

Karakteristik Geometris Partikel Es pada Ice Slurry Generator Menggunakan Scraper Simetris Berlapis Teflon

Fajri Ashfi Rayhan¹, Abdul Rafii Lazuardian Ramadhan¹, Agus Pamitran^{1,*}
dan Mufti Petala Patria²

¹Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia – Depok

²Departemen Biologi, Universitas Indonesia – Depok

*Korespondensi: pamitran@eng.ui.ac.id

Abstrak. Kebutuhan teknologi pendinginan untuk pengawetan ikan sangatlah penting saat ini. *Ice slurry* merupakan salah satu media pendingin yang memiliki kalor laten yang lebih tinggi dibandingkan media pendingin lainnya seperti *flake ice*, *block ice*, *tubular ice*, *plate ice* maupun *chilled water*. Dengan menggunakan mikroskop pengujian ini memvariasikan putaran *scraper*, *flow rate* dan salinitas air laut untuk mendapatkan visualisasi karakteristik partikel *ice slurry*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa partikel-partikel kristal es cenderung berbentuk elipsoidal. Semakin besar salinitas air laut maka diameter partikel es semakin kecil. Akan tetapi, variasi kombinasi putaran *scraper* dan *flow rate* tidak mempengaruhi perubahan diameter partikel es secara signifikan.

Kata kunci: *ice slurry*, partikel es, salinitas, mikroskop

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Hasil tangkap perikanan memiliki proses pembusukan yang cepat diakibatkan oleh sifat *bio-chemical* dan mekanisme penurunan mikroba pada tubuh ikan [1]. Untuk dapat menghasilkan produk segar, diperlukan beberapa pilihan metode pengawetan ikan, yaitu penggaraman, pengeringan, pengasapan, fermentasi, pengalengan, dan pendinginan. Dari sekian pilihan tersebut, metode yang paling sering dilakukan oleh nelayan pesisir adalah penggaraman. Akan tetapi metode penggaraman dapat merubah seluruh struktur fisik dan kimia ikan. Metode pendinginan ikan menjadi opsi yang paling menjanjikan untuk menjaga kualitas ikan dari proses penangkapan sampai konsumen [2].

Flake ice merupakan salah satu jenis es yang paling banyak digunakan untuk mendinginkan hasil tangkap ikan dalam skala besar [3]. Sistem pendinginan lainnya yang sering digunakan adalah : *Refrigerated Sea Water (RSW)* [4], *Chilled Sea Water (CSW)* dan penambahan zat kimia pada ikan [5]. Cara lain yang lebih efektif pada teknik pendinginan produk ikan adalah dengan menggunakan media *ice slurry* (bubur es). Penggunaan *ice slurry* sudah banyak dilakukan pada berbagai industri makanan, perikanan, perternakan, sistem HVAC, *Medical cooling* dan *ice pigging* [6,7,8,9].

Ice slurry adalah es dengan perubahan fase sekunder fluida yang terdiri dari bentuk cairan dan juga bentuk padat dengan fraksi tertentu. Pada dasarnya, prinsip pembentukan *ice slurry* adalah dengan penambahan zat aditif pada fluida yang akan

dibuat sebagai media *ice slurry*. Penambahan zat aditif ini berfungsi utama yaitu untuk menurunkan titik beku, viskositas, dan juga menambah nilai konduktivitas thermal, serta kapasitas kalor dari fluida tersebut [10]. Beberapa zat additif yang kerap digunakan pada industri refrigerasi adalah *sodium chloride*, *ethanol*, *ethylene glycol*, *propylene glycol*, dan juga air laut [10,11]. Secara umum partikel *ice slurry* memiliki dimensi diameter sekitar 25mm – 0.1 mm [13,14].

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji laju pertumbuhan partikel *ice slurry* secara spesifik (ukuran diameter dan fraksi es) terhadap pengaruh waktu, salinitas air laut, variasi putaran *scraper* dan *flow rate* air laut. Studi karakteristik geometris ditujukan untuk mendapatkan karakteristik *ice slurry* yang optimum, sehingga penggunaan *ice slurry generator* dapat menjadi lebih efisien sesuai dengan kebutuhan.

Metode Penelitian

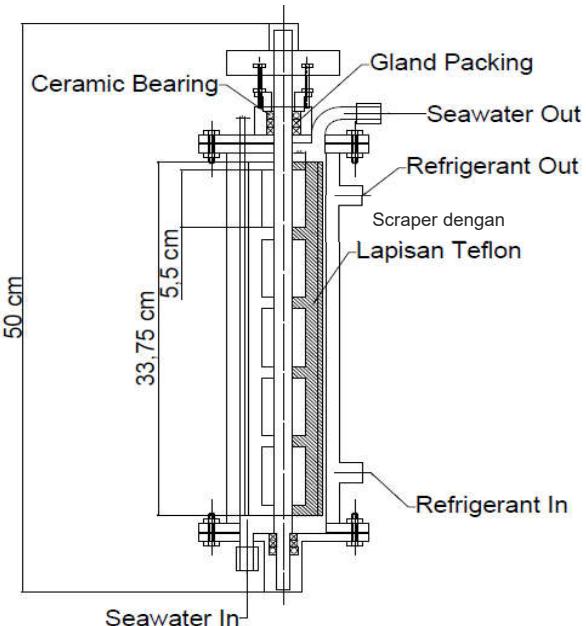
Ice slurry generator merupakan mesin yang bekerja dengan dua siklus yang berjalan bersamaan. Siklus pertama merupakan siklus kompresi-uap yang terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Siklus kedua adalah siklus aliran air laut yang dipompa dari reservoir air menuju ke evaporator dan kembali lagi ke reservoir air. Skema dari sistem *ice slurry* ditunjukkan oleh Gambar 1.

Sistem *ice slurry generator* terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain : (a) *condensing unit* sebagai komponen utama pada siklus kompresi-uap

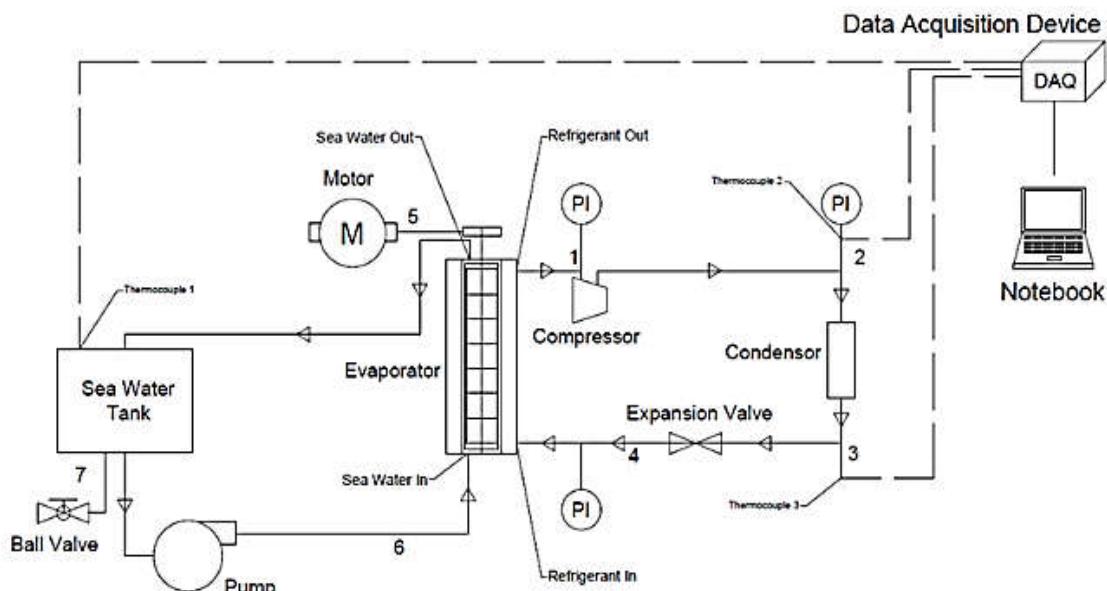
dengan daya 373 Watt dan menggunakan R-290, (b) Motor listrik sebagai penggerak *scraper* dengan daya 0.75 kW, (c) *Magnetic Pump* sebagai komponen utama untuk siklus air laut [15], dengan daya 65 Watt, (d) *Thermocouple* tipe K yang di pasang 5 titik pada sistem, yaitu pada inlet kompresor, outlet kompresor, inlet katup ekspansi, outlet katup ekspansi dan inlet tangki air laut, (e) Dua buah inverter untuk mevariasikan putaran *scraper* dan *flow rate* pompa.

Desain evaporator ditunjukkan pada Gambar 2. Generator *ice slurry* terdiri atas dua buah silinder *stainless steel* dengan tinggi yang sama namun berdiameter berbeda dan diposisikan secara konsentris dan sejajar. Silinder berdiameter lebih besar untuk sirkulasi media *refrigerant* dan silinder berdiameter lebih kecil untuk aliran air laut.

Scraper merupakan *shaft* dengan *blade* terpasang pada bagian dalam evaporator berfungsi untuk menahan penebalan lapisan es pada dinding tabung evaporator dan untuk menjaga homogenitas larutan yang tersirkulasi.



Gambar 2. Desain *ice slurry* generator



Gambar 1. Skema sistem *ice slurry*

Pamitran dan Dhanitya dalam penelitiannya menyatakan bahwa material *stainless steel* tipe 304 tidak cocok untuk *scraper* pada sistem *ice slurry*, karena akan terjadi korosi dan terjadi pemberhentian *scraper* yang disebabkan oleh membekunya *scraper* (*freeze up*) [16][17]. Pada penelitian ini grade *stainless steel* ditingkatkan menjadi 316 dan dilapisi dengan teflon. Tujuan dilapisi dengan teflon pada *scraper* adalah sebagai *moving part* untuk mencegah friksi langsung antara *blade* dengan lapisan es.

Untuk visualisasi partikel es, digunakanlah mikroskop digital yang memiliki kemampuan perbesaran hingga 1000 kali sedangkan untuk mengukur

salinitas air laut digunakan refraktometer. Volume air laut yang digunakan pada penelitian ini adalah 5 liter. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur suhu air laut yang keluar dari evaporator. Pengambilan data dengan melakukan variasi antara debit air laut dan putaran *scraper*.

Terdapat tiga variasi kombinasi debit air laut dan motor penggerak *scraper* yang digunakan, yaitu: (a) Debit air laut 1.8 liter per-menit dan putaran *scraper* 335 rpm, (b) Debit air laut 2 liter per-menit dan putaran *scraper* 401 rpm, (c) Debit air laut 2.1 liter per-menit dan putaran *scraper* 423 rpm. Visualisasi dilakukan dengan cara mengambil gambar mikroskopis setelah partikel es diproduksi dari generator

ice slurry. Pengambilan gambar mikroskopis dilakukan dengan 4 urutan waktu, yaitu saat menit nol, menit dua, menit empat, dan menit enam. Metode pengambilan gambar ini dilakukan sama untuk setiap variasi salinitas, yaitu 10 ppt, 15 ppt, 18 ppt, 20 ppt, 22 ppt, dan 25 ppt.

Pada visualisasi partikel es, dikarenakan hampir setiap partikel yang tervisualisasi memiliki bentuk menyerupai sferis, maka untuk perhitungan ukuran luas dilakukan dengan pendekatan luas lingkaran. Pada pendekatan luas lingkaran (A) akan didapatkan nilai diameter Feret. Diameter Feret adalah panjang diameter untuk bentuk-bentuk bidang menyerupai sferis. Diameter Feret memenuhi persamaan:

$$D_f = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (1)$$

Untuk melihat pertumbuhan diameter pada partikel *ice slurry* terhadap waktu, dapat berlaku persamaan:

$$D_f = E + Bt^C \quad (2)$$

Pada laju pertumbuhan partikel es terhadap waktu berlaku persamaan :

$$\frac{d(D_f)}{dt} = BCt^{C-1} \quad (3)$$

Fraksi es adalah perbandingan antara kandungan partikel es (solid) terhadap air (liquid) pada larutan *ice slurry* [18]. Perhitungan fraksi es dapat dilakukan dengan dua persamaan berikut :

$$\mu = \frac{\rho_{es}}{\rho_{is}} \left(\frac{\rho_{sol} - \rho_{is}}{\rho_{sol} - \rho_{es}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

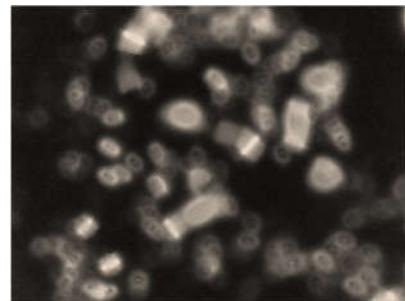
$$\mu = P + Qt^R \quad (5)$$

Hasil dan Pembahasan

Sampel es yang diteliti menggunakan mikroskop dengan perbesaran maksimum 1000 kali ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya gambar yang didapatkan dari mikroskop harus dilakukan analisis menggunakan *software* pengolah gambar. Terlihat bahwa pada gambar asli (dari mikroskop) garis pembatas setiap pertikel saling tumpang tindih. Keadaan ini membuat pengukuran partikel es tidak dapat langsung dilakukan.

Untuk melakukan analisis pengukuran gambar selanjutnya, gambar asli harus dilakukan *threshold*, dimana gambar partikel diisi, sehingga dapat lebih mudah untuk dianalisis. Gambar hasil *threshold* ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar *threshold* akan memudahkan untuk melakukan analisis perhitungan luas.

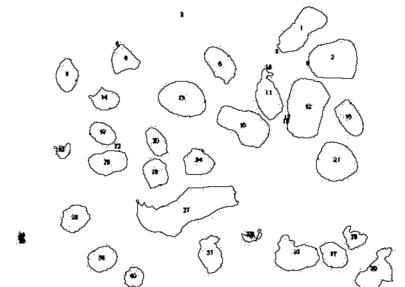
Selanjutnya akan didapatkan gambar *outline* dari setiap partikel es. Gambar *outline* ini akan mempermudah dalam mendata ukuran per partikel dan juga letak dari setiap partikel tersebut. Gambar *outline* ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 3. Partikel es sebelum dilakukan analisis



Gambar 4. Partikel es setelah di-*threshold*

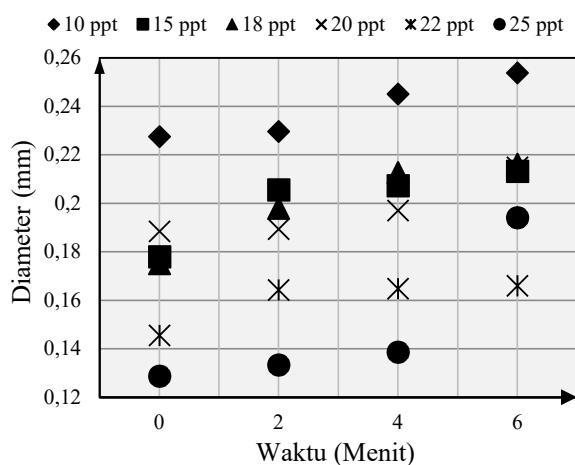


Gambar 5. *Outline* dari partikel es

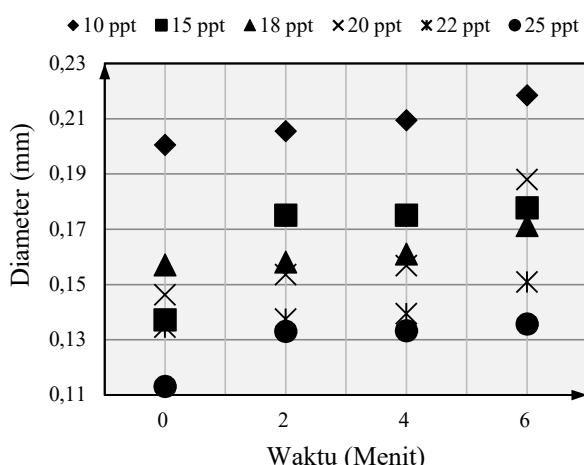
Hasil dari perolehan data (Gambar 6. 7 & 8) menunjukkan satu kecendrungan yang hampir sama, yaitu diameter es akan meningkat seiring dengan berjalannya waktu operasi *ice slurry generator*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Hansen dkk. [19]. Salinitas juga mempengaruhi diameter partikel es. Hal ini disebabkan tingkat konsentrasi NaCl sebagai zat additif penurun titik beku larutan.

Dari hasil penelitian dapat terlihat bahwa tren perubahan ukuran diameter rata rata partikel es mengelir seiring dengan bertambah tingginya tingkat konsentrasi zat aditif (*saline content*). Hasil ini sejalan dengan penelitian Kitanovski dkk [14].

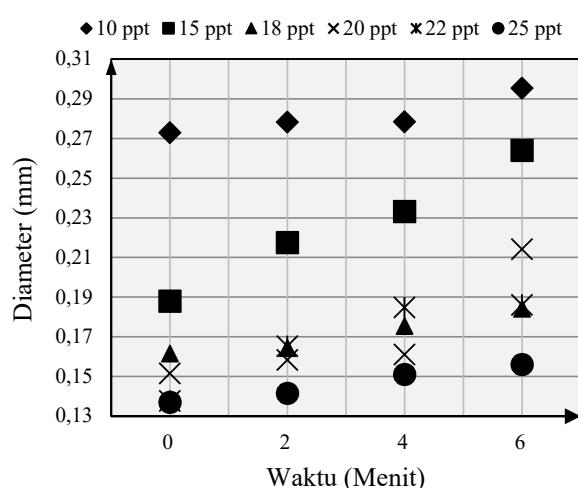
Semakin tinggi tingkat konsentrasi dari zat additif *freezing point depressant* yang digunakan, maka *boundary layer* antar setiap partikel es akan menjadi semakin rapat [19].



Gambar 6. Grafik laju pertumbuhan es dengan debit air laut 1.8 liter per-menit dan *scraper* 423 rpm



Gambar 7. Grafik laju pertumbuhan es dengan debit air laut 2 liter per-menit dan *scraper* 401 rpm.



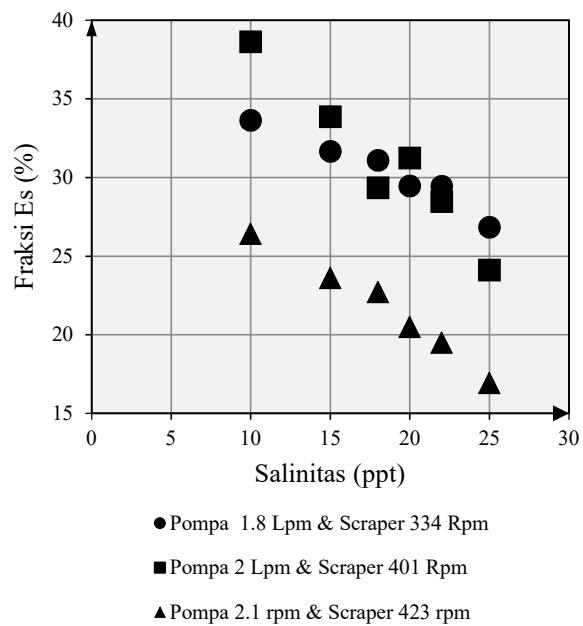
Gambar 8. Grafik laju pertumbuhan es dengan debit air laut 2.1 liter per-menit dan *scraper* 423 rpm.

Pada variasi debit air laut dan motor penggerak *scraper* terdapat hasil yang sama, yaitu setiap partikel es meningkat ukurannya seiring berjalananya waktu. Akan tetapi, tidak terlihat pengaruh signifikan dari putaran pompa (atau debit air laut) dan motor penggerak *scraper* terhadap laju pertumbuhan ukuran diameter partikel *ice slurry*.

Pada Gambar 9, terlihat bahwa semakin tinggi tingkat salinitas air laut maka pertumbuhan es akan semakin lambat. Dapat terlihat pada salinitas rendah maka fraksi es lebih tinggi. Meningkatnya ukuran diameter per partikel es pada *ice slurry* diikuti oleh peningkatan fraksi es.

Hal ini menunjukkan bahwa larutan *ice slurry* semakin memiliki kalor laten yang tinggi, maka semakin bertambahnya kandungan partikel es. Kitnovski dkk menyatakan dalam penelitiannya bahwa bentuk dan dimensi dari partikel es mempengaruhi besaran fraksi es [14].

Hasil penelitian juga menunjukkan pengaruh debit air laut dan motor penggerak *scraper*. Semakin tinggi debit air laut dan putaran *scraper* maka semakin lambat terbentuknya es. Peristiwa ini dapat terlihat dari jumlah fraksi es yang relatif lebih kecil pada putaran yang lebih tinggi.



Gambar 9. Grafik perubahan fraksi es terhadap variasi salinitas air laut

Kesimpulan

Penelitian ini mengobservasi laju pertumbuhan partikel es secara geometris partikel dan fraksi es terhadap waktu. Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Partikel-partikel kristal es cenderung berbentuk ellipsoidal (menyerupai lingkaran), sehingga

- dapat dilakukan pendekatan secara geometri lingkaran dalam investigasi ukurannya.
- Semakin tinggi salinitas maka ukuran geometris partikel es dan fraksi es akan semakin kecil.
 - Fraksi es juga meningkat seiring dengan waktu operasi ice slurry generator.
 - Variasi kombinasi debit pompa dan motor penggerak *scraper* tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam perubahan ukuran diameter partikel *ice slurry*.
 - Semakin tinggi debit air laut dan putaran motor penggerak *scraper* akan menyebabkan fraksi es menjadi lebih rendah.

Peryataan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Fundamental 2017, RISTEKDIKTI.

Referensi

- [1] F. Shahidi, "Proteins from seafood processing discards," in *Seafood proteins*, Springer, 1994, pp. 171–193.
- [2] G. M. Pigott and B. W. Tucker, "Science opens new horizons for marine lipids in human nutrition," *Food Rev. Int.*, vol. 3, no. 1–2, pp. 105–138, 1987.
- [3] M. L. Nunes, I. Batista, and R. M. De Campos, "Physical, chemical and sensory analysis of sardine (Sardina pilchardus) stored in ice," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 59, no. 1, pp. 37–43, 1992.
- [4] L. Kraus, "Refrigerated sea water treatment of herring and mackerel for human consumption," *Pelagic fish. Resour. its Exploit.*, pp. 73–81, 1992.
- [5] K. T. Hwang and J. M. Regenstein, "Hydrolysis and oxidation of mackerel (Scomber scombrus) mince lipids with NaOCl and NaF treatments," *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 19–30, 1996.
- [6] T. H. Kuehn, J. W. Ramsey, and J. L. Threlkeld, *Thermal environmental engineering*, vol. 188. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1998.
- [7] M. Kauffeld, M. J. Wang, V. Goldstein, and K. E. Kasza, "Ice slurry applications," *Int. J. Refrig.*, vol. 33, no. 8, pp. 1491–1505, Dec. 2010.
- [8] I. Bellas and S. A. Tassou, "Present and future applications of ice slurries," *Int. J. Refrig.*, vol. 28, no. 1, pp. 115–121, Jan. 2005.
- [9] M. J. Wang and N. Kusumoto, "Ice slurry based thermal storage in multifunctional buildings," *Heat Mass Transf.*, vol. 37, no. 6, pp. 597–604, 2001.
- [10] R. Singh and S. S. Kachhwaha, "Experimental Studies on a Scrapped Surface Ice Slurry Generator."
- [11] A. Melinder, "Properties and other aspects of aqueous solutions used for single phase and ice slurry applications," *Int. J. Refrig.*, vol. 33, no. 8, pp. 1506–1512, Dec. 2010.
- [12] E. Stamatou, J. W. Meewisse, and M. Kawaji, "Ice slurry generation involving moving parts," *Int. J. Refrig.*, vol. 28, no. 1, pp. 60–72, 2005.
- [13] P. W. Egolf and M. Kauffeld, "From physical properties of ice slurries to industrial ice slurry applications," *Int. J. Refrig.*, vol. 28, no. 1, pp. 4–12, Jan. 2005.
- [14] A. Kitanovski, D. Vuarnoz, D. Ata-Caesar, P. W. Egolf, T. M. Hansen, and C. Doetsch, "The fluid dynamics of ice slurry," *Int. J. Refrig.*, vol. 28, no. 1, pp. 37–50, 2005.
- [15] B. Frei and H. Huber, "Characteristics of different pump types operating with ice slurry," *Int. J. Refrig.*, vol. 28, no. 1, pp. 92–97, Jan. 2005.
- [16] A. S. Pamitran, M. Fauzan, and R. Sidqy, "Unjuk Kerja Pembuat Ice Slurry 350W dengan Air Laut," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin XIV*, p. 6, 2015.
- [17] N. Dhanitya, F. A. Rayhan, and A. S. Pamitran, "Unjuk Kerja Ice Slurry Generator Menggunakan Scraper Simetrik Dengan Refrigeran Propane Untuk Pendinginan Ikan Nelayan," *SNTTM XV*, p. 6, 2016.
- [18] A. S. Pamitran, H. D. Ardiansyah, and M. Novviali, "A Review Paper of Sea-Water Ice Slurry Generator and its Application on Indonesian Traditional Fishing," in *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 388, pp. 128–132.
- [19] T. M. Hansen, M. Radosevic, M. Kauffeld, and T. Zwieg, "Investigation of ice crystal growth and geometrical characteristics in ice slurry (RP-1166)," *Hvac&R Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 19–32, 2003.