

Pengaruh Jenis Cairan, Jenis Batang, dan Panjang Batang pada Penentuan Distribusi Ukuran Partikel Bubuk Kaca Menggunakan *Buoyancy Weighing-Bar Method* (BWM)

Effect of Liquid Type, Rods Types, and Rods Lengths on Determination of Particle Size Distribution of Glass Powder Using Buoyancy Weighing-Bar Method (BWM)

Ari Fernando Panjaitan, Anrocki Sirait, Rondang Tambun*

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Medan 20155, Indonesia

*Email: rondang@usu.ac.id

Article history:

Diterima : 25 Februari 2024
Direvisi : 10 Maret 2024
Disetujui : 13 Maret 2024
Mulai online : 23 Maret 2024

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Ari Fernando Panjaitan, Anrocki Sirait, Rondang Tambun. (2024). Pengaruh Jenis Cairan, Jenis Batang, dan Panjang Batang pada Penentuan Distribusi Ukuran Partikel Bubuk Kaca Menggunakan *Buoyancy Weighing-Bar Method* (BWM). Jurnal Teknik Kimia USU, 13(1), 48-53.

ABSTRAK

Distribusi ukuran partikel merupakan salah satu parameter fisik yang penting pada industri. Telah dikembangkan suatu metode terbaru, yaitu metode pengapungan batang (*buoyancy weighing-bar method*) untuk menentukan distribusi ukuran partikel. Penelitian ini mengkaji aplikasi metode pengapungan batang untuk penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan jenis cairan, jenis batang, dan ukuran panjang batang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi terbaik dalam penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca yaitu menggunakan batang aluminium dengan panjang 210 mm dalam etanol 96%. Hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca menggunakan metode pengapungan batang pada kondisi terbaik tersebut sebanding dengan hasil penentuan distribusi ukuran partikel yang diperoleh dengan menggunakan metode *settling balance*.

Kata kunci: *buoyancy weighing bar*, distribusi ukuran partikel, stokes, bubuk kaca, natrium heksametafosfat

ABSTRACT

Particle size distribution is one of the important physical parameters in industry. A new method has been developed, the buoyancy weighing-bar method to determine the particle size distribution. This study examines the application of the buoyancy weighing-bar method for the determination of the particle size distribution of glass powder. Measurements were made by varying the type of liquid, the type of rod, and the size of the rod length. From this study, it was obtained that the best condition in determining the particle size distribution of glass powder is using aluminum rods with a length of 210 mm in 96% ethanol. The results of determining the particle size distribution of glass powder by using the buoyancy weighing-bar method at the best conditions are comparable to the results of determining the particle size distribution obtained using the settling balance method.

Keyword: *buoyancy weighing bar*, particle size distribution, stokes, glass powder, sodium hexametaphosphate



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v13i1.15766>

1. Pendahuluan

Kaca merupakan materi bening dan transparan yang dihasilkan dari campuran silikon dioksida (SiO_2). Jenis kaca yang paling umum dikenal adalah kaca soda kapur yang terbuat dari 91% SiO_2 dengan bahan tambahan berupa Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO [1]. Dari segi kimia, kaca merupakan gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap. Kaca dihasilkan dari dekomposisi senyawa alkali dan alkali tanah [2]. Bubuk kaca

merupakan serpihan kaca yang dihancurkan hingga halus dan umumnya digunakan sebagai bahan campuran keramik pada pabrik keramik. Bubuk kaca yang digunakan berupa butiran halus yang tidak *porous* serta bersifat *pozzolanik* [3]. Bubuk kaca memiliki sifat mekanik yang kuat, daya serap air rendah, dan titik lebur yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan substitusi dalam pembuatan semen, beton, dan batako. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca memengaruhi kuat tekan produk material yang dihasilkan [4]. Salah satu metode pengukuran distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang dapat digunakan adalah metode pengapungan batang atau *buoyancy weighing-bar method* (BWM) [5][6].

Berbagai pendekatan telah digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel [7]. BWM telah berhasil diaplikasikan dalam menentukan distribusi ukuran partikel yang berukuran 5 μm - 100 μm , seperti distribusi ukuran partikel pasir silika, serbuk kalium karbonat, butiran kaca barium titanat [5], dan semen [8]. BWM merupakan metode pengukuran distribusi ukuran partikel yang murah, praktis, dan cukup akurat [5]. Hasil pengukuran distribusi ukuran partikel menggunakan BWM ini sebanding dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode-metode yang umum, seperti metode *Andreasen Pipette*, *sieve analysis*, dan metode *settling balance*. Metode *Andreasen Pipette*, *sieve analysis*, dan metode *settling balance* merupakan metode yang relatif murah, namun kurang praktis dalam pengoperasiannya, tetapi selain metode-metode tersebut, terdapat juga metode lain yang lebih canggih, seperti *laser diffraction* dan *microscopy*. Pengoperasian metode ini sangat praktis dan akurat, namun harga peralatan dan pengoperasiannya relatif mahal.

Pada dasarnya, prinsip BWM pada pengukuran distribusi ukuran partikel sama seperti prinsip metode manometrik, yaitu pengukuran yang terjadi karena adanya gaya antarpartikel dalam cairan yang disebabkan oleh adanya gaya tarik antarmolekul partikel. Apabila massa jenis partikel yang diukur lebih tinggi daripada massa jenis cairan, maka akan terjadi pengendapan partikel di dasar wadah pengukuran. Partikel akan mengalami percepatan gravitasi, gaya apung, dan gaya gesek selama pengendapan. Pengendapan partikel menyebabkan perubahan massa jenis suspensi dan memengaruhi perubahan massa batang dalam cairan [5].

Dalam pengoperasiannya, keakuratan BWM dipengaruhi beberapa faktor, seperti efek dinding, jenis cairan, aglomerasi, ukuran batang, getaran, medan listrik, dan gaya magnet. Pada penelitian ini, jenis batang perlu dikaji untuk mengetahui jenis batang yang tepat dalam pengukuran distribusi ukuran partikel serbuk kaca. Jenis batang yang digunakan adalah aluminium, besi, kuningan, dan tembaga. Alasan keempat jenis batang ini dipilih karena mudah ditemukan.

Jenis cairan memiliki peranan penting dalam pengendapan partikel. Kemampuan cairan dalam proses pengendapan dipengaruhi oleh densitas, kecepatan aliran partikel, dan ukuran partikel. Jenis cairan yang digunakan adalah air murni dan etanol 96% sebagai pembanding. Selain itu, proses pengendapan partikel dipengaruhi oleh adanya aglomerasi partikel. Aglomerasi adalah pembentukan kumpulan partikel, atau agregat, yang disebabkan oleh gaya antarmolekul seperti gaya van der Waals [9]. Terbentuknya aglomerasi menyebabkan waktu pengendapan partikel menjadi semakin lebih cepat, sehingga partikel tidak terdistribusi dengan baik dalam cairan. Hal tersebut memengaruhi hasil pengukuran distribusi ukuran partikel. Oleh karena itu, natrium heksametafosfat (SHMP) $[(\text{NaPO}_3)_6]$ digunakan sebagai *agent*/dispersan untuk mencegah terjadinya aglomerasi. Pada penelitian ini, konsentrasi SHMP dalam air perlu dikaji untuk melihat pengaruh konsentrasi SHMP terhadap keakuratan pengukuran distribusi ukuran partikel serbuk kaca dan hasilnya dibandingkan dengan etanol 96%. Ukuran batang juga memengaruhi keakuratan metode ini, yang mana distribusi ukuran suatu partikel dapat dihitung apabila rasio luas penampang antara batang dengan wadah berada dalam rentang 0,02 - 0,2. Pada rasio tersebut, batang dapat mendeteksi distribusi partikel dalam suatu wadah dengan baik [10].

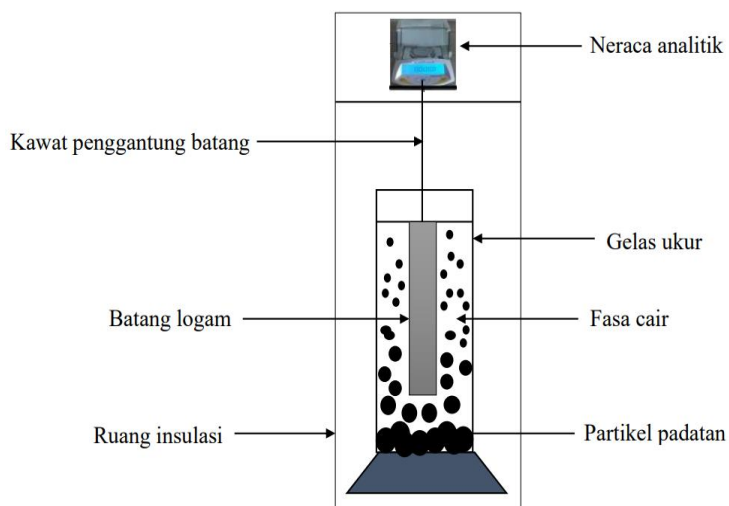
2. Metode

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bubuk kaca ($\rho = 1,818 \text{ kg/m}^3$) yang dibeli dari toko *online*, etanol 96% ($\rho = 789 \text{ kg/m}^3$) dan *aquadest* ($\rho = 997 \text{ kg/m}^3$) yang dibeli dari toko bahan kimia di Medan, Indonesia, serta natrium heksametafosfat (SHMP) $[(\text{NaPO}_3)_6]$ yang dibeli dari toko *online*.

Alat

Peralatan utama yang digunakan adalah neraca analitik FS AR-210 dengan tingkat ketelitian 0,0001 g yang memiliki pengait di bawahnya, batang logam berbentuk silinder dan berdiameter 10 mm dengan jenis batang aluminium ($\rho = 2,971 \text{ kg/m}^3$), besi ($\rho = 8,649 \text{ kg/m}^3$), kuningan ($\rho = 9,243 \text{ kg/m}^3$), dan tembaga ($\rho = 9,853 \text{ kg/m}^3$). Alat lain yang digunakan adalah pengaduk khusus untuk mendispersikan partikel di dalam medium pada awal percobaan, serta *pan* untuk melakukan metode *settling balance* sebagai pembanding/penguji keakuratan BWM [5]. Skema peralatan BWM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema peralatan BWM

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menyiapkan suspensi 10 g/L dalam gelas ukur dan 10 gram bubuk kaca berukuran 100/150 *mesh* ke dalam gelas ukur yang berisi cairan. Batang dikaitkan pada pengait di bawah neraca analitik dengan menggunakan benang nilon, lalu dilakukan pengadukan dengan pengaduk khusus hingga partikel bubuk kaca tersebar merata dalam gelas ukur. Setelah dilakukan pengadukan, kemudian batang dimasukkan ke dalam suspensi dan dicatat sebagai $t = 0$ detik. Lama pengukuran dilakukan hingga massa batang konstan dan data dicatat setiap interval satu menit. Setelah pengukuran selesai, dilakukan penentuan distribusi ukuran partikel dengan menggunakan persamaan *Stokes*. Persamaan *Stokes* yang digunakan pada penentuan distribusi ukuran partikel ditunjukkan pada persamaan (1) [10].

$$x = \sqrt{\frac{18\mu_L h}{g(\rho_L - \rho_P)t}} \quad (1)$$

Dengan x adalah ukuran partikel, μ_L adalah viskositas cairan, g adalah percepatan gravitasi, ρ_L adalah densitas cairan, ρ_P adalah densitas partikel, h adalah panjang batang, dan t adalah selang waktu. Hal yang dikaji dalam penelitian ini adalah pengaruh jenis batang (aluminium, besi, kuningan, dan tembaga), kemudian jenis batang terbaik digunakan sebagai pengukuran pada variasi jenis cairan. Jenis batang dan cairan terbaik kemudian digunakan pada pengukuran variasi panjang batang terhadap perubahan massa batang logam. Hasil pengukuran yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode *settling balance*.

3. Hasil

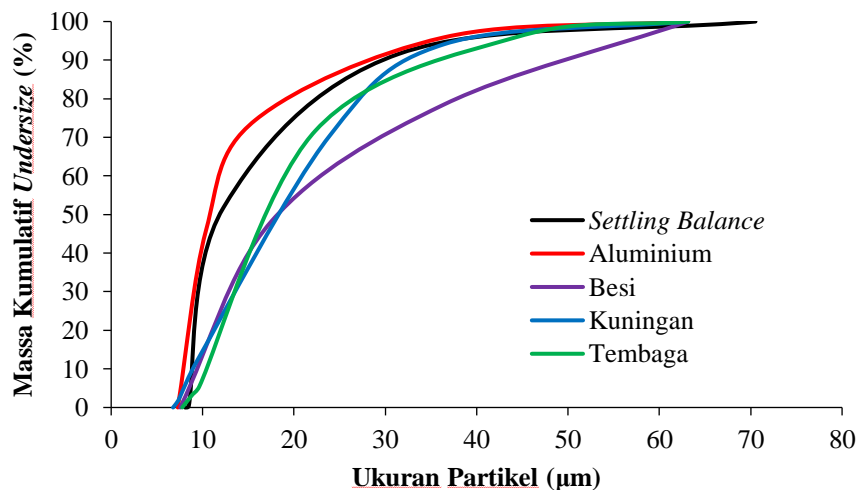
Pengaruh Jenis Batang terhadap Estimasi Distribusi Ukuran Partikel Bubuk Kaca

Gambar 2 merupakan distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang didispersikan di dalam medium etanol 96% menggunakan BWM dengan berbagai jenis batang serta menggunakan metode *settling balance* sebagai pembanding. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca ini diestimasi menggunakan persamaan *Stokes*.

Penelitian ini memvariasikan jenis batang untuk mengetahui jenis batang yang paling tepat dalam penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan *Stokes*, hasil penentuan distribusi ukuran partikel serbuk kaca menggunakan jenis batang aluminium lebih mendekati hasil penentuan distribusi ukuran partikel menggunakan metode *settling balance* jika dibandingkan dengan jenis batang besi, kuningan, dan tembaga. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan bahwa hasil penentuan distribusi ukuran partikel serbuk kaca menggunakan batang aluminium paling mendekati hasil penentuan menggunakan *settling balance*. Tabel 1 menunjukkan hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca menggunakan metode *settling balance* dan BWM dengan berbagai variasi jenis batang.

Jenis batang pada pengukuran memengaruhi hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Hal tersebut disebabkan oleh kepekaan jenis batang dalam mendeteksi distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang terdistribusi dalam suatu cairan. Kepekaan batang dalam mendeteksi distribusi ukuran partikel tergantung pada perbedaan densitas batang yang digunakan. Semakin kecil densitas suatu batang, semakin akurat hasil

pengukuran yang diperoleh. Alasan dipilihnya batang aluminium yang terbaik adalah pada saat melakukan pengukuran, perubahan massa batang aluminium setiap selang waktu lebih stabil dibandingkan jenis batang yang lainnya serta massa kumulatif *undersize* dari 0% hingga 100% untuk jenis batang aluminium lebih mendekati massa kumulatif *undersize* pada metode *settling balance*.



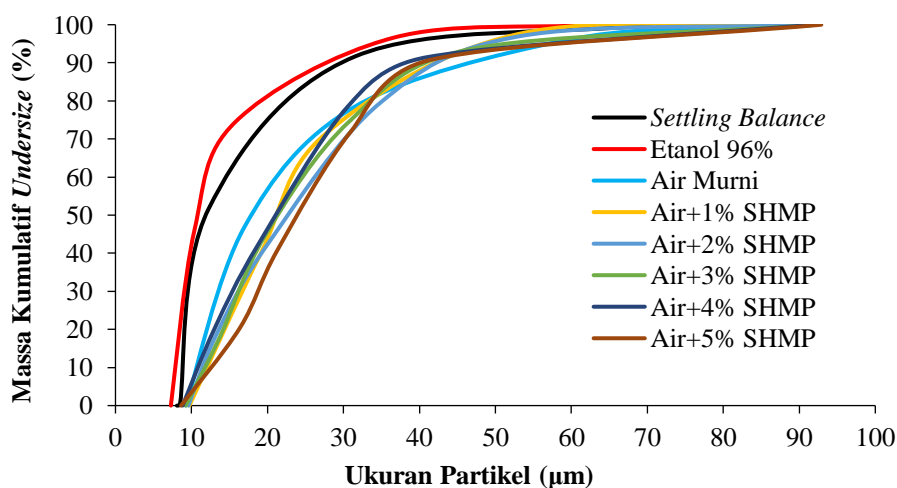
Gambar 2. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca dengan variasi jenis batang

Tabel 1. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca dengan variasi jenis batang

| Jenis Batang | Distribusi Ukuran Partikel (μm) | |
|--------------|--|-------------------------|
| | BWM | <i>Settling Balance</i> |
| Aluminium | 7,1055 – 63,1548 | 8,0365 – 70,5202 |
| Besi | 7,3917 – 63,1548 | |
| Kuningan | 6,6571 – 63,1548 | |
| Tembaga | 7,6029 – 63,1548 | |

Pengaruh Jenis Cairan terhadap Estimasi Distribusi Ukuran Partikel Bubuk Kaca

Gambar 3 merupakan distribusi ukuran partikel bubuk kaca dengan menggunakan batang aluminium dengan panjang 210 mm dalam berbagai jenis cairan serta menggunakan metode *settling balance* sebagai pembanding. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca ini diestimasi menggunakan persamaan *Stokes*.



Gambar 3. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca dengan variasi jenis cairan

Penelitian ini memvariasikan jenis cairan untuk mengetahui jenis cairan yang paling tepat dalam pengukuran distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan *Stokes*, hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca menggunakan jenis cairan etanol 96% lebih mendekati hasil penentuan distribusi ukuran partikel menggunakan metode *settling balance* dibandingkan jenis

cairan lainnya. Hasil penelitian ini juga sebanding dengan penelitian Tambun et al. (2016) yang menyatakan bahwa hasil penentuan distribusi ukuran partikel semen menggunakan BWM dengan etanol sebagai mediumnya paling mendekati hasil pengukuran menggunakan metode *settling balance* dibandingkan dengan jenis cairan lainnya [8]. Tabel 2 menunjukkan hasil penentuan distribusi ukuran partikel serbuk kaca menggunakan metode *settling balance* dan BWM dengan berbagai variasi jenis cairan.

Tabel 2. Distribusi ukuran partikel serbuk kaca dengan variasi jenis cairan

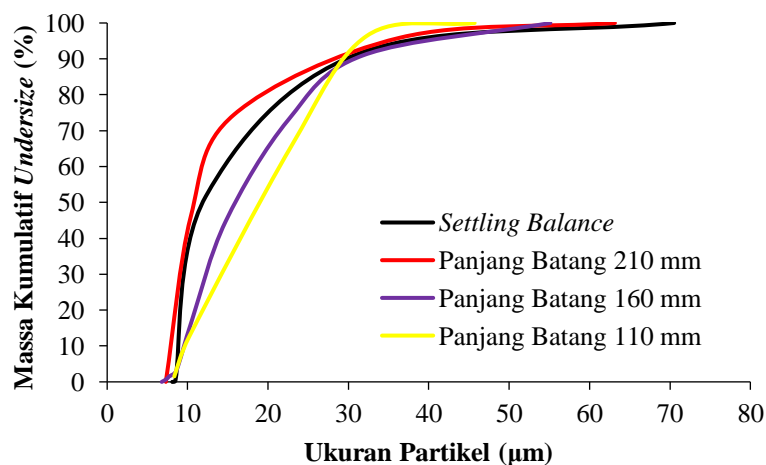
| Jenis Cairan | Distribusi Ukuran Partikel (μm) | |
|---------------|--|-------------------------|
| | BWM | <i>Settling Balance</i> |
| Etanol 96% | 7,1055 – 63,1548 | 8,0365 – 70,5202 |
| Air | 9,1041 – 83,4406 | |
| Air + 1% SHMP | 9,5666 – 91,7599 | |
| Air + 2% SHMP | 9,4527 – 92,1332 | |
| Air + 3% SHMP | 9,2403 – 92,4028 | |
| Air + 4% SHMP | 8,8432 – 92,7483 | |
| Air + 5% SHMP | 8,6248 – 92,8915 | |

Pada penelitian ini, variasi konsentrasi SHMP dikaji untuk melihat seberapa besar pengaruh variasi konsentrasi SHMP terhadap keakuratan dalam penentuan distribusi ukuran partikel. Namun, berdasarkan Gambar 3, massa kumulatif *undersize* dari 0% hingga 100% pada seluruh variasi konsentrasi SHMP masih belum mendekati massa kumulatif *undersize* pada metode *settling balance* jika dibandingkan dengan etanol 96%, sehingga jenis cairan yang tepat dalam pendispersian partikel bubuk kaca pada penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca adalah etanol 96%.

Pengaruh Panjang Batang terhadap Estimasi Distribusi Ukuran Partikel Bubuk Kaca

Gambar 4 merupakan distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang didispersikan di dalam medium etanol 96%, jenis batang aluminium dengan memvariasikan panjang batang serta menggunakan metode *settling balance* sebagai pembanding. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca ini diestimasi menggunakan formula Stokes.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Stokes, penentuan distribusi ukuran partikel menggunakan batang aluminium dengan panjang batang 210 mm lebih mendekati hasil pengukuran menggunakan metode *settling balance* jika dibandingkan dengan batang aluminium dengan ukuran panjang batang 160 mm dan 110 mm. Hasil penelitian ini juga sebanding dengan penelitian Tambun et al. (2020) mengenai penentuan distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air dengan metode pengapungan batang. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa hasil penentuan distribusi ukuran gelembung menggunakan batang dengan ukuran panjang batang 210 mm lebih mendekati hasil penentuan distribusi ukuran gelembung menggunakan metode *Coulter Counter* jika dibandingkan dengan batang dengan panjang 160 mm, 110 mm, dan 60 mm [11]. Tabel 3 menunjukkan hasil penentuan distribusi ukuran partikel serbuk kaca menggunakan metode *settling balance* dan BWM dengan berbagai variasi ukuran panjang batang.



Gambar 4. Distribusi ukuran partikel bubuk kaca dengan variasi panjang batang

Panjang batang pada pengukuran memengaruhi hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Hal tersebut disebabkan oleh panjang area batang dalam mendeteksi distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang terdistribusi dalam suatu cairan. Semakin panjang batang yang digunakan dalam pengukuran, maka distribusi ukuran partikel bubuk kaca semakin mudah terdeteksi, sehingga semakin akurat hasil pengukuran yang dilakukan.

Tabel 3. Distribusi ukuran partikel serbuk kaca dengan variasi panjang batang

| Panjang Batang (mm) | Distribusi Ukuran Partikel (μm) | |
|------------------------|--|-------------------------|
| | BWM | <i>Settling Balance</i> |
| 110 | 6,8908 – 45,7081 | 8,0365 – 70,5202 |
| 160 | 6,7855 – 55,1261 | |
| 210 | 7,1055 – 63,1548 | |

4. Kesimpulan

BWM dapat digunakan dalam menentukan distribusi ukuran partikel bubuk kaca. Jenis batang aluminium dengan panjang 210 mm dalam medium etanol 96% memberikan hasil penentuan distribusi ukuran partikel terbaik dibandingkan dengan jenis batang, panjang batang, dan jenis cairan lainnya. Hasil penentuan distribusi ukuran partikel bubuk kaca yang diperoleh menggunakan BWM pada kondisi ini sebanding dengan hasil pengukuran menggunakan metode *settling balance*. Pada penggunaan natrium heksametafosfat sebagai dispersan, semakin besar konsentrasinya dalam air, maka rentang penentuan distribusi ukuran partikel serbuk kaca menggunakan BWM semakin jauh dari hasil pengukuran menggunakan metode *settling balance*.

5. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Nursyamsi, I. Indrawan, and I. P. Hastuty, "Pemanfaatan serbuk kaca sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako," *Media Teknik Sipil*, vol. 14, no. 1, pp. 84–95, 2016.
- [2] S. S. Sejati and L. I. Gunawan, "Serbuk kaca sebagai bahan tambah pembuatan beton normal berdasarkan gradasi pasir zona 3," *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2019.
- [3] M. A. Rivai, S. Kimi, and Revisdah, "Inovasi beton ramah lingkungan," *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 74–85, 2019.
- [4] C. Rahmawati, Muhtadin, M. Faisal, Iqbal, M. Zardi, Meliyana, and Nasruddin, "Teaching industry: Pengolahan limbah kaca menjadi produk konstruksi," *Jurnal Vokasi*, vol. 6, no. 2, pp. 112–119, 2022.
- [5] E. Obata, Y. Ohira, and M. Ohta, "New measurement of particle size distribution by a buoyancy weighing-bar method," *Powder Technol*, vol. 196, no. 2, pp. 163–168, 2009.
- [6] T. Motoi, Y. Ohira, and E. Obata, "Measurement of the floating particle size distribution by a buoyancy weighing-bar method," *Powder Technol*, vol. 201, no. 3, pp. 283–288, 2010.
- [7] T. Allen, *Particle Size Measurement*, 4th ed. London: Chapman and Hall, 1990.
- [8] R. Tambun, N. Pratama, Ely, and F. Hanum, "Measurement of cement's particle size distribution by the buoyancy weighing-bar method," *J. Sci. Eng*, vol. 10, no. 2, pp. 74–77, 2016.
- [9] Y. Haryani, G. F. Kartika, Yuharmen, E. M. Putri, D. T. Alchalish, and Y. Melanie, "Pemanfaatan ekstrak air rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* Linn. var. *rubrum*) pada biosintesis sederhana nanopartikel perak," *Chimica et Natura Acta*, vol. 4, no. 3, pp. 151–155, 2016.
- [10] O. Yuichi, N. Kazuya, K. B. M. Pa'ad, S. Masamitsu, and H. Hiroto, "Influence of the weighing tool shape and the vessel shape in the buoyancy weighing-bar method on size distribution measurement of floating particle," Dissertation, Muroran Institute of Technology, Muroran, 2022.
- [11] R. Tambun, A. N. Silaen, and I. J. Banjarnahor, "Pengaruh panjang, bentuk, dan jenis batang pada metode pengapungan batang dalam mendeteksi waktu pemisahan kerosin dan air," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 9, no. 1, pp. 21–25, 2020.