
IDENTIFIKASI DAN PERHITUNGAN KETIDAKPASTIAN PENGUJIAN VISKOSITAS KARAGINAN MENGGUNAKAN VISKOMETER ROTARI

Identification and Calculation Uncertainty of Viscosity of Carrageenan Measurement Using Rotational Viscometer

Agusman¹, Fateha², Asmanah², Niswatin Ulya²

¹ Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. KS Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat

² Laboratorium Uji Fisik, Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. KS Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat

e-mail: mr.agusman@gmail.com

Diterima: 10 Agustus 2021, Direvisi: 26 Oktober 2021, Disetujui: 30 November 2021

Abstrak

Viskositas merupakan salah satu karakteristik mutu karaginan yang diprasyaratkan dalam SNI Karaginan 8391-1:2017. Pada pengukuran viskositas tersebut, laboratorium uji dan laboratorium sertifikasi harus melakukan evaluasi perhitungan ketidakpastian pengukuran sesuai yang disarankan dalam SNI ISO/IEC 17025:2017. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas karaginan menggunakan viskometer rotari. Pada penelitian ini, sumber ketidakpastian berhasil diidentifikasi menggunakan diagram Ishikawa (*cause-effect*), dan kontribusi dari tahapan proses terhadap ketidakpastian berhasil dihitung. Sumber ketidakpastian pada pengukuran viskositas karaginan berasal dari tahapan proses penimbangan, pengendalian dan pengukuran suhu, serta dari alat viskometer rotari. Hasil menunjukkan viskometer rotari menyumbang ketidakpastian terbesar dari tahapan lainnya, yaitu sebesar 61,59% dari total ketidakpastian gabungan. Hasil perhitungan besaran ketidakpastian gabungan adalah sebesar 0,000063. Hasil uji bahan acuan sekunder yang memiliki viskositas sebesar 71,5 cP, diperoleh ketidakpastian diperluas sebesar $\pm 0,01$ cP. pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 2.

Kata kunci: viskositas karaginan, ketidakpastian, viskometer rotari

Abstract

Viscosity is one of the quality characteristics of carrageenan which is required in Indonesian National Standard for Carrageenan (SNI 8391-1:2017). In such viscosity measurements, the test laboratory and the certification laboratory must evaluate the estimated uncertainty as suggested in SNI ISO/IEC 17025:2017. The aims of this study is to evaluate the uncertainty measurement of carrageenan viscosity solution using rotational viscometer. Present study was successfully identified sources of uncertainty using Ishikawa diagram (cause-effect diagram) and the value were calculated. The source of uncertainty in the measurement of carrageenan viscosity comes from the stages of the weighing process, controlling and measuring temperature, as well as from a rotary viscometer. The results show the rotational viscometer estimates the greatest uncertainty from the other stages, which is 61,59% of the total combined uncertainty. The calculation results show that the combined uncertainty is 0,000063. The viscosity of secondary reference material is having a viscosity of 71,5 cP, it is known that the expansion is $\pm 0,01$ cP at the 95% confidence level and coverage factor 2.

Keywords: *viscosity of carrageenan, uncertainty, rotational viscometer*

1. PENDAHULUAN

Karaginan merupakan hasil ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* atau *Kappaphycus alvarezii* yang merupakan salah satu komoditi unggulan perikanan di Indonesia. Standar kualitas tepung karaginan ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia SNI 8391-1:2017 yang salah satunya mensyaratkan pengukuran viskositas larutan karaginan 7,5% dalam air pada suhu 75°C. (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Laboratorium Fisik, Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBRP2BKP) merupakan laboratorium uji yang mendapatkan akreditasi ISO 17025 oleh KAN untuk ruang lingkup pengujian viskositas karaginan. Klausal 7.6 di dalam SNI ISO/IEC 17025:2017 mempersyaratkan evaluasi ketidakpastian pengukuran.

Evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas larutan secara umum dengan viskometer sudah pernah dilaporkan Yunoki,

Sugimoto, Ohyabu, Ida, & Hiraoka, (2019), melaporkan evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas menggunakan *falling needle rheometer*. Fujita, Kurano, & Fujii, (2009) melaporkan ketidakpastian pengukuran viskositas dengan menggunakan viskometer kapiler. Evaluasi ketidakpastian viskometer dapat dilakukan menggunakan larutan standar (Zubler, 2011). Evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas dari campuran monoetanol amine dan air menggunakan viskometer kinemati pernah dilaporkan (Karunarathne, Eimer, & Øi, 2018). Sejauh ini belum pernah dilaporkan evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas dari produk yang memiliki fase padat (tepung), yang membutuhkan preparasi sampel sehingga diperoleh larutan yang siap diukur dengan viskometer, seperti tepung karaginan.

Pada penelitian ini ketidakpastian pengukuran viskositas karaginan dengan menggunakan viskometer rotari dikalkulasi, dimulai dari mengidentifikasi sumber ketidakpastian dari tahapan preparasi larutan karaginan dan pengukuran viskositas, membuat diagram Ishikawa (*cause-effect*), estimasi ketidakpastian baku setiap komponen, menghitung ketidakpastian gabungan, ketidakpastian relatif, ketidakpastian diperluas hingga pelaporan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi ketidakpastian pengukuran dari setiap langkah rantai ketertelusuran dari seluruh tahapan metode analisa viskositas karaginan. Diharapkan hasil studi ini dapat menjadi acuan bagi laboratorium dalam mengestimasi ketidakpastian secara tepat, serta meminimalkan kontribusi sumber-sumber ketidakpastian dalam analisa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karaginan

Karaginan adalah kelompok polisakarida galaktosa sulfat hasil ekstraksi rumput laut merah dari jenis *E. cottonii* dan *K. alvarezii* (Tasende & Manríquez-Hernández, 2016). Sebagian besar karaginan mengandung natrium, magnesium, dan kalsium yang dapat terikat pada gugus ester sulfat dari galaktosa dan kopolimer 3,6-anhydro-D-galaktosa (Nurfiningsih, Ratnawati, & Prasetyaningrum, 2019).

Rumput laut *E. cottonii* dan *K. alvarezii*, adalah jenis yang banyak dibudidayakan di perairan pantai Indonesia, dan merupakan salah satu komoditas perikanan utama, Indonesia merupakan salah satu produsen terbesar rumput laut *E. cottonii* dan *K. alvarezii* di dunia (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2017; Simatupang et al., 2021).

Persyaratan mutu fisika karaginan merupakan karakteristik yang mempengaruhi kualitas dan nilai jual dari karaginan. Karakteristik fisik mempengaruhi sifat fungsional karaginan, seperti fungsinya sebagai pengental, pembentuk film, pembentuk tekstur, pembentuk gel. Sifat fungsional tersebut menyebabkan karaginan banyak digunakan pada industri makanan, minuman, tekstil, farmasi dan kosmetik (Fateha, Wibowo, Santoso, Agusman, & Uju, 2019; Kaya, Suryani, Santoso, & Syahbana, 2015; Prajapati, Maheriya, Jani, & Solanki, 2014)

Persyaratan mutu fisika tepung karaginan berdasarkan SNI 8391-1:2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2015) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Persyaratan mutu fisika kappa karaginan murni.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kekuatan gel (water gel 1,5% pada suhu 10°C)	g/cm ²	Min 700
2	Kehalusan (lolos saringan 60 mesh)	%	Min 80
3	Viskositas (pada konsentrasi 1,5% dan suhu 75°C)	cP	Min 5
4	Titik jendal	°C	35-39

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2015)

Prosedur pengukuran viskositas karaginan yang dilakukan di BBRP2BKP mengikuti metode JEFCA yang telah dimodifikasi, seperti yang terlihat pada Gambar 1.

2.2 Viskositas

Viskositas adalah resistensi fluida (cair atau gas) terhadap perubahan bentuk, atau pergerakan

bagian-bagian yang berdekatan relatif satu sama lain. Viskositas menunjukkan perlawanan terhadap aliran. Kebalikan dari viskositas disebut fluiditas, ukuran kemudahan aliran. Viskositas merupakan faktor utama dalam menentukan gaya yang harus diatasi ketika cairan digunakan dalam pelumasan dan diangkut dalam pipa. Ini mengontrol aliran cairan dalam proses seperti

Identifikasi dan Perhitungan Ketidakpastian Pengujian Viskositas Karaginan Menggunakan Viskometer Rotari

(Agusman, Fateha, Asmanah, dan Niswatin Ulya)

penyemprotan, cetakan injeksi, dan pelapisan permukaan (Britannica, 2021).

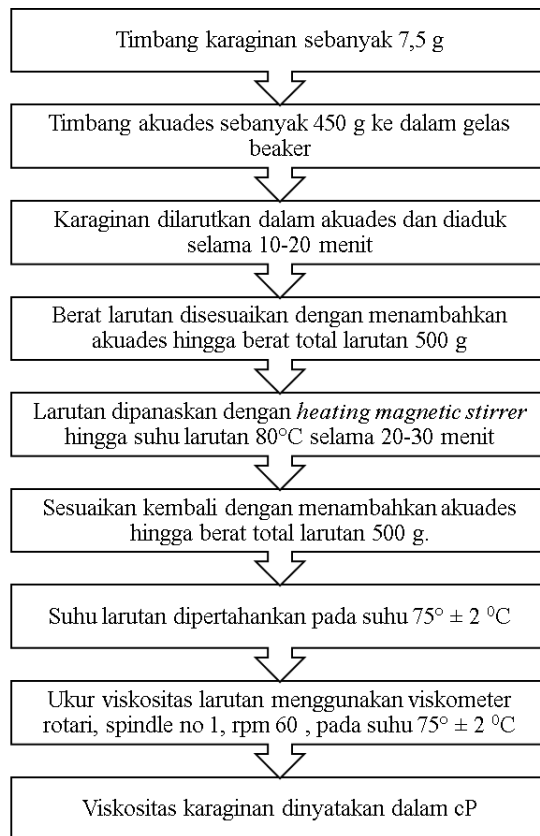
Secara umum viskositas dapat diukur dengan dua pendekatan yaitu:

Viskositas dengan cara mengalirkan cairan, contohnya adalah viskometer kapiler (misal *Ubbelohde*), viskometer *Effluc-cup* (misal *Saybolt*, *Furol*, *Zahn cup*).

1. Viskositas yang diukur dengan cara menggerakkan larutan dengan cara menjatuhkan bola (viskometer bola-jatuh), atau dengan memutar larutan menggunakan spindle/propeler (viskometer rotari) (Sobbich & Atedi, 2005).

paling banyak digunakan oleh industri dan penelitian.

2. Viskositas kinematik (ν), adalah viskositas dinamis (η) dibagi dengan berat jenis (ρ). Satuan untuk jenis viskositas ini adalah stokes (sT). Pengukuran viskositas dinamis banyak menggunakan prinsip viskometer bola jatuh dan viskometer kapiler.
3. Viskositas relatif (η_r), banyak digunakan dalam penentuan kelarutan dari polimer. Jenis viskositas ini diukur dengan membandingkan viskositas polimer (η) dibagi dengan viskositas pelarut (η_0) (Mezger, 2014).



Gambar 1 Prosedur pengukuran viskositas karaginan dengan menggunakan viskometer rotari.

Berapa istilah terkait dengan viskositas.

1. Viskositas dinamis (η), yang dalam pengukurannya dikenal istilah *shear rate* dan *shear strain*, viskositas ini memiliki satuan centipoise (cP) atau mPa.s. Satu cP setara dengan satu mPa.s. Jenis viskositas ini banyak dihasilkan oleh viskometer rotari, dan

2.3 Viskometer rotari

Viskometer rotari banyak digunakan dalam pengukuran viskositas dinamis. Jenis viskometer ini banyak digunakan di laboratorium dan industri karena mudah dalam penggunaannya, dan juga memberikan gambaran proses terhadap produk jika diberikan gerakan (Agusman, Suryanti, Nurhayati, Murdinah, & Wahyuni, 2021)

Prinsip pengukuran viskositas dengan menggunakan viskometer rotari, baik itu yang dikeluarkan oleh Brookfield dan Aton Par, dan merek lainnya adalah dengan menggerakkan larutan menggunakan *spindle* yang diketahui ukurannya, sehingga dapat diketahui *shear rate* dan *shear strain* yang dapat digunakan untuk menghitung viskositas dari larutan.

Buku panduan viskometer Brookfield memuat cara untuk mengukur ketidakpastian dan kalibrasi alat dengan menggunakan larutan standar Newtonian sebagai bahan acuan primer (*certificate reference material*) (Brookfield Ltd, n.d.).



Gambar 2 Viskometer rotari Brookfield LV-DV2T.

2.4 Ketidakpastian pengukuran

Ketidakpastian pengukuran adalah parameter hasil pengukuran yang memberikan karakter sebaran nilai-nilai yang secara layak dapat diberikan kepada besaran ukur (Komite Akreditasi Nasional, 2016). Perhitungan ketidakpastian dilakukan dengan menyusun suatu model dari sistem pengukuran untuk mengetahui semua faktor yang dapat memberikan kontribusi kesalahan terhadap hasil akhir pengukuran (Sukirno, Murniasih, Rosidi, & Samin, 2015).

Evaluasi ketidakpastian berdasarkan panduan KAN-G-010 melalui beberapa tahap, yaitu tahapan penentuan model, identifikasi sumber ketidakpastian pengukuran, klasifikasi komponen ketidakpastian pengukuran dan Penghitungan ketidakpastian pengukuran (Komite Akreditasi Nasional, 2016). Sumber-sumber ketidakpastian antara lain standar dan acuan, benda ukur, peralatan, metode pengukuran, kondisi lingkungan, dan personil pelaku pengukuran (Riyanto, 2017; Utomo, Firdaus & Tjahjono, 2012).

3. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah viskometer rotari digital (LV2V2T, Brookfield, USA), termometer digital (KW06, Krisbow), anak timbang (Mascal, AKS AFM), timbangan digital (ML1502E, Mettler Toledo). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan standar viskositas *Newtonian* (100 cP, Brookfield), dan bahan acuan sekunder karaginan.

Prosedur pengukuran viskositas karaginan dapat dilihat pada Gambar 1. Secara singkat 7,5 g diaduk dengan 450 g akuades, kemudian ditambahkan akuades sehingga diperoleh berat larutan 500 g. Larutan kemudian dipanaskan dengan *heating magnetic stirrer* hingga suhu larutan 80°C selama 20-30 menit. Kemudian dilakukan penyesuaian berat larutan dengan menambahkan akuades hingga berat 500 g. Larutan karaginan diukur dengan viskometer rotari, dengan spindle no 1, rpm 60 pada suhu 75±2°C seberat 7,5 g.

Identifikasi dan perhitungan ketidakpastian pengujian viskositas karaginan dimulai dari identifikasi sumber ketidakpastian dengan diagram Ishikawa (*cause-effect diagram*) untuk mengetahui setiap tahapan proses yang berkontribusi terhadap sumber ketidakpastian. Dilanjutkan dengan menghitung besaran ketidakpastian baku dari tiap komponen, ketidakpastian relatif, ketidakpastian gabungan, dan ketidakpastian diperluas. Identifikasi dan

perhitungan ketidakpastian ini mengacu pada KAN-G-010 dan *Technical Guide on Measurement Uncertainty in Chemical & Microbiological Analysis* (Komite Akreditasi Nasional, 2016; SAC-SINGLAS, 2019).

Perhitungan ketidakpastian pengukuran ini berdasarkan pengujian dan alat yang digunakan di Laboratorium Uji Fisik, Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan yang dilakukan pada tahun 2020-2021.

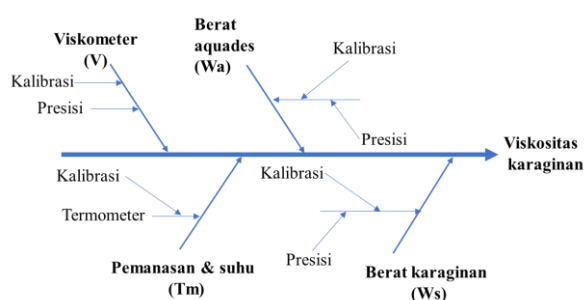
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi ketidakpastian dalam pengukuran viskositas karaginan menggunakan viskometer rotari dimulai dengan identifikasi sumber ketidakpastian dari setiap tahapan proses, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi besaran ketidakpastian.

4.1 Identifikasi sumber ketidakpastian

Identifikasi sumber ketidakpastian menggunakan diagram Ishikawa terhadap tahapan-tahapan penyiapan/preparasi sampel dan pengujian yang berpotensi menjadi sumber ketidakpastian.

Hasil identifikasi sumber ketidakpastian pengukuran viskositas karaginan dapat dilihat pada Gambar 1. Teridentifikasi ketidakpastian dapat bersumber dari beberapa tahapan proses, yaitu proses penimbangan (penimbangan karaginan dan larutan), proses pengukuran suhu, proses pengukuran viskositas.



Gambar 3 Diagram Ishikawa pengukuran ketidakpastian viskositas karaginan.

Sumber ketidakpastian pada proses penimbangan (μ_t) berasal dari kalibrasi/linearitas (μ_{lt}) dan presisi penimbangan (μ_{tp}). Sedangkan sumber ketidakpastian pada proses pemanasan dan pengendalian suhu (μ_T) dapat berasal dari kalibrasi/linearitas dari termometer (μ_{Tm}). Pada pembacaan viskositas menggunakan viskometer rotari (μ_v), sumber ketidakpastian berasal dari

Identifikasi dan Perhitungan Ketidakpastian Pengujian Viskositas Karaginan Menggunakan Viskometer Rotari
(Agusman, Fateha, Asmanah, dan Niswatin Ulya)

kalibrasi/linearitas dari viskometer (μ_v) dan presisi (μ_{vp}).

4.2 Perhitungan besaran ketidakpastian

Setelah teridentifikasi sumber ketidakpastian pada tahapan preparasi sampel dan pengujian, dilanjutkan perhitungan besaran ketidakpastian baku dari tiap sumber, perhitungan ketidakpastian baku gabungan dari tiap proses, perhitungan ketidakpastian relatif, kemudian perhitungan ketidakpastian diperluas. Berikut dijabarkan besaran ketidakpastian dari tahapan proses.

1. Ketidakpastian baku dari proses penimbangan (μ_t)

Ketidakpastian dari proses penimbangan berasal dari linearitas timbangan (μ_{tl}) dan presisi (μ_{tp}). Sertifikat kalibrasi timbangan (dokumen PTAB-CS/S-190/II/21) menunjukkan ketidakpastian timbang 0,007 g (Q_t), pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96. Sehingga besaran ketidakpastian baku linearitas timbangan (μ_{tl}) adalah:

$$\mu_{tl} = \frac{Q_t}{1,96} = \frac{0,007 \text{ g}}{1,96} = 0,003571 \text{ g}$$

Keterangan :

μ_{tl} = ketidakpastian linearitas timbangan (g)
 Q_t = ketidakpastian dari sertifikat kalibrasi timbangan (g)

1,96 = konstanta pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96

Hasil penimbangan anak timbangan sebanyak 10 kali diperoleh standar deviasi (sd) sebesar 0,00386 pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96. Ketidakpastian baku dari presisi timbangan (μ_{tp}) adalah

$$\mu_{tp} = \frac{sd}{1,96} = \frac{0,00386 \text{ g}}{1,96} = 0,001969 \text{ g}$$

Keterangan :

μ_{tp} = Ketidakpastian presisi timbangan (g)
 sd = standar deviasi dari 10 kali penimbangan (g)

1,96 = konstanta pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96

Besaran ketidakpastian baku dari proses penimbangan (μ_t) adalah gabungan ketidakpastian baku linearitas timbangan (μ_{tl}) dan ketidakpastian baku presisi timbangan (μ_{tp}),

dimana ketidakpastian baku linearitas dan presisi dihitung sebanyak 3 kali, karena proses penimbangan dilakukan tiga kali. Sehingga besaran ketidakpastian baku dari proses penimbangan (μ_t) adalah :

$$\begin{aligned} \mu_t &= \sqrt{(3 \times \mu_{tl}^2) + (3 \times \mu_{tp}^2)} \\ &= \sqrt{(3 \times 0,003571^2) + (3 \times 0,001969^2)} \\ &= 0,007064 \text{ g} \end{aligned}$$

Keterangan :

μ_t = Ketidakpastian baku dari proses penimbangan (g)

μ_{tl} = ketidakpastian linearitas dari timbangan (g)

μ_{tp} = Ketidakpastian presisi timbangan (g)

2. Ketidakpastian baku dari proses pemanasan (μ_{Tm}) dan pengendalian suhu.

Sertifikat kalibrasi (dokumen PTAB-CS/S-009/II/21) menunjukkan ketidakpastian termometer (Q_T) sebesar 0,3°C pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96. Sehingga besaran ketidakpastian baku dari termometer (μ_{Tl}) adalah:

$$\mu_{Tl} = \frac{Q_T}{1,96} = \frac{0,3 \text{ }^\circ\text{C}}{1,96} = 0,153061 \text{ }^\circ\text{C}$$

Keterangan :

μ_{Tl} = Ketidakpastian linearitas termometer (°C)

Q_t = ketidakpastian dari sertifikat kalibrasi termometer (°C)

1,96 = konstanta pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96

Proses pengendalian suhu dengan termometer dilakukan dua kali, sehingga ketidakpastian baku pada proses pemanasan dan pengendalian suhu (μ_{Tm}) adalah :

$$\begin{aligned} \mu_{Tm} &= \sqrt{2 \times \mu_{Tl}^2} \\ &= \sqrt{2 \times 0,153061^2} \\ &= 0,216461 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Keterangan :

μ_{Tm} = Ketidakpastian baku dari proses pemanasan dan pengendalian suhu (°C)

μ_{tl} = ketidakpastian linearitas dari termometer (°C)

3. Ketidakpastian baku dari pembacaan viskositas (μ_v)

Sertifikat kalibrasi (dokumen D-21.02.251) viskometer menunjukkan ketidakpastian viskometer (Q_{vl}) sebesar 2,0 cP pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96. Sehingga besaran ketidakpastian baku linearitas viskometer (μ_{vl}) adalah :

$$\mu_{vl} = \frac{Q_{vl}}{1,96} = \frac{2,0}{1,96} = 1,02048 \text{ cP}$$

Keterangan :

- μ_{vl} = ketidakpastian linearitas viskometer (cP)
- Q_{vl} = ketidakpastian dari sertifikat kalibrasi viskometer (cP)
- 1,96 = konstanta pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96

Hasil pengukuran viskositas larutan standar 97,8 cP (*certificate reference material*) sebanyak 10 kali diperoleh standar deviasi (sd) sebesar 0,2288 cP pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96 Sehingga besaran ketidakpastian baku presisi dari viskometer (μ_{vp})

$$\mu_{vp} = \frac{sd}{1,96} = \frac{0,2288}{1,96} = 0,116735$$

Keterangan :

- μ_{vp} = Ketidakpastian presisi viskometer (cP)
- sd = standar deviasi dari 10 kali penimbangan (cP)
- 1,96 = konstanta pada rentang kepercayaan 95% dan faktor cakupan 1,96

Tabel 2 Ketidakpastian relatif pengukuran viskositas karaginan dengan viskometer rotari.

Keterangan	Nilai (x)		Ketidakpastian baku ($\mu_{(x)}$)		Ketidakpastian baku relatif	
					$(\mu_{(x)}/x)$	$(\mu_{(x)}/x)/y$ (%)
Berat air (μ_{wa})	500,00	g	0,007064	G	0,000014	0,08
Berat karaginan (μ_{ws})	7,5	g	0,007064	G	0,000942	5,52
Pengendalian temperatur dan pengukuran suhu (μ_{T1})	80	°C	0,216461	°C	0,002706	15,87
Pengendalian suhu saat pengukuran dengan viskometer (μ_{T2})	75	°C	0,216461	°C	0,002887	16,93
Pembacaan larutan standar 97,8 cP (μ_{vs})	97,8	cP	1,027064	cP	0,010502	61,59
TOTAL (y)					0,017051	

Besaran ketidakpastian dari pembacaan viskositas adalah (μ_v) adalah :

$$\begin{aligned} \mu_v &= \sqrt{\mu_{vl}^2 + \mu_{vp}^2} \\ &= \sqrt{1,02048^2 + 0,116735^2} \\ &= 1,027064 \text{ cP} \end{aligned}$$

Keterangan :

- μ_{vl} = ketidakpastian linearitas viskometer (cP)
- μ_{vp} = Ketidakpastian presisi viskometer (cP)

4. Ketidakpastian relatif pengukuran viskositas karaginan dengan viskometer rotari

Setelah diperoleh ketidakpastian baku dari tiap komponen, maka dilanjutkan dengan penghitungan ketidakpastian baku relatif dari tahapan dan komponen. Hasil perhitungan ketidakpastian relatif dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat pembacaan oleh alat viskometer menyumbang ketidakpastian baku relatif terbesar yaitu sebesar 0,010502 yaitu mencapai 61,59% dari total ketidakpastian baku

relatif, hal ini disebabkan karena tingginya ketidakpastian linearitas (kalibrasi) dari viskometer. Tingginya kontribusi viskometer terhadap nilai ketidakpastian baku relatif dapat menjadi perhatian bagi laboratorium agar mendapatkan hasil uji viskositas karaginan yang memiliki presisi yang lebih baik.

5. Ketidakpastian kombinasi/gabungan (U_{vk})

Ketidakpastian gabungan (U_{vk}) dari semua komponen yang telah teridentifikasi dan berkontribusi pada penentuan viskositas karaginan adalah sebesar :

$$\begin{aligned} U_{vk} &= \sqrt{\mu_{wa}^2 + \mu_{ws}^2 + \mu_{T1}^2 + \mu_{T2}^2 + \mu_{vs}^2} \\ &= \sqrt{0,000014^2 + 0,000942^2 + 0,002706^2 + 0,002887^2 + 0,010502^2} \\ &= 0,000063 \end{aligned}$$

Keterangan :

- U_{vk} = Ketidakpastian gabungan

- μ_{wa} = Ketidakpastian baku relatif dari penimbangan air
 μ_{ws} = Ketidakpastian baku relatif dari penimbangan karaginan
 μ_{T1} = Ketidakpastian relatif dari pengendalian temperatur dan pengukuran suhu
 μ_{T2} = Ketidakpastian relatif dari pengendalian suhu pada pengukuran viskositas
 μ_{vs} = Ketidakpastian relatif dari pengukuran viskositas

6. Ketidakpastian diperluas

Hasil pengukuran viskositas bahan acuan sekunder berupa karaginan (V_s) dengan menggunakan rotari viskometer adalah sebesar 77,5 cP, sehingga ketidakpastian diperluas pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 2, pada pengujian (U_{vs}) tersebut adalah sebesar :

$$\begin{aligned}U_{vs} &= 2 \times (V_s \times U_{vk}) \\ &= 2 \times (77,5 \text{ cP} \times 0,000063) \\ &= 0,009829 \approx 0,01 \text{ cP}\end{aligned}$$

Keterangan :

- U_{vs} = Ketidakpastian diperluas
 V_s = Hasil pembacaan viskositas bahan acuan sekunder
 U_{vk} = Ketidakpastian gabungan

Sehingga hasil pengukuran karaginan dari bahan acuan sekunder tersebut dilaporkan 77,5 ± 0,01 cP.

5. KESIMPULAN

Hasil evaluasi ketidakpastian pengukuran viskositas karaginan diperoleh, tahapan yang menyumbang sumber ketidakpastian adalah tahapan penimbangan sampel, proses pemanasan dan pengendalian suhu, dan serta pengukuran pada alat viskometer rotari. Hasil perhitungan menunjukkan pembacaan viskometer menyumbang ketidakpastian baku relatif terbesar yaitu sebesar 0,010502 atau sebesar 61,59% dari total ketidakpastian baku. Besaran ketidakpastian gabungan dari pengukuran viskositas karaginan menggunakan viskometer rotari adalah 0,000063. Hasil pengukuran viskositas bahan acuan sekunder yang memiliki viskositas sebesar 71,5 cP, diperoleh ketidakpastian diperluas sebesar ± 0,01 cP pada tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan 2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah membantu dalam penyelenggaraan kegiatan Laboratorium Uji Fisik BBRP2BKP, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusman, Suryanti, Nurhayati, Murdinah, & Wahyuni, T. (2021). Measurement of fish gelatin using rotational viscometer: an alternative to conventional pipette method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 715(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/715/1/012056>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Alkali Treated Seaweed Chips*. Jakarta: BSN.
- Britannica, T. E. of E. (2021). *Viscosity*. *Encyclopedia Britannica*. Retrieved from <https://www.britannica.com/science/viscosity>
- Brookfield Ltd. (n.d.). *Brookfield DV2T Viscometer Operating Instructions* (Vol. 8139).
- Fateha, F., Wibowo, S., Santoso, J., Agusman, A., & Uju, U. (2019). Optimization of processing conditions of alkali treated cottonii (ATC) from sap-free *Eucahema cottonii*. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 14(2), 65. <https://doi.org/10.15578/squalen.v14i2.397>
- Fujita, Y., Kurano, Y., & Fujii, K. (2009). Evaluation of uncertainty in viscosity measurements by capillary master viscometers. *Metrologia*, 46(3), 237–248. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/46/3/010>
- Karunarathne, S. S., Eimer, D. A., & Øi, L. E. (2018). Evaluation of Systematic Error and Uncertainty of Viscosity Measurements of Mixtures of Monoethanol Amine and Water in Coaxial Cylinder Rheometers. *International Journal of Modeling and Optimization*, 8(5), 260–265. <https://doi.org/10.7763/ijmo.2018.v8.662>
- Kaya, A. O. W., Suryani, A., Santoso, J., & Syahbana, M. (2015). The effect of gelling agent concentration on the characteristic of gel produced from the mixture of semi-refined carrageenan and glukomannan.

- International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 2(1), 313–324.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2017). *Kelautan dan perikanan dalam angka*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Komite Akreditasi Nasional. (2016). *KAN Guide on the evaluation and expression of uncertainty of uncertainty in measurement (KAN-G-010)*. Jakarta: Komite Akreditasi Natioanl.
- Mezger, T. G. (2014). *The Rheology Handbook* (4 edition). Germa: Vincentz Network. <https://doi.org/doi:10.1515/9783748600367>
- Nurfiningsih, N., Ratnawati, R., & Prasetyaningrum, A. (2019). The impact of combination of ozonation and ultrasonication process on morphological and chemical properties of κ -carrageenan. *Reaktor*, 19(2), 49–53. <https://doi.org/10.14710/reaktor.19.2.49-53>
- Prajapati, V. D., Maheriya, P. M., Jani, G. K., & Solanki, H. K. (2014). Carrageenan: a natural seaweed polysaccharide and its applications. *Carbohydrate Polymers*, 105, 97–112. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.067>
- Riyanto. (2017). *Validasi dan Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Jakarta: Deepublish.
- SAC-SINGLAS. (2019). *SAC-SINGLAS A Guide on Measurement Uncertainty in Chemical & microbiological analysis*. SAC-SINGLAS.
- Simatupang, N. F., Pong-Masak, P. R., Ratnawati, P., Agusman, Paul, N. A., & Rimmer, M. A. (2021). Growth and product quality of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* from different farming locations in Indonesia. *Aquaculture Reports*, 20, 100685. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100685>
- Sobbich, E. M., & Atedi, B. (2005). Analisis propagasi ketidakpastian pada penentuan viskositas menggunakan bola-jatuh. *Jurnal Standardisasi*, 7(2), 59. <https://doi.org/10.31153/js.v7i2.33>
- Sukirno, Murniasih, S., Rosidi, & Samin. (2015). Evaluasi ketidakpastian pengukuran multi-unsur metode analisis aktivasi neutron. *Eksplorium*, 36(1), 45–56.
- Tasende, M. G., & Manríquez-Hernández, J. A. (2016). Carrageenan properties and applications: A review. In L. Pereira (Ed.), *Carrageenans: Sources and Extraction Methods, Molecular Structure, Bioactive Properties and Health Effects* (pp. 17–49). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Utomo, B., Firdaus, H., & Tjahjono, H. (2012). Analisis sumber ketidakpastian pengukuran metode uji SNI 7369:2008 regulator tekanan rendah untuk tabung baja LPG. *Jurnal Standardisasi*, 14(2), 144. <https://doi.org/10.31153/js.v14i2.95>
- Yunoki, S., Sugimoto, K., Ohyabu, Y., Ida, H., & Hiraoka, Y. (2019). Accurate and precise viscosity measurements of gelatin solutions using a rotational rheometer. *Food Science and Technology Research*, 25(2), 217–226. <https://doi.org/10.3136/fstr.25.217>
- Zubler, T. (2011). Understanding uncertainty in viscosity measurement.pdf. www.Petro-Online.Com, (May), 12–13.