpastian standar (u)	Satuan
1	Pengambilan sampel	1	2.12132E-05	g
2	pengenceran sampel	20	2.12132E-05	g
3	Presisi metode	1	0.005614556	
4	kurva kalibrasi (C_{hpic})	8.992766	0.063693521	mg/kg
5	Perolehan kembali	0.996	0.014230251	
6	larutan standar (titik tengah)	21.04243	0.050210625	mg/kg
ketidakpastian gabungan (u)		3.6		mg/kg

Selanjutnya ketidakpastian gabungan yang diperoleh dikalikan dengan faktor cakupan

(k) untuk mendapatkan nilai ketidakpastian yang diperluas. Umumnya faktor cakupan

yang digunakan adalah $k=2$ yang menunjukkan tingkat kepercayaan pengukuran sebesar 95%. Untuk pengukuran tertentu, faktor cakupan ini dapat berubah dan dihitung secara teoritis sesuai dengan informasi analitis yang diperoleh yang berkaitan dengan pengukuran yang dilakukan. Nilai

ketidakpastian yang diperluas inilah yang biasanya dinyatakan dalam laporan hasil pengukuran sebagai nilai ketidakpastian pengukuran. Nilai ketidakpastian pengukuran asam benzoat dalam sampel minuman ringan menggunakan KCKT-DAD dapat dilihat pada tabel 2 dibawah

Tabel 2. Nilai konsentrasi asam benzoat dalam sampel minuman ringan dan ketidakpastiannya.

No	Konsentrasi asam benzoat dalam sampel (mg/kg)	ketidakpastian yang diperluas ($k=2, 95\%$) (mg/kg)	% ketidakpastian
1	211	7.2	3.4

Untuk mengevaluasi nilai ketidakpastian yang diperoleh dari pengukuran sampel, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan membandingkan persentasi nilai ketidakpastian dengan nilai presisi dari persamaan Horwitz [15]. Pada rentang 100-500 ppm (mg/kg), nilai presisi yang diperoleh dari persamaan Horwitz adalah sebesar 6.3%. Hal ini menunjukkan

nilai ketidakpastian yang diperoleh pada pengukuran sampel (3.4%) dapat diterima dengan baik karena masih lebih rendah dibandingkan presisi yang diperoleh dari persamaan Horwitz. Sehingga dapat dinyatakan bahwa pengukuran yang telah dilakukan memberikan nilai ketidakpastian yang wajar dan dapat diterima

KESIMPULAN

Perhitungan estimasi ketidakpastian pengukuran dalam analisis senyawa asam benzoat menggunakan KCKT-DAD telah dilakukan dengan sumber utama komponen ketidakpastian terdiri dari proses penimbangan sampel, proses pengenceran sampel, proses pembuatan larutan standar, studi akurasi pengukuran, studi presisi pengukuran dan kurva kalibrasi. Hasil perhitungan memberikan nilai

ketidakpastian sebesar 7.2 mg/kg atau sebesar 3.4% pada konsentrasi 211 mg/kg. Berdasarkan evaluasi ketidakpastian pengukuran yang dilakukan, dapat dinyatakan bahwa pengukuran yang telah dilakukan memberikan nilai ketidakpastian yang baik serta dapat digunakan sebagai salah satu jaminan mutu yang menunjukkan keandalan dari pengukuran.

DAFTAR RUJUKAN

[1] JCGM. JCGM 200:2012 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition. 2012.



- [2] K. Ramni, K. Navneet, U. Ashutosh, O.P. Suri dan T. Arti. *High Performance Liquid Chromatography Detectors-A Review*. IRJP 2011; 2(5): 1-7.
- [3] <https://www.agilent.com/cs/library/slides/Presentation/Public/2%20Diode%20Array%20Detector%20Optimization.pdf>. Diakses Januari 2017.
- [4] S. Topuz, G. Ozhan, B. Alpertunga. 2005. *Simultaneous determination of various pesticides in fruit juices by HPLC-DAD*. Food Control 16(2005): 87-92.
- [5] K. Maa, Y.N. Yang, X.X. Jiang, M. Zhao dan Y.Q. Cai. *Simultaneous determination of 20 food additives by high performance liquid chromatography with photo-diode array detector*. Chinese Chemical Letters 23(2012): 492-495.
- [6] K. Moussi, B. Nayak, L.B. Perkins, F. Dahmoune, K. Madani dan M. Chibane . *HPLC-DAD profile of phenolic compounds and antioxidant activity of leaves extract of Rhamnus alaternus L*. Industrial Crops and Product 74(2015): 858-866.
- [7] A. Mazurek dan J. Jamroz. *Precision of dehydroascorbic acid quantitation with the use of the subtraction method – Validation of HPLC–DAD method for determination of total vitamin C in food*. Food Chemistry 173(2015): 543-550.
- [8] https://www.agilent.com/cs/library/presentations/Public/5991-3326EN_SPHB.pdf. Diakses pada Januari 2017.
- [9] W.M.W. Ainiza, S. Jinap dan M. Sanny. *Simultaneous determination of aflatoxins and ochratoxin A in single and mixed spices*. Food Control 50(2015): 913-918.
- [10] S.M. Lunte. Pre- and post-column derivatization reactions for liquid chromatography electrochemistry. Trends in Analytical Chemistry 1991; 10(3): 97-102.
- [11] P. Konieczka dan J. Namiesnik. *Estimating uncertainty in analytical procedures based on chromatographic techniques*. Journal of Chromatography A. 1217(2010): 882-891.
- [12] JCGM. JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement: first edition. 2008.
- [13] D. Stone dan J. Ellis. *Calibration and Linear Regression Analysis: A Self-Guided Tutorial Part 2 – The Calibration Curve, Correlation Coefficient and Confidence Limits CHM314*. Instrumental Analysis Department of Chemistry, University of Toronto.
- [14] 14. EURACHEM / CITAC Guide CG 4, 2012. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement: third edition.2012.
- [15] Y.V. Heyden dan J.S.Verbeke. Set-up and evaluation of interlaboratory studies. Journal of Chromatography A 1158(2017): 158-167

TANYA JAWAB**PEMAKALAH** : Dillani**PENANYA** : Sri Mulyani**PERTANYAAN** :

Untuk ketidakpastian pada data terakhir presisinya dari linearitasnya ya? Itu ada satuan yg ga sama terus bikin ke ketidakpastian yg digabungkan itu gimana, harusnya kan satuannya sama. Di linearitas itukan ada yg kecil sekali itu gimana

JAWABAN :

Presisi dari pengulangan sampel. Ketidakpastiannya dihitung pake rumus std dev dan akarnya. Linearitas pake kurva kalibrasi. Satuannya nanti hilang karena hasil pembagian dari akarnya. Ketidakpastian pengukuran sebanding dengan konsentrasi.