

Kombinasi Persamaan Rosin-Rammler dan Metode Pengapungan Batang (*Buoyancy Weighing-Bar Method*) pada Penentuan Distribusi Ukuran Gelembung Air dalam Kerosin

Combination of the Rosin-Rammler Equation and the Buoyancy Weighing-Bar Method in Determining the Droplet Size Distribution of Water in Kerosene

Rondang Tambun^{1*}, Gabriella J J Sijabat¹, Theresia J Sidebang¹, Bungaran Tambun²

¹Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Medan, 20155, Indonesia

²Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Sains dan Teknologi TD. Pardede. Jl. DR. TD. Pardede No. 8 Medan, Indonesia

*Email: rondang@usu.ac.id

Article history:

Diterima : 9 Februari 2023
Direvisi : 20 Februari 2023
Disetujui : 9 Maret 2023
Mulai online : 24 Maret 2023

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Rondang Tambun, Gabriella J J Sijabat, Theresia J Sidebang, Bungaran Tambun, (2023). Kombinasi Persamaan Rosin-Rammler dan Metode Pengapungan Batang (*Buoyancy Weighing-Bar Method*) pada Penentuan Distribusi Ukuran Gelembung Air dalam Kerosin. Jurnal Teknik Kimia USU, 12(1), 24-30.

ABSTRAK

Distribusi ukuran gelembung (*droplet size distribution*) merupakan salah satu parameter fisik yang penting di industri yang melibatkan emulsi. Pada penelitian ini dikembangkan suatu metode terbaru yaitu Metode Pengapungan Batang (*Buoyancy Weighing-Bar Method*) untuk menentukan distribusi ukuran gelembung. Pada penelitian ini dilakukan prediksi distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air yang tidak dapat ditentukan oleh Metode Pengapungan Batang dengan menggunakan kombinasi persamaan Rosin-Rammler dan data hasil pengukuran Metode Pengapungan Batang. Hasil penelitian diperoleh bahwa kombinasi persamaan Rosin-Rammler dan Metode Pengapungan Batang dapat dilakukan untuk memprediksi distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air dan hasilnya sebanding dengan hasil yang diperoleh dengan metode *Coulter counter*. Pada variasi jenis batang, variasi bentuk batang serta variasi panjang batang, kombinasi model Rosin-Rammler dan Metode Pengapungan Batang dapat mengukur distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air.

Kata kunci: pengapungan batang, distribusi ukuran gelembung, Rosin-Rammler, air, kerosin

ABSTRACT

Droplet size distribution is one of the important physical parameters in the industry that use emulsions. In this research, a new method namely the Buoyancy Weighing-Bar Method is used to determine the droplet size distribution. In this research, droplet size distribution of kerosene in water is predicted which cannot be determined by the Buoyancy Weighing-Bar Method is carried out by using a combination of the Rosin-Rammler equation and measurement data by the Buoyancy Weighing-Bar Method. From the research results it was found that the combination of the Rosin-Rammler equation and the Buoyancy Weighing-Bar Method can be performed to predict the droplet size distribution of kerosene in water, and the results are comparable to the results obtained with the Coulter counter method. In the use of various types of bars, variations in bars shape and variations in bar length, the combination of the Rosin-Rammler equation and the Buoyancy Weighing-Bar Method can measure the droplet size distribution of kerosene in water.

Keyword: *buoyancy weighing bar, droplet size distribution, Rosin-Rammler, water, kerosene*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v12i1.11269>

1. Pendahuluan

Sampai saat ini, metode pengapungan batang (*Bouyancy Weighing-bar Method* atau BWM) lebih banyak digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel (padat), sedangkan untuk mengukur distribusi ukuran gelembung (*droplet size distribution* atau DSD) masih minim dan diperlukan pengembangan ataupun penelitian lebih lanjut. Pengukuran DSD penting diketahui dalam pemisahan cair-cair, terutama terhadap campuran dua jenis cairan yang berbeda densitas. Pengukuran distribusi ukuran gelembung sudah bisa dilakukan dengan berbagai metode, seperti *Coulter counter*, *Microscopy*, *Time Domain Pulse NMR*, dan lain-lain. Namun, disamping kelebihannya yang mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat, teknik pengukuran dari DSD di atas memiliki kekurangan seperti tidak terdeteksinya DSD pada konsentrasi minyak yang rendah [1] dan harga alat yang sangat mahal.

Salah satu metode yang dikembangkan untuk mendeteksi DSD adalah metode BWM. Metode ini hanya membutuhkan peralatan sederhana, namun mampu memberikan akurasi yang tinggi dalam penentuan DSD [2, 3]. Prinsip pada metode ini adalah perubahan densitas pada suspensi akibat perpindahan partikel/*droplet* yang diukur dengan menimbang perubahan massa batang yang digantung dalam suspensi, dan distribusi ukuran *droplet* (DSD) dihitung dengan menggunakan persamaan Stokes, Allen, dan Newton [4].

Namun perlu diketahui bahwa metode pengapungan batang ternyata tidak dapat mengukur distribusi ukuran partikel/*droplet* pada ukuran tertentu. Jika ukuran *droplet* berkisar lebih kecil dari 5 μm , maka hasil yang ditunjukkan tidak akan sesuai dengan pembandingan. Hal ini dapat diatasi dengan mengaplikasikan persamaan Rosin-Rammler yang biasa dipergunakan sebagai fungsi distribusi ukuran partikel. Pada penelitian ini, persamaan Rosin-Rammler digunakan untuk memprediksi DSD kerosin dalam air yang tidak dapat ditentukan oleh Metode Pengapungan Batang.

Pada dasarnya, fungsi distribusi ukuran partikel digunakan untuk mengkarakterisasi sistem yang tersebar seperti bubuk dan *droplet* (gelembung). Seringkali fungsi distribusi matematis disesuaikan dengan distribusi ukuran untuk mendapatkan parameter ukuran tertentu, misalnya untuk tujuan pemodelan. Distribusi ukuran partikel oleh Rosin-Rammler adalah salah satu fungsi distribusi yang sudah banyak digunakan di berbagai bidang aplikasi [3-6].

Emulsi terdiri dari dua fasa cair yang tidak menyatu yaitu antara fasa terdispersi dan fasa kontinu. Fasa terdispersi adalah fasa yang berperan dalam pembentukan gelembung dan fasa kontinu adalah fasa yang membentuk matriks dimana gelembung tersuspensi [7]. Dalam hal emulsi minyak dan air, ada dua jenis tipe emulsi yang mungkin terjadi yaitu minyak dalam air (M/A) yaitu gelembung dari minyak terdispersi dalam air, dan air dalam minyak (A/M) yaitu gelembung dari air terdispersi dalam minyak [8]. Sifat dari emulsi bergantung pada volume fasa kontinu dan fasa terdispersi. Jika viskositas fasa kontinu meningkat, maka kestabilan dari emulsi akan meningkat. Semakin besar ukuran gelembung dan semakin sedikit volume fasa kontinu akan membuat emulsi kurang stabil [9].

Pada tangki berpengaduk laju perpindahan massa antara sistem fasa cair-cair tidak hanya bergantung pada dinamika gerak dari dua cairan yang bercampur, tetapi lebih kepada ukuran dari gelembung. Ukuran gelembung dapat terbentuk dari pemecahan gelembung ataupun penggabungan gelembung. Pemecahan gelembung terjadi pada aliran turbulen. Penggabungan gelembung tergantung pada frekuensi tumbukan dan efisiensi penggabungan antar gelembung. Semakin besar fraksi fasa terdispersi, maka akan semakin besar tumbukan terjadi [10].

Ukuran gelembung yang kecil yang dihasilkan oleh homogenisasi dapat meningkatkan fasa terdispersi, sebagai akibatnya viskositas semakin meningkat dan penyerapan *emulsifier* dapat meningkat. Ketidackukupan *emulsifier* dalam menyelubungi permukaan gelembung akan menyebabkan *coalescence*. Pengemulsian juga membutuhkan waktu homogenisasi yang tepat. Intensitas dan lama proses pencampuran tergantung waktu yang diperlukan untuk melarutkan dan mendistribusikannya secara merata [11].

Kerusakan atau destabilisasi emulsi terjadi melalui tiga mekanisme utama yaitu *creaming*, *flocculation* dan *coalescence*. *Creaming* merupakan proses pemisahan yang terjadi karena gerakan-gerakan ke atas/ke bawah, hal ini terjadi karena gaya gravitasi terhadap fase-fase yang berbeda densitasnya. *Flocculation* merupakan agregasi dari gelembung. Pada *flocculation* tidak terjadi pemusatan film antar permukaan sehingga jumlah dan ukuran globula tetap. Terjadinya *flocculation* akan mempercepat terjadinya *creaming*. *Coalescence* adalah penggabungan gelembung menjadi gelembung yang lebih besar. Pada tahap ini terjadi pemusatan film antar permukaan sehingga ukuran gelembung berubah [11].

2. Metode

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah kerosin ($\rho = 810 \text{ kg/m}^3$) dan air ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). Peralatan utama yang digunakan adalah neraca analitik FS AR-210 dengan tingkat ketelitian 0,0001 g yang memiliki pengait di bawah, batang logam yang berfungsi sebagai pendeteksi perpindahan gelembung cairan yang terbuat dari aluminium ($\rho = 2826,654 \text{ kg/m}^3$), tembaga ($\rho = 8916,787 \text{ kg/m}^3$), perunggu ($\rho = 9219,818 \text{ kg/m}^3$), dan besi ($\rho = 8016,630 \text{ kg/m}^3$). Batang logam berjenis besi divariasikan dengan bentuk silinder, segi empat, segi enam dan *sheet*. Batang logam berjenis aluminium divariasikan dengan panjang 21 cm, 16 cm, 11 cm, dan 6 cm. Alat lain yang digunakan adalah pengaduk khusus untuk menghomogenkan suspensi di awal percobaan, serta *Gas Chromatography* sebagai pembanding/penguji kemurnian hasil pemisahan kerosin dan air [4].

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mencampurkan kerosin ke dalam air pada suhu 298 K (suhu kamar) sehingga terbentuk dua lapisan dengan perbandingan konsentrasi 2% kerosin : 98% air. Pencampuran ini akan membentuk 2 lapisan, yaitu lapisan atas (kerosin) dan lapisan bawah (air). Untuk mengetahui bahwa kerosin dan air sudah terpisah secara sempurna, maka BWM digunakan dengan memvariasikan panjang batang, bentuk batang, dan jenis batang. Pada metode ini, batang logam akan digunakan untuk mendeteksi perpindahan massa gelembung yang mengapung. Suhu ruangan dan suhu cairan adalah 298 K (suhu kamar). Semua campuran diaduk sebelum dilakukan pengukuran. Lama pengukuran maksimal selama 1 jam dan data direkam setiap interval 1 detik. Pada penelitian ini, untuk mengetahui kemurnian pemisahan dari kerosin dan air diuji dengan menggunakan *Gas Chromatography*. Untuk menyiapkan suspensi, 1000 mL campuran dimasukkan ke dalam gelas ukur. Dengan menggunakan tali/benang yang sangat ringan, batang yang sesuai dengan rancangan percobaan di atas digantung pada bagian bawah neraca analitik. Setelah diaduk dengan pengaduk khusus, batang dimasukkan ke dalam suspensi, dan dicatat sebagai $t = 0$ detik. Hal ini berlangsung maksimal selama 1 jam [4].

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dikombinasikan dengan persamaan Rosin-Rammler untuk mengukur DSD yang tidak dapat ditentukan dengan BWM. Penentuan DSD dan parameter persamaan Rosin-Rammler diperoleh dengan menggunakan *Microsoft excel*. Persamaan Rosin-Rammler yang digunakan untuk penentuan DSD ditunjukkan pada persamaan (1) [5-6].

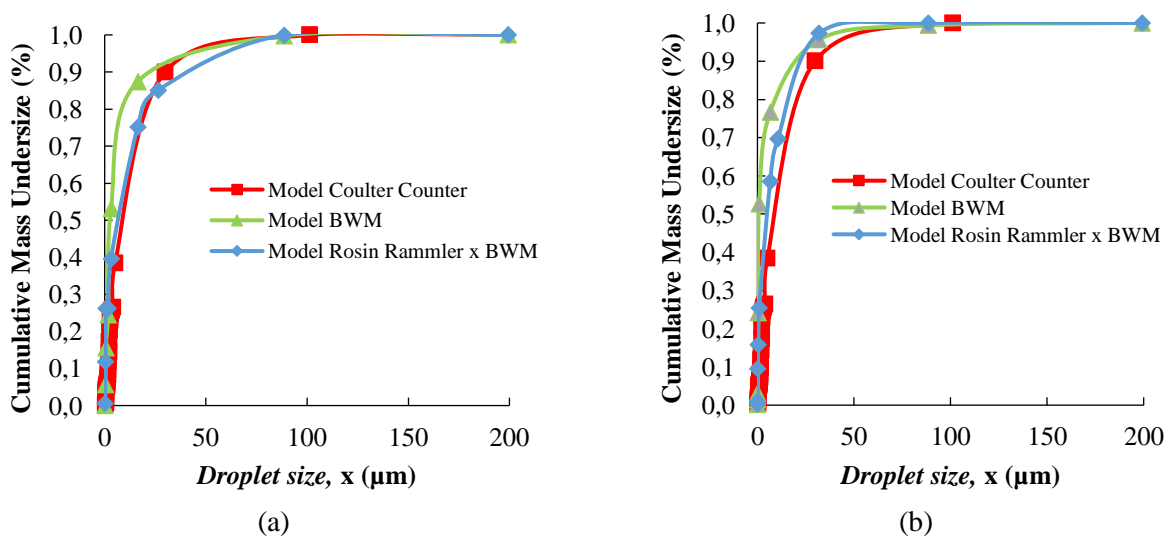
$$F(d) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{x_c} \right)^n \right] \quad (1)$$

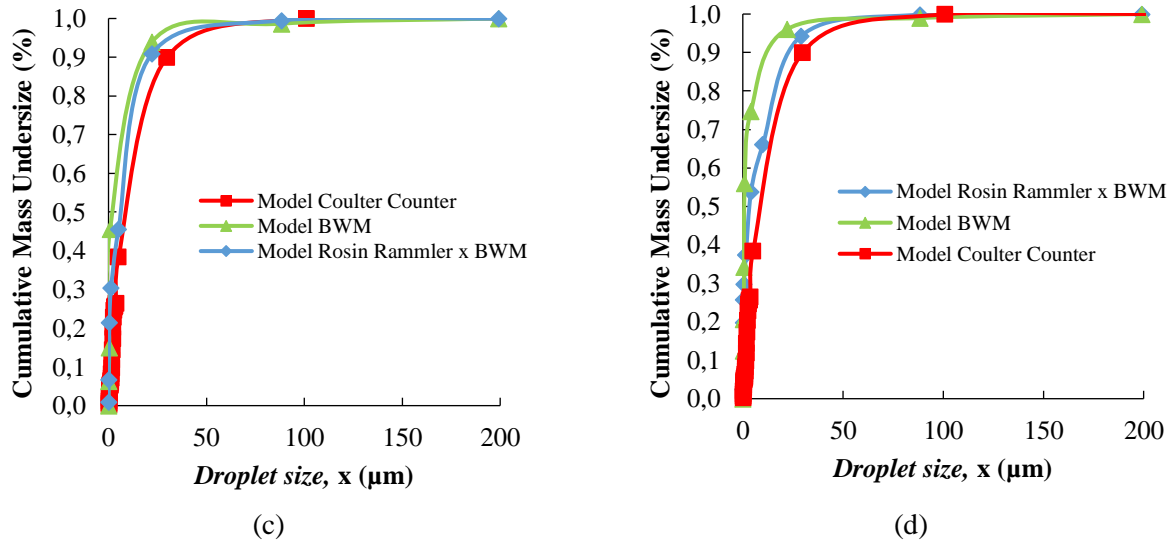
Data hasil penelitian ini kemudian dibandingkan dengan metode *Coulter counter*.

3. Hasil

Evaluasi Model Rosin-Rammler pada Sampel Kerosin dalam Air dengan Variasi Jenis Batang

Gambar 1 merupakan distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air menggunakan BWM dengan variasi jenis batang (a) aluminium (b) tembaga (c) perunggu (d) besi dengan batang berbentuk silinder dan batang sepanjang 21 cm. Pada gambar 1 juga disajikan hasil pengukuran menggunakan metode *Coulter counter* yang dibandingkan dengan penggunaan persamaan Rosin-Rammler menggunakan data hasil pengukuran BWM.



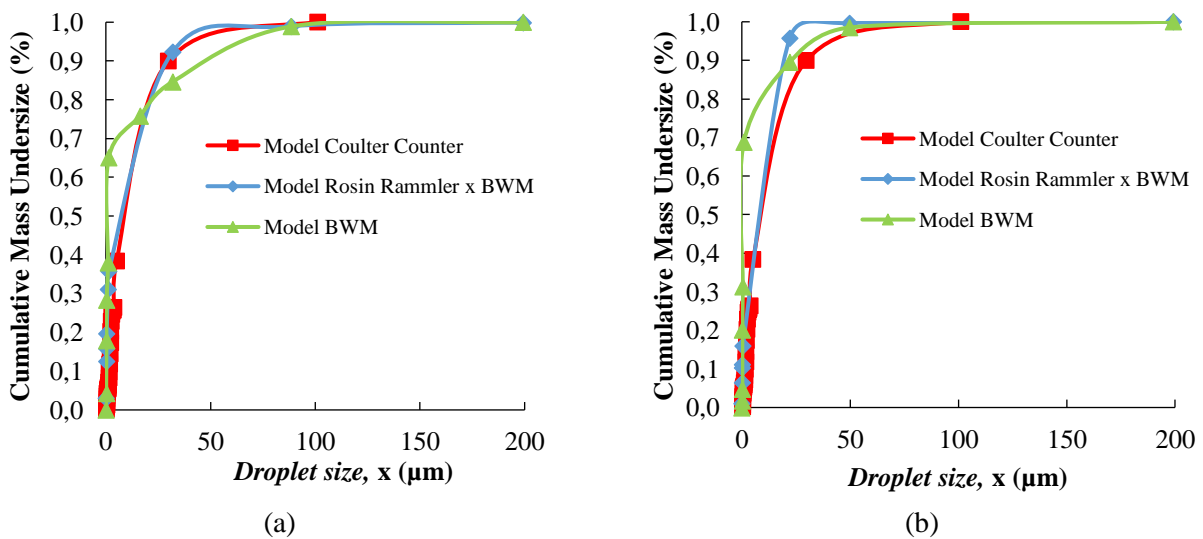


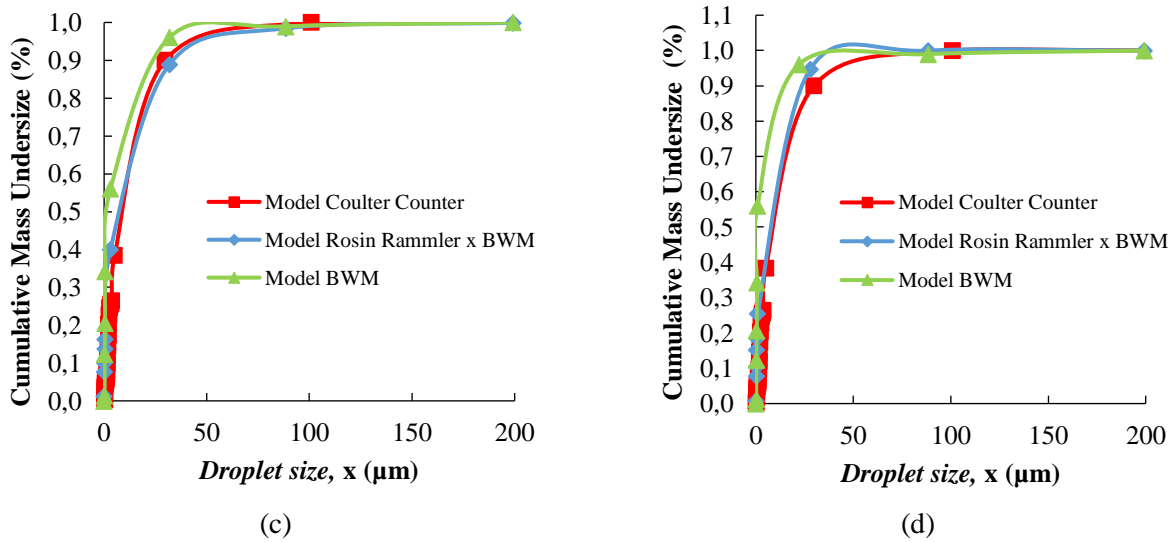
Gambar 1. Distribusi Ukuran Gelembung Kerosin dalam Air dengan Variasi Jenis Batang

Berdasarkan hasil yang diperoleh, persamaan Rosin-Rammler menggunakan data BWM dengan jenis batang aluminium, tembaga, perunggu, dan besi telah sesuai dengan teori, dimana persamaan Rosin-Rammler dapat memperbaiki dan memprediksi data hasil pengukuran yang hasilnya sebanding dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *Coulter counter*. Jumlah data BWM yang digunakan pada gambar 1 paling sedikit delapan data. Jika data yang digunakan kurang dari delapan, maka hasil yang diperoleh akan kurang mendekati metode *Coulter counter*, walaupun hasil yang diperoleh tetap dapat merepresentasikan distribusi ukuran gelembungnya.

Evaluasi Model Rosin-Rammler pada Sampel Kerosin dalam Air dengan Variasi Bentuk Batang

Gambar 2 menunjukkan grafik distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air menggunakan BWM dengan variasi batang berbentuk (a) segi empat (b) segi enam (c) *sheet* (d) silinder dengan batang berjenis besi dan batang sepanjang 21 cm.



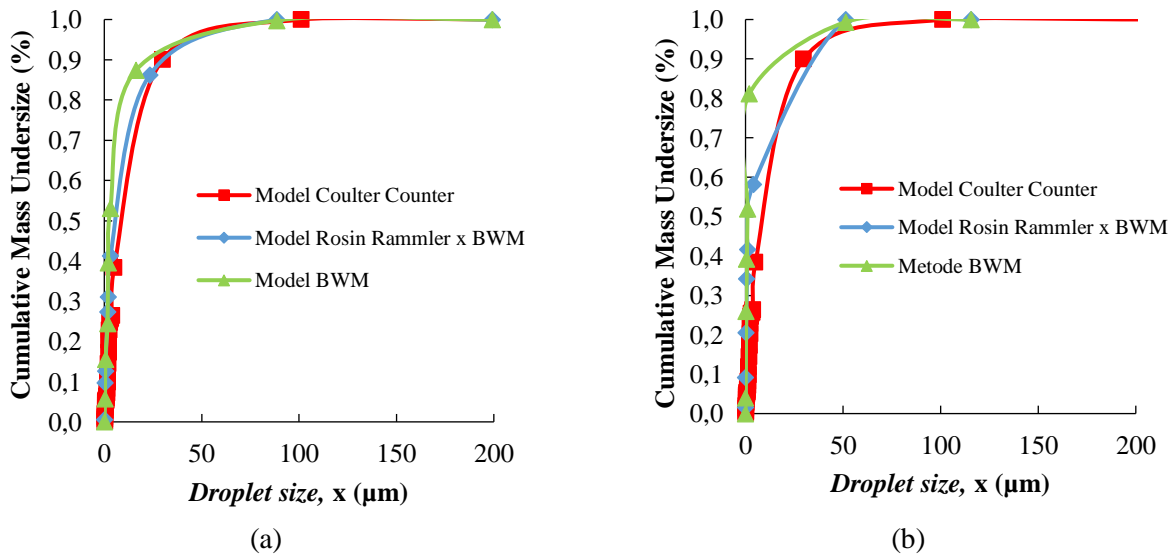


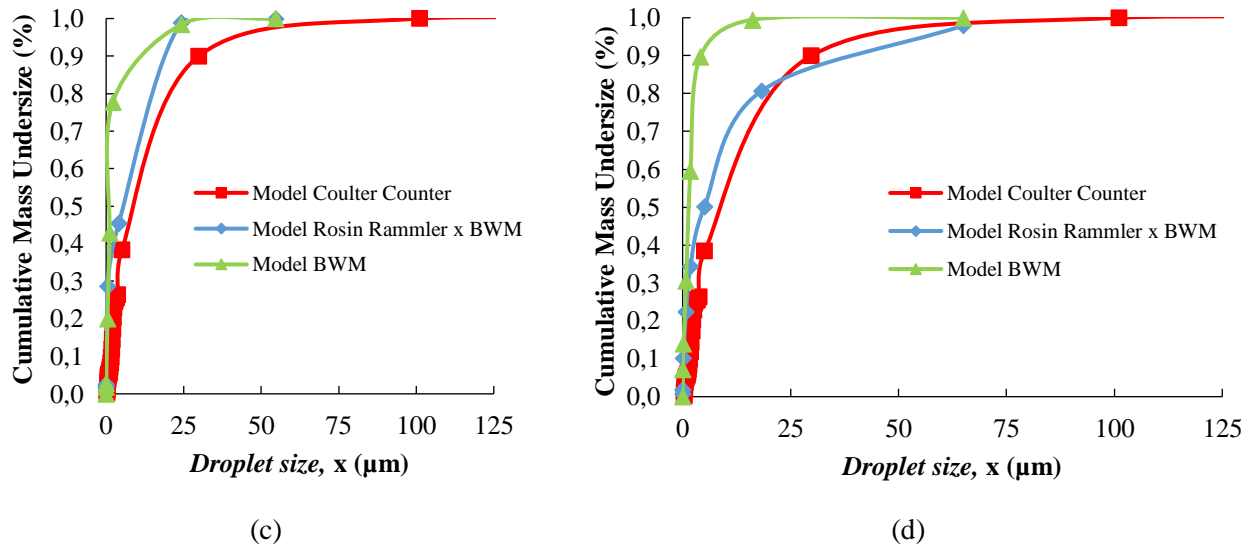
Gambar 2. Distribusi Ukuran Gelembung Kerosin dalam Air dengan Variasi Bentuk Batang

Berdasarkan hasil yang diperoleh, persamaan Rosin-Rammler menggunakan data BWM dengan batang berbentuk segi empat, segi enam, sheet, dan silinder telah sesuai dengan teori, dimana metode Rosin-Rammler dapat memperbaiki dan memprediksi data hasil pengukuran yang hasilnya sebanding dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *Coulter counter*. Pada gambar 2, jumlah data BWM yang digunakan paling sedikit sembilan data. Jika data yang digunakan kurang dari sembilan, maka hasil yang diperoleh akan kurang mendekati metode *Coulter counter*, walaupun hasil yang diperoleh tetap dapat merepresentasikan distribusi ukuran gelembungnya.

Evaluasi Model Rosin-Rammler pada Sampel Kerosin dalam Air dengan Variasi Panjang Batang

Gambar 3 menunjukkan grafik distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air dengan variasi jenis batang (a) 21 cm (b) 16 cm (c) 11 cm (d) 6 cm dengan batang berbentuk silinder dan batang berjenis aluminium.





Gambar 3. Distribusi Ukuran Gelembung Kerosin dalam Air dengan Variasi Panjang Batang

Pada gambar 3 dapat dilihat distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air menggunakan BWM dengan variasi panjang batang 21 cm, 16 cm, 11 cm, dan 6 cm. Berdasarkan hasil yang diperoleh, persamaan Rosin-Rammler menggunakan data BWM panjang batang 21 cm, 16 cm, 11 cm, dan 6 cm telah sesuai dengan teori, dimana metode Rosin-Rammler dapat memperbaiki dan memprediksi data hasil pengukuran yang hasilnya sebanding dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *Coulter counter* dengan jumlah data BWM yang digunakan paling sedikit delapan data. Jika data yang digunakan kurang dari delapan, maka hasil yang diperoleh akan kurang mendekati dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode *Coulter counter*, walaupun hasil yang diperoleh tetap dapat merepresentasikan distribusi ukuran gelembungnya.

4. Kesimpulan

Kombinasi BWM dan persamaan Rosin-Rammler dapat mengukur DSD kerosin dalam air dan hasilnya sebanding dengan metode *Coulter counter*. Pada penggunaan jenis batang aluminum tembaga, perunggu, dan besi, kombinasi model Rosin-Rammler dan BWM dapat mengukur distribusi ukuran gelembung kerosin dalam air dan memberikan prediksi data terbaik dengan jumlah titik data minimal 8. Pada penggunaan bentuk batang segi empat, segi enam, *sheet*, dan silinder, serta pada penggunaan panjang batang 21 cm, 16 cm, 11 cm, dan 6 cm, kombinasi model Rosin-Rammler dan BWM dapat mengukur DSD kerosin dalam air dan memberikan prediksi data terbaik, dengan jumlah titik data minimal 9.

5. Konflik Kepentingan

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

Daftar Pustaka

- [1] V. K. Stokes and A. C. Harvey, "Drop size distributions in oil water mixtures," *International Oil Spill Conference*, 1973, vol. 1973, no. 1, pp. 457–465.
- [2] R. Tambun, T. Motoi, M. Shimadzu, Y. Ohira, and E. Obata, "Size distribution measurement of floating particles in the Allen region by a buoyancy weighing-bar method," *Adv. Powder Technol.*, vol. 22, no. 4, pp. 548–552, 2011, doi: 10.1016/j.apt.2010.11.012.
- [3] Y. Ohira, K. Nakano, R. Tambun, M. Shimadzu, M. Ohta, and E. Obata, "Size distribution measurement of floating spherical particles by the buoyancy weighing-bar method," *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, vol. 37, no. 4, 2011, doi: 10.1252/kakoronbunshu.37.310.
- [4] 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," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 9, no. 1, pp. 21–25, 2020.
- [5] M. Alderliesten, "Mean particle diameters. Part VII. the Rosin-Rammler size distribution: Physical and mathematical properties and relationships to moment-ratio defined mean particle diameters," *Part. Part. Syst. Charact.*, vol. 30, no. 3, pp. 244–257, 2013, doi: 10.1002/ppsc.201200021.
- [6] R. Tambun, K. Furukawa, M. Hirayama, M. Shimadzu, S. Y. Yamanaka, and Y. Ohira, "Measurement

- and estimation of the particle size distribution by the buoyancy weighing-bar method and the Rosin-Rammler equation,” *J. Chem. Eng. Japan*, vol. 49, no. 2, pp. 229–233, 2016, doi: 10.1252/jcej.14we129.
- [7] D. H. F. Liu and B. G. Lipták, *Environmental engineers’ handbook*. CRC press, 1997.
- [8] 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, doi: 10.1016/j.powtec.2010.04.015.
- [9] S. T. Beckett, “Physico-Chemical Aspects of Food Processing.” Springer Science & Business Media, 2012. doi: 10.1007/978-1-4613-1227-7.
- [10] S. Maaß, A. Gäbler, A. Zaccone, A. R. Paschedag, and M. Kraume, “Experimental investigations and modelling of breakage phenomena in stirred liquid/liquid systems,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 85, no. 5 A, pp. 703–709, 2007, doi: 10.1205/cherd06187.
- [11] D. J. McClements, *Food emulsions: Principles, Practices, and Techniques*. CRC press, 2004.