

# ANALISIS HASIL PENGUJIAN DAN KALIBRASI *SYRINGE PUMP* PARAMETER *FLOWRATE* DAN *OCCCLUSION* MENGGUNAKAN METODE ISO GUM DAN METODE KRAGTEN

Nadia Angelin<sup>1</sup>, Nur Hadziqoh<sup>1</sup>, Nani Lasiyah<sup>1</sup>, Rino ferdian Surakusumah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Kesehatan, Institut Kesehatan dan Teknologi Al Insyirah, Pekanbaru, 28289, Indonesia

Info Artikel	Abstrak
<p>Riwayat Artikel:  Tanggal Dikirim: 28 November 2025  Tanggal Diterima: 11 Desember 2025  Tanggal DiPublish: 12 Desember 2025</p> <p><b>Kata kunci:</b> Kalibrasi; Estimasi Ketidakpastian; Metode ISO GUM; Syringe Pump</p> <p><b>Penulis Korespondensi:</b>  Nur Hadziqoh  Email: <a href="mailto:nur.hadziqoh@ikta.ac.id">nur.hadziqoh@ikta.ac.id</a></p>	<p><b>Latar belakang:</b> <i>Syringe pump</i> merupakan alat penting untuk memberikan cairan dan obat dalam dosis kecil secara akurat dan kontinu, sehingga kesalahan kerja dapat membahayakan pasien. Untuk menjamin keandalannya, alat ini perlu diuji dan dikalibrasi secara berkala, terutama pada parameter <i>flowrate</i> dan <i>occlusion test</i> karena keduanya berperan penting dalam kelancaran terapi. Selain itu, analisis ketidakpastian pengukuran seperti metode ISO GUM masih belum optimal diterapkan, sehingga penelitian ini diperlukan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang akurasi dan keandalan kalibrasi <i>syringe pump</i>.</p> <p><b>Tujuan:</b> menganalisis hasil pengujian dan kalibrasi parameter <i>flowrate</i> dan <i>occlusion test</i> pada <i>syringe pump</i> menggunakan pendekatan ISO GUM untuk menghitung ketidakpastian pengukuran secara sistematis.</p> <p><b>Metode:</b> menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan objek <i>syringe pump</i> Medcaptain Sys-3010, di mana data diperoleh melalui kalibrasi langsung sesuai standar MK 047-18 Kemenkes RI. Pengujian dilakukan pada parameter <i>flowrate</i> sebesar 10, 50, dan 100 ml/h serta <i>occlusion test</i> pada 100 ml/h dengan bantuan <i>Infusion Device Analyzer</i> (IDA) sebagai alat standar. Data yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan dua metode estimasi ketidakpastian, yaitu ISO GUM dan Kragten, untuk menghitung dan membandingkan ketidakpastian pengukuran secara menyeluruh, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif mengenai keandalan hasil pengujian <i>syringe pump</i> tersebut.</p> <p><b>Hasil:</b> Hasil pengujian pada <i>syringe pump</i> Medcaptain Sys-3010 menunjukkan bahwa metode ISO GUM dan Kragten menghasilkan nilai ketidakpastian yang sangat berdekatan pada seluruh titik ukur. Pada parameter <i>flowrate</i>, ketidakpastian diperluas masing-masing berada di kisaran <math>\pm 0,18</math> ml/h (10 ml/h), <math>\pm 0,64</math> ml/h (50 ml/h), dan <math>\pm 0,80</math> ml/h (100 ml/h) untuk kedua metode, sedangkan pada <i>occlusion test</i> di 100 ml/h diperoleh nilai ketidakpastian yang sama, yaitu <math>\pm 0,9084</math> Psi. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan dalam analisis ketidakpastian pengukuran <i>syringe pump</i>.</p> <p><b>Kesimpulan:</b> hasil pengujian dan analisis ketidakpastian pada <i>syringe pump</i> Medcaptain Sys-3010 menggunakan metode ISO GUM dan Kragten memberikan nilai ketidakpastian yang konsisten pada parameter <i>flowrate</i> dan <i>occlusion test</i>. Kedua metode menghasilkan estimasi ketidakpastian yang berada dalam batas toleransi standar kalibrasi alat kesehatan, sehingga <i>syringe pump</i> Sys-3010 dinyatakan memiliki kinerja yang akurat dan layak digunakan. Metode ISO GUM dinilai lebih sistematis dan terstruktur dalam menentukan ketidakpastian, sementara metode Kragten lebih praktis dalam perhitungannya namun tetap memberikan hasil yang sebanding.</p>

Jurnal Mutiara Elektromedik  
e-ISSN: 2614-7963  
Vol. 9 No. 2 Desember, 2025 (Hal 104-112)

Homepage: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Elektromedik>  
DOI: <https://doi.org/10.51544/elektromedik.v9i2.6492>

**How To Cite:** Angelin, Nadia, Nur Hadziqoh, Nani Lasiyah, and Rino ferdian Surakusumah. 2025. "Analisis Hasil Pengujian Dan Kalibrasi Syringe Pump Parameter Flowrate Dan Occlusion Menggunakan Metode ISO GUM Dan Metode Kragten." *Jurnal Mutiara Elektromedik* 9 (2): 104–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.51544/elektromedik.v9i2.6492>.



Copyright © 2025 by the Authors, Published by Program Studi: Teknologi Elektromedik Fakultas Pendidikan Vokasi Universitas Sari Mutiara Indonesia. This is an open access article under the CC BY-SA Licence ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)).

## 1. Pendahuluan

Pengukuran digunakan untuk menentukan nilai sebenarnya dari ukuran fisik. Setiap hasil pengukuran pasti memiliki tingkat ketidakpastian, yang menunjukkan seberapa besar kemungkinan hasil pengukuran tersebut berbeda dari nilai sebenarnya[1]. Untuk memastikan bahwa hasil eksperimen akurat dan tepat, diperlukan ketidakpastian dalam pengukuran karena ketidakpastian menunjukkan seberapa dekat pengukuran dengan nilai sebenarnya dan perkiraan ini menunjukkan bahwa laboratorium mempertimbangkan kemungkinan kesalahan saat menentukan nilai sebenarnya[2].

Standar umum untuk memperkirakan ketidakpastian pengukuran di berbagai bidang, termasuk bidang kesehatan, adalah Metode Pedoman *International Organization for Standardization* (ISO GUM). Namun, metode ISO GUM memerlukan perhitungan yang kompleks untuk mendapatkan nilai ketidakpastian. Untuk sebagian besar aplikasi ilmiah dan teknis, metode Kragten adalah alternatif yang sangat sederhana dan akurat untuk menghitung ketidakpastian, dengan risiko kesalahan perhitungan atau kesalahan yang rendah[3]. Adanya Nilai Skala Terkecil (NST), kesalahan dalam kalibrasi, penyimpangan pada titik nol, perubahan satuan parameter pengukuran, teknik pengambilan sampel, tingkat homogenitas sampel, kondisi alat uji, ketidaksempurnaan dalam metode pengujian atau pengukuran, pengaruh operator, dan kondisi lingkungan sekitar merupakan beberapa faktor penyebab ketidakpastian[4].

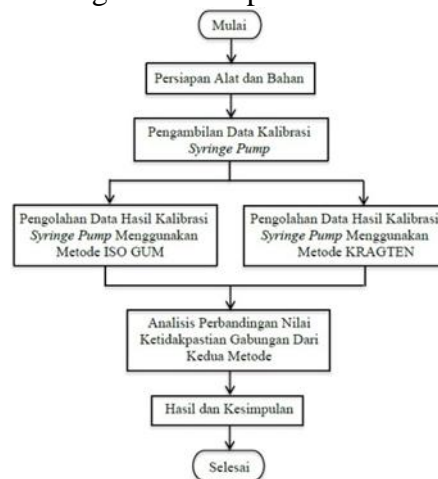
Ada dua penyebab utama ketidakpastian pengukuran: Pertama, ketidakpastian sistematis berasal dari peralatan pengukuran yang digunakan atau dari berbagai faktor yang terlibat dalam proses pengukuran. Jika ketidakpastian berasal dari peralatan pengukuran, maka akan ada tingkat ketidakpastian yang sama setiap kali instrumen digunakan[5]. Kedua, ketidakpastian acak adalah variasi tak terduga dalam hasil pengukuran yang disebabkan oleh hal-hal seperti kebisingan instrumen, kesalahan pengamatan, atau kondisi lingkungan yang tidak stabil. Untuk mengurangi dampaknya, perlu dilakukan pengulangan pengukuran dan menggunakan perhitungan rata-rata untuk mendekatkan hasil pengukuran ke nilai yang tepat[6].

Dalam dunia kedokteran, syringe pump adalah alat keselamatan pasien yang banyak digunakan yang digunakan untuk memberikan cairan atau obat dalam dosis kecil. Keakuratan alat ini sangat penting untuk menghindari risiko kelebihan atau kekurangan dosis yang dapat membahayakan pasien, terutama dalam pengobatan kanker dan perawatan intensif. Untuk memastikan keakuratannya, pengukuran harus dianalisis estimasi ketidakpastiannya dengan menggunakan metode ISO GUM dan metode Kragten[7]. Proses kalibrasi *syringe pump* didasarkan pada Metode Kerja Pengujian *syringe pump* (MK 047-18), yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia[8].

Penelitian yang dilakukan oleh (Laia & Yulizham, 2022) tentang Analisis Hasil Kalibrasi Pada Alat *Syringe Pump*, dimana studi ini menggunakan metode ISO GUM sebagai analisis ketidakpastian karena pentingnya akurasi dan presisi alat syringe pump untuk menjamin keselamatan pasien, terutama pada pasien yang menjalani pengobatan kanker dan perawatan intensif. Dari penelitian terdahulu, maka dilakukan analisis perhitungan estimasi ketidakpastian tidak hanya menggunakan ISO GUM, tetapi juga membandingkan dengan metode Kragten.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis hasil kalibrasi pada alat syringe pump dengan metode ISO Gum dan metode Kragten. Melakukan persiapan semua alat dan bahan yang diperlukan untuk proses kalibrasi *Syringe Pump*. Dimana mencakup pengecekan fungsi alat serta penyusunan instrumen pendukung sesuai dengan standar kalibrasi, data kalibrasi *syringe pump* diambil melalui pengujian langsung menggunakan prosedur Metode Kerja *Syringe Pump*. Data yang diambil pada adalah parameter kecepatan laju aliran (*flow meter*) dan kemampatan (*Occlusion*) pada alat *Syringe Pump*, data kalibrasi kemudian dihitung dengan menggunakan metode ISO Gum (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*) dimana metode ini menggunakan hitungan yang didasarkan pada pendekatan analitik sistematis dengan sumber ketidakpastian. Metode Kragten merupakan sebuah pendekatan numerik untuk memperkirakan ketidakpastian yang digunakan untuk menyederhanakan perhitungan, dimana data kalibrasi yang sama diproses ulang dengan menggunakan metode ini dan untuk menunjukkan kelebihan dan kekurangan masing-masing metode serta memastikan bahwa hasilnya konsisten, hasil pengolahan data dari kedua metode dibandingkan dengan data empiris.



Gambar 1. Diagram Alur Eksperimen

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan pada percobaan perbandingan dua metode antara metode ISO Gum dan metode Kragten adalah alat syringe pump dengan merk MEDCAPTAIN type Sys-3010.



Gambar 2. Alat *Syringe Pump*

Analisis perbandingan estimasi ketidakpastian dua metode antara metode ISO Gum dan metode Kragten ini pengolahan datanya menggunakan microsoft excel, untuk mempermudah dalam proses pengolahan dan dalam melakukan perbandingan dengan data empiris.

## 2.1 Metode ISO GUM

Ketidakpastian standar, nilai koefisien sensitivitas, ketidakpastian standar gabungan, dan ketidakpastian yang bentangan merupakan komponen dari ketidakpastian pengukuran yang digunakan untuk kalibrasi. GUM biasanya menggunakan metode ini untuk menghitung ketidakpastian pengukuran[9]. Ketidakpastian tipe A dan tipe B dihitung dengan pemodelan. Ketidakpastian tipe A dihasilkan dari deviasi standar dari rata-rata pengukuran berulang, spesifikasi manufaktur atau ketidakpastian non-statistik adalah ketidakpastian tipe B[10].

Ketidakpastian Tipe A dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut[11]:

- a. Perhitungan nilai rata-rata:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.1)$$

Dimana  $\bar{X}$  sebagai nilai rata-rata,  $x_i$  sebagai data ke-i dan  $n$  banyak data.

- b. Standar Deviasi (Stdev)

$$\sigma = \frac{\sqrt{1}}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (1.2)$$

Dimana  $\sigma$  sebagai standar deviasi,  $\bar{X}$  nilai rata-rata,  $x_i$  data ke-i dan  $n$  banyak data.

- c. Ketidakpastian Baku ( $U_a$ ):

$$U_a = \frac{S_{tdev}}{\sqrt{n}} \quad (1.3)$$

Dimana  $U_a$  sebagai ketidakpastian baku tipe A,  $S_{tdev}$  nilai perhitungan standar deviasi dan  $n$  sebagai banyak data. Ketidakpastian tipe B dihitung melalui penggunaan data non statistik dan didasarkan pada asumsi distribusi seragam nilai probabilitas kuantitas dalam batasan tertentu dengan persamaan:

$$U_b(x_i) = \frac{\Delta x_i}{k} \quad (1.4)$$

Dimana  $U_b(x_i)$  sebagai ketidakpastian tipe B berdasarkan referensi ke-i,  $\Delta x_i$  data referensi dan  $k$  nilai hukum distribusi. Menghitung ketidakpastian gabungan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$U_c = \sqrt{(U_a \times C_i)^2 + (U_b(x_i) \times C_i)^2} \quad (1.5)$$

Dimana  $U_c$  sebagai ketidakpastian gabungan,  $U_a$  sebagai ketidakpastian baku tipe A,  $C_i$  sebagai koefisien sensitivitas dan  $U_b(x_i)$  ketidakpastian tipe B. Menghitung ketidakpastian bentangan ( $U$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$U = k \times U_c \quad (1.6)$$

Dimana  $U$  sebagai ketidakpastian bentangan,  $k$  adalah faktor cakupan dan  $U_c$  adalah ketidakpastian gabungan.

## 2.2 Pengukuran dan pengumpulan data

Jelaskan instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data dan tunjukkan apakah instrumen tersebut dikembangkan oleh peneliti, diadopsi, atau diadaptasi dari penelitian sebelumnya, dengan mengutip dan merujuk sumber-sumber tersebut secara tepat. Cantumkan informasi mengenai validitas dan reliabilitas instrumen serta rincian mengenai skala, interpretasi, dan administrasi. Jika instrumen diterjemahkan dari bahasa aslinya, jelaskan langkah-langkah yang diambil untuk menjaga validitas dan reliabilitas versi terjemahan. Berikan

penjelasan yang jelas mengenai proses pengumpulan data, dan jika melibatkan asisten peneliti, cantumkan dalam naskah.

### 2.3 Metode Kragten

Metode Kragten sebagai langkah yang memberikan kemudahan perhitungan dengan menggunakan perbedaan sampai pertukaran turunan[12]. Metode ini mengubah hukum propagasi ketidakpastian mengenai koefisien sensitivitas  $c_i$  dengan menghitung setiap sumber ketidakpastian dengan membandingkan dua nilai: satu berdasarkan hasil pengukuran asli, dan yang lain berdasarkan hasil yang sudah dikoreksi dengan nilai ketidakpastian variabel tersebut. Metode ini cepat dan sederhana dengan data ketidakpastian setiap variabel[13].

Ketidakpastian alat standar, pengukuran berulang, dan resolusi yang didapat dari alat yang di uji (*unit under test*) merupakan faktor ketidakpastian metode ini, ketidakpastian pengukuran dapat menggunakan persamaan berikut[14]:

$$u(y(x_1, x_2, \dots, x_n)) = \sqrt{\sum_{i=1,n} \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2 + \sum_{i,k=1,n} \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\partial y}{\partial x_k} u(x_i, x_k) \right)} \quad (1.7)$$

Dimana  $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$  sebagai fungsi linear dari  $x_i$ , atau  $u(x_i)$  lebih kecil dibandingkan dengan  $x_i$ . Turunan parsialnya dapat dibuat dengan persamaan berikut:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} \approx \frac{y(x_i + u(x_i), x_2, \dots, x_n) - y(x_i)}{u(x_i)} \quad (1.8)$$

Dapat disederhanakan menjadi persamaan berikut:

$$u(y, x_i) \approx y(x_i + u(x_i), x_2, \dots, x_n) - y(x_i, x_2, \dots, x_n) \quad (1.9)$$

Dimana ketidakpastian  $u(y, x_i)$  sebagai perbedaan antara nilai  $y$  yang akan dihitung untuk  $(x_i + u(x_i))$  dan  $x_i$  pada masing-masing masukan. Menghitung  $u(y, x_2)$  hingga  $u(y, x_n)$  bisa memakai persamaan yang sama, kemudian untuk mencari ketidakpastian gabungan  $u_c(y)$  menggunakan persamaan berikut:

$$u_c(y) = \sqrt{u^2(y, x_1) + u^2(y, x_2) + u^2(y, x_n)} \quad (2.0)$$

Dimana  $u_c(y)$  merupakan ketidakpastian gabungan yang dapat dihitung dengan cara menggabungkan kontribusi ketidakpastian pada setiap variabel masukan  $(x_1, x_2, x_n)$  yang dikuadratkan dan diambil akar kuadratnya. Tahapan akhir adalah perhitungan ketidakpastian bentangan ( $U$ ) dengan persamaan dibawah ini:

$$U = u_c(y) \times k \quad (2.1)$$

Dimana ( $U$ ) adalah ketidakpastian bentangan atau akhir dari perhitungan estimasi ketidakpastian pada metode ini,  $k$  sebagai faktor cakupan yang digunakan pada interval kepercayaan 95% atau 2.

Pada metode Kragten mencari ketidakpastian memiliki aturan tersendiri yang telah ditentukan oleh “J.Kragten”[15] untuk mengisi lembar kerja pada Excel yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Lembar kerja Excel metode Kragten

		u(a)	u(b)	u(c)	u(d)
Varibel masukan	Nilai variabel masukan	0	0	0	0
A	0	$a + u(a)$	a	a	a
B	0	b	$b + u(b)$	b	b
C	0	c	d	$c + u(c)$	
D	0	d	d	d	$d + u(d)$

Hasil	$y = (a, b, c, d)$	$y = (\hat{a}, b, c, d)$	$y = (a, \hat{b}, c, d)$	$y = (a, b, \hat{c}, d)$	$y = (a, b, c, \hat{d})$
Selisih antara hasil nilai variabel masukan dengan hasil nilai variabel masukan yang bertambah		$u(y, a)$	$u(y, b)$	$u(y, c)$	$u(y, d)$
(selisih) <sup>2</sup>		$u(y, a)^2$	$u(y, b)^2$	$u(y, c)^2$	$u(y, d)^2$
Jumlah (selisih) <sup>2</sup>					
$u_c(y)$					
$k$					
$U$					

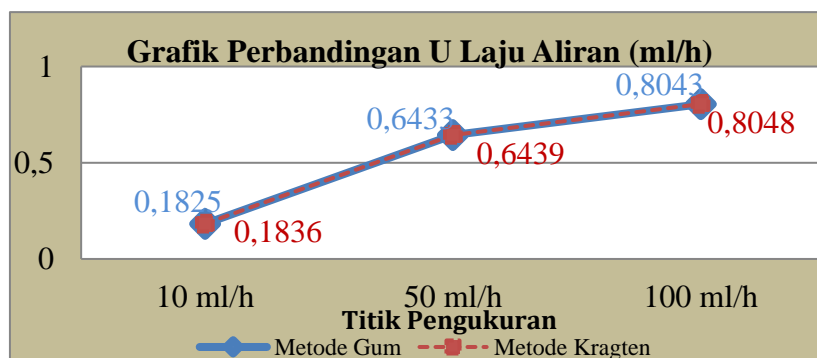
### 3. Hasil

Hasil eksperimen pada penelitian yang didapat mulai dari mempersiapkan alat dan bahan, pengambilan data kalibrasi alat syringe pump dengan cara kalibrasi langsung, kemudian dilakukannya pengolahan data hasil kalibrasi syringe pump dengan penerapan metode ISO Gum dan metode Kragten hingga proses analisis perbandingan nilai ketidakpastian bentangan dari kedua metode. Hasil yang diperoleh dari penerapan metode ISO Gum dan metode Kragten untuk 3 titik pengukuran pada parameter laju aliran (flow rate) dan 1 titik pengukuran pada uji kemampatan (occlusion) alat syringe pump yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Tabel hasil nilai estimasi ketidakpastian parameter laju aliran dan uji kemampatan penerapan metode Gum dan Kragten

Kalibrasi laju aliran ( <i>Flowrate</i> )ml/h			
Titik Ukur	Estimasi Ketidakpastian	Metode Gum	Metode Kragten
10	$u_c$	0,0899	0,0905
	$U$	0,1825	0,1836
50	$u_c$	0,2503	0,2505
	$U$	0,6433	0,6439
100	$u_c$	0,3129	0,3131
	$U$	0,8043	0,8048
Uji Kemampatan ( <i>Occlusion</i> ) Psi			
Titik Ukur	Estimasi Ketidakpastian	Metode Gum	Metode Kragten
100	$U_c$	0,3534	0,3534
	$U$	0,9084	0,9084

Berdasarkan tabel 2, Grafik perbandingan ketidakpastian bentangan ( $U$ ) dari percobaan penerapan kedua metode dengan 2 parameter pengujian dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Grafik pebandingan ketidakpastian bentangan kalibrasi laju aliran

#### 4. Pembahasan

Hasil analisis data menunjukkan bahwa metode ISO GUM dan Kragten menghasilkan estimasi ketidakpastian yang sangat mendekati di seluruh titik pengukuran. Pada titik 10 ml/h, metode Kragten memberikan nilai ketidakpastian sedikit lebih tinggi dibandingkan GUM karena sensitivitasnya terhadap fluktuasi kecil, seperti tekanan atau getaran, yang lebih berpengaruh pada laju aliran rendah. Pendekatan numerik Kragten menghitung pengaruh tiap variabel secara langsung, sementara GUM cenderung mereduksi ketidakpastian melalui pendekatan statistik yang lebih stabil. Di titik 50 ml/h, perbedaan ketidakpastian kembali terlihat, di mana Kragten menghasilkan nilai lebih besar akibat peningkatan volume fluida yang memperbesar pengaruh deviasi input. Sementara itu, metode GUM yang mengasumsikan distribusi input menghasilkan estimasi yang lebih rendah. Pada 100 ml/h, perbedaan keduanya semakin mengecil, menunjukkan bahwa sistem syringe pump lebih stabil pada aliran tinggi.

Meski demikian, Kragten tetap mencatat ketidakpastian lebih tinggi karena memperhitungkan secara eksplisit semua komponen input tanpa penyederhanaan. Sebaliknya, GUM menyatukan kontribusi variabel melalui koefisien sensitivitas. Secara keseluruhan, Kragten cenderung menghasilkan estimasi ketidakpastian yang lebih besar pada setiap titik flowrate karena memperhitungkan respons sistem terhadap variasi input secara lebih langsung. Namun, pada pengujian occlusion di titik 100 ml/h, kedua metode menunjukkan hasil identik. Hal ini terjadi karena variabel yang berpengaruh sangat terbatas dan sistem pengukuran berlangsung secara linier dan stabil, sehingga baik pendekatan numerik maupun statistik menghasilkan nilai ketidakpastian yang sama meskipun melalui proses perhitungan yang berbeda.

Pada Gambar 3, Perbedaan antara metode Kragten dan ISO GUM tidak signifikan. Dimana Kragten lebih sensitif terhadap variabel input, sedangkan ISO GUM memberikan estimasi sistematis melalui koefisien sensitivitas. ISO GUM memerlukan rumus matematis lebih rumit namun akurat, sementara Kragten lebih sederhana dan praktis. Kedua metode menghasilkan ketidakpastian laju aliran dan uji kemampuan yang masih berada di bawah batas toleransi Kemenkes ( $\pm 10\%$  untuk laju aliran dan 20 Psi untuk kemampuan), sesuai dengan kebutuhan akurasi tinggi pada syringe pump dalam pemberian cairan atau dosis obat. Nilai ketidakpastian di titik pengukuran 10 ml/h metode Gum sebesar 0,1825 ml/h, yang artinya pada saat pemberian cairan atau obat pada titik ukur tersebut memiliki nilai kesalahan  $\pm 0,1825$  ml/h dan pada metode Kragten memiliki nilai ketidakpastian sebesar 0,1836 ml/h, yang artinya pada titik pengukuran 10 ml/h memiliki kesalahan  $\pm 0,1836$  ml/h pada saat dilakukannya pemberian cairan atau dosis obat kepada pasien, begitu pula pada titik pengukuran 50 ml/h dan 100 ml/h pada parameter laju aliran dan pengujian kemampuan di titik pengukuran 100 ml/h.

#### 5. Kesimpulan

Studi ini membandingkan dua metode estimasi ketidakpastian pada syringe pump, yaitu metode sistematis ISO GUM dan metode yang lebih sederhana Kragten. Analisis menunjukkan bahwa kedua metode pada syringe pump tersebut memberikan estimasi yang sangat serupa, dengan perbedaan kecil dan masih dalam batas toleransi standar kalibrasi perangkat medis. Dalam uji laju aliran dan oklusi, hasilnya hampir identik, sedangkan dalam uji laju aliran (10, 50, dan 100 ml/jam), metode Kragten menunjukkan ketidakpastian yang sedikit lebih tinggi karena lebih

sensitif terhadap perubahan masukan dan tidak menggunakan koefisien sensitivitas. Sedangkan dalam uji penyumbatan (100 ml/jam), kedua metode memberikan hasil yang sama, yaitu 0,9084 Psi menunjukkan konsistensi dalam kondisi stabil. Secara keseluruhan, kedua pendekatan tersebut layak diterapkan dalam kalibrasi syringe pump dan dapat menjadi referensi bagi institusi kesehatan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan perangkat medis, terutama di unit perawatan intensif. Dalam kasus analisis perbandingan estimasi ketidakpastian syringe pump yang memerlukan akurasi tinggi, metode Gum lebih direkomendasikan dalam menghitung ketidakpastian dengan akurasi yang lebih tinggi dan pendekatan matematis serta sistematis, meskipun metode Kragten lebih sederhana dalam menghitung perkiraan ketidakpastian.

## 6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Kesehatan dan Teknologi Al Insyirah dan PT Digital Kalibrasi Hebat atas dukungan yang tak ternilai dalam penyelesaian penelitian ini.

## 7. Referensi

- [1] L. Listyalina et al., "STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Uji Kalibrasi Alat Ukur Massa Pada Neraca Analitik Menggunakan Metode Perbandingan Langsung," *J. SISFO Inspirasi Prof. Sist. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 24–32, 2023.
- [2] V. Agustiarini and D. Permata Wijaya, "Jurnal Penelitian Sains," *J. Penelit. Sains*, vol. 21, no. 3, pp. 163–167, 2021.
- [3] H. Johra, "Machine Translated by Google Anggaran ketidakpastian sederhana dan penilaian dengan metode Kragte Contoh untuk fisika bangunan," 2024.
- [4] T. Kristiantoro, N. Idayanti, N. Sudrajat, A. Septiani, D. Mulyadi, and D. -, "Ketidakpastian Pengukuran pada Karakteristik Material Magnet Permanen dengan Alat Ukur Permagraph," *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 16, no. 1, p. 1, 2016, doi: 10.14203/jet.v16.1-6.
- [5] F. Novafianto and C. Pabakti, "e-Modul Pengukuran," 2019.
- [6] P. Pandiangan, S. Si, M. Si, A. Arkundato, S. Si, and M. Si, "Ketidakpastian dan Pengukuran," pp. 1–44, 2018.
- [7] A. Laia and Y. Yulizham, "Analisis Kalibrasi Syringe Pump," *J. Mutiara Elektromedik*, vol. 6, no. 1, pp. 25–32, 2022, doi: 10.51544/elektromedik.v6i1.3262.
- [8] A. Saguni, "Metode Kerja Pengujian Dan Atau Kalibrasi Alat Kesehatan," *Metod. Kerja Penguji. dan atau Kalibr. Alat Kesehat.*, vol. 70, p. 32, 2018, [Online]. Available: [https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/116264/MK-Naik-Cetak\\_-583906806](https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/116264/MK-Naik-Cetak_-583906806)
- [9] E. Batista, R. Mendes, ... A. F.-... of B. and, and undefined 2020, "Calibration of Syringe Pumps Using Interferometry and Optical Methods," *Drugmetrology.Com*, vol. 14, no. 10, pp. 318–321, 2020, [Online]. Available: <https://drugmetrology.com/wp-content/uploads/2021/01/Calibration-of-Syringe-Pumps-Using-Interferometry-and-Optical-Methods.pdf>
- [10] N. Rizal, D. P. Sari, B. Cahyono, D. D. Prastyo, B. Ali, and E. Arianti, "Uncertainty Analysis Study on Seakeeping Tests of Benchmark Model," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1081, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012021.
- [11] P. et all. Joyontono, "KAN-Guide On The Evaluation And Expression Of Uncertainty In Measurement," 1967.
- [12] J. C. Damasceno and P. R. G. Couto, "Methods for Evaluation of Measurement

- Uncertainty,” Metrology, 2018, doi: 10.5772/intechopen.74873.
- [13] P. Cremona, T. Rogaume, F. Richard, and B. Batiot, “Application of the Kragten method in order to evaluate the uncertainty of the heat release rate determination using of the cone calorimeter,” J. Phys. Conf. Ser., vol. 1107, no. 3, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1107/3/032019.
  - [14] H. Johra, “Simple uncertainty budget and assessment with the Kragten method: Examples for building physics Simple uncertainty budget and assessment with the Kragten method: Examples for building physics,” no. January, 2024, doi: 10.54337/aau633631860.
  - [15] . Kragten, “Calculating Standard Deviations and Confidence Intervals with a Universally Applicable Spreadsheet Technique,” vol. 11, no. October, pp. 2161–2165, 1994.