

# Pengaruh Putaran *Scraper*, *Flowrate* dan Salinitas terhadap Pembentukan Bubur Es pada *Sea Water Ice Slurry Generator*

Intan Permata Sari<sup>1</sup>, Agus Sunjarianto Pamitran<sup>1,\*</sup> dan Idrus Alhamid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia - Depok

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

**Abstrak.** *Sea Water Ice Slurry* merupakan hasil rekayasa sistem pendingin pada evaporator dengan memanfaatkan kandungan garam di dalam air laut sebagai media *freezing point depressing additive*. Teknologi *ice slurry* bisa berperan penting dalam proses penyimpanan ikan di laut lepas karena kualitas ikan yang didinginkan dengan *ice slurry* jauh lebih baik dibandingkan dengan es balok. Evaporator dengan lapisan teflon pada *blade* dengan jarak clearance tertentu dapat mengurangi daya dan mempersingkat waktu pembuatan *ice slurry*. Pengujian ini menggunakan variasi putaran pompa, putaran *scraper*, dan salinitas air laut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi salinitas air laut maka semakin rendah suhu pembentuk *ice slurry*, tetapi semakin tinggi salinitas waktu pembentukan *ice slurry* bertambah. Konsumsi daya listrik terendah untuk merubah 10 liter air laut menjadi *ice slurry* sebesar 0,19 Kwh pada variasi putaran pompa 1005 RPM dan putaran *scraper* 357 RPM. Waktu tercepat terbentuknya *ice slurry* pada putaran pompa konstan 1005 RPM dengan putaran *scraper* 357 RPM selama 22 menit dari suhu awal air laut 15°C.

**Kata kunci:** air laut, ikan, *ice slurry*, salinitas, evaporator

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

*Ice slurry* merupakan suatu campuran homogen antara partikel-partikel es berukuran kecil dengan suatu fluida. Fluida tersebut dapat berupa air murni atau campuran air dengan senyawa penurun titik beku seperti sodium klorida, etanol, etil glikol dan propilen glikol yang sering dipakai dalam industri.

*Ice slurry* yang berbahan dasar air laut sangat cocok pengaplikasiannya pada kapal ikan untuk dituangkan ke hasil tangkapan secara langsung atau setelah beberapa proses. Selain itu, ketersediaan air laut yang berlimpah juga memudahkan para penangkap ikan untuk membuat *ice slurry* menggunakan fluida ini dibanding dengan fluida lainnya. *Seawater Ice slurry* dilansir dapat mendinginkan ikan selama 6 hari. Hal tersebut menyatakan bahwa *ice slurry* dapat mendinginkan ikan lebih baik dibandingkan es balok.

*Ice slurry generator* adalah sebuah alat yang dapat menghasilkan *sea water ice slurry*. *Ice slurry generator* bekerja menggunakan prinsip sistem refrigerasi dengan modifikasi pada bagian evaporatornya. Evaporator yang terdapat pada *ice slurry generator* dirancang khusus untuk mengambil kalor yang berasal dari fluida yang dialirkan di dalamnya dengan cara konveksi dan konduksi pada dinding material pembatas (antara *refrigerant* dan fluida yang mengalir dalam evaporator). Fluida yang dialirkan di dalam evaporator akan mengalami pembekuan akibat penyerapan kalor yang dilakukan oleh *refrigerant*. Untuk mencegah hal tersebut, dibuatlah sebuah *auger shaft* pada evaporator yang

berfungsi untuk menghancurkan es yang terbentuk pada dinding material pembatas.

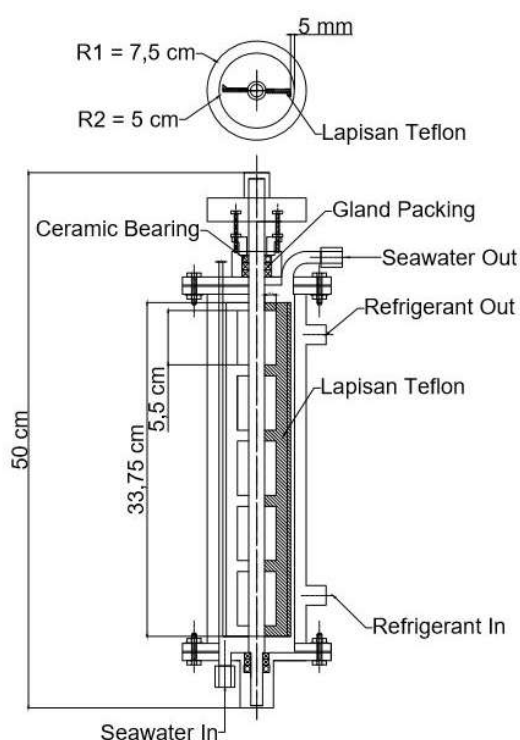
Penelitian generator *ice slurry* dilakukan dengan evaporator *scraper 2 symmetrical blade*. Evaporator didesain dengan menambahkan lapisan Teflon pada bagian *blade* sehingga diharapkan dapat mengurangi gesekan *scraper blade*. Evaporator juga memiliki ukuran *blade* yang disesuaikan sehingga memiliki nilai *clearance* tertentu.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi kebutuhan daya dari *generator ice slurry*. Diharapkan hasil dari modifikasi *scraper blade* yang dilakukan dapat menghasilkan *ice slurry* dengan waktu yang lebih singkat. Selain itu penelitian ini juga berfokus pada pengaruh salinitas terhadap *ice slurry* yang dihasilkan.

## Metode Penelitian

Evaporator yang digunakan pada *ice slurry generator* (Gambar 1) menggunakan prinsip kerja yang diadaptasi dari heat exchanger jenis *concentric tube exchanger (tube in tube)*. *Refrigerant* dialirkan pada tabung yang berdiameter lebih besar dengan menggunakan tekanan rendah dan berada pada fase saturasi sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran kalor secara konveksi dengan dinding tabung yang akan didinginkan, dalam hal ini adalah air laut, melalui dinding tabung yang berdiameter lebih kecil sehingga memungkinkan terjadi penyerapan panas oleh *refrigerant* dan akan mengakibatkan penurunan temperature fluida.

Evaporator memiliki jarak *clearance* sebesar 5 mm dan dilapisi lapisan teflon pada *blade scraper* evaporator. Tujuan jarak *clearance* tertentu dan pelapisan teflon pada *scraper* untuk meminimalkan waktu pembuatan *ice slurry* dan meminimalkan friksi yang terjadi. Pada penelitian ini, produksi *ice slurry* memerlukan dua siklus yang berjalan bersamaan yaitu siklus refrigerasi dan siklus sirkulasi air laut seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Evaporator generator *ice slurry scraper blade* berlapis teflon

Dalam sistem refrigerasi terdapat empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan sekaligus temperatur refrigerant secara isentropik. Kondensor berfungsi sebagai penukar kalor yaitu menyerap kalor (menurunkan temperatur) serta menurunkan tekanan refrigerant secara isobarik sehingga fase refrigerant berubah dari gas menjadi liquid. Katup ekspansi berfungsi menurunkan tekanan refrigerant secara iso-enthalpi sehingga refrigerant dapat menyerap kalor lingkungan dan untuk mengatur *mass flowrate* refrigerant yang akan masuk ke evaporator. Proses pendinginan terjadi pada evaporator dimana refrigerant menerima kalor sehingga fase berubah kembali menjadi gas kemudian masuk kembali ke dalam kompresor, dan seperti itu seterusnya membentuk suatu siklus tertutup yang utuh.

Pada penelitian ini evaporator di desain untuk mendinginkan air laut serta mengubah strukturnya menjadi *ice slurry* yang berfungsi sebagai *secondary refrigerant* untuk mendinginkan ikan.

## Hasil dan Pembahasan

Fungsi dari pompa pada sistem *ice slurry* adalah melakukan sirkulasi air laut pada evaporator yang ditampung didalam tangki es. Pada penelitian ini pompa dibuat dalam keadaan konstan dan putaran *scraper* dilakukan variasi.

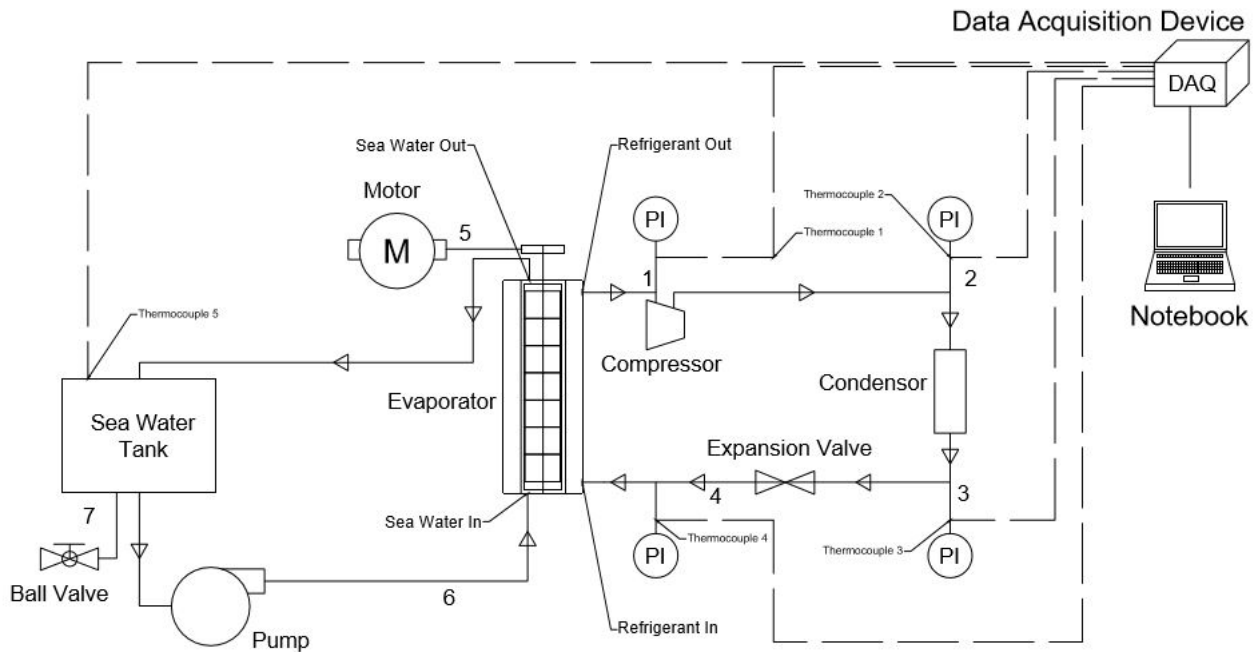
Hasil dari perolehan data terlihat pada Gambar 3, bahwa semakin tinggi putaran *scraper* terhadap putaran pompa yang konstan menghasilkan waktu pembentukan *ice slurry* yang lebih lama, namun dapat mempertahankan performa *scraper* dalam mencegah berhentinya *scraper* secara mendadak. Hal tersebut berdasarkan putaran *scraper* yang tinggi, maka proses perpindahan panas lebih merata pada evaporator dan dengan momen gaya yang besar pada *scraper* dapat terus mengikis es yang tumbuh pada dinding evaporator.

Dari hasil data menunjukkan kebutuhan daya listrik semakin besar dengan meningkatnya putaran *scraper*. Daya listrik terbesar 0,35 kwh pada putaran pompa konstan 1242 RPM dengan putaran *scraper* 423 RPM. Hasil waktu tercepat terbentuknya *ice slurry* pada putaran pompa konstan 1005 RPM dengan putaran *scraper* 357 RPM selama 22 menit dari suhu awal air laut 15°C dan *scraper* dapat terus beroperasi selama 23 menit sampai seluruh air laut berubah menjadi *ice slurry*.

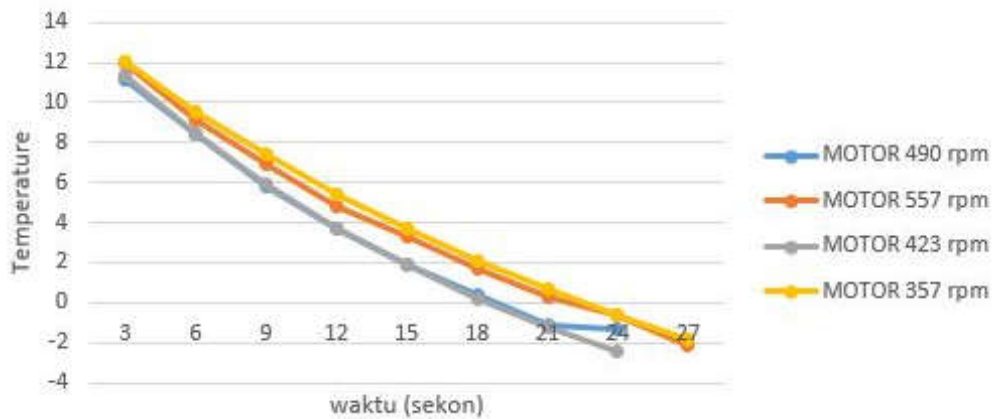
Fungsi dari *scraper* pada sistem *ice slurry* adalah melakukan pengadukan air laut pada evaporator untuk membentuk *ice slurry* dan mengikis pertumbuhan es pada dinding bagian dalam evaporator. Pada penelitian ini putaran *scraper* dibuat dalam keadaan konstan dan putaran pompa dilakukan variasi.

Hasil data keseluruhan pada Gambar 4 menunjukkan semakin tinggi putaran pompa maka temperatur air laut semakin cepat mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan semakin cepat putaran pompa maka semakin cepat pula sirkulasi air laut pada evaporator, sehingga menyebabkan penyerapan panas yang lebih cepat.

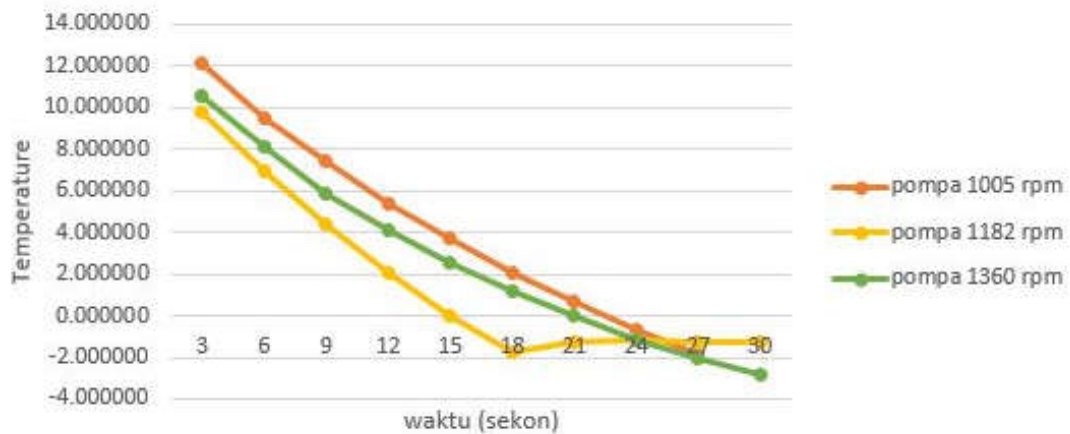
Berdasarkan hasil pengujian kondisi terbaik didapatkan bahwa semakin tinggi putaran pompa dan *scraper* maka membutuhkan waktu yang lama untuk membentuk *ice slurry*, dan semakin tinggi salinitas air laut yang dipakai semakin banyak waktu yang dibutuhkan juga mempengaruhi daya dari generator *ice slurry* dalam menghasilkan *ice slurry*. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan menggunakan tiga kombinasi putaran pompa dan *scraper* paling optimum sambil melihat apakah pengaruh salinitas yang tinggi menghasilkan *ice slurry* yang lebih membutuhkan waktu dan daya atau sebaliknya.



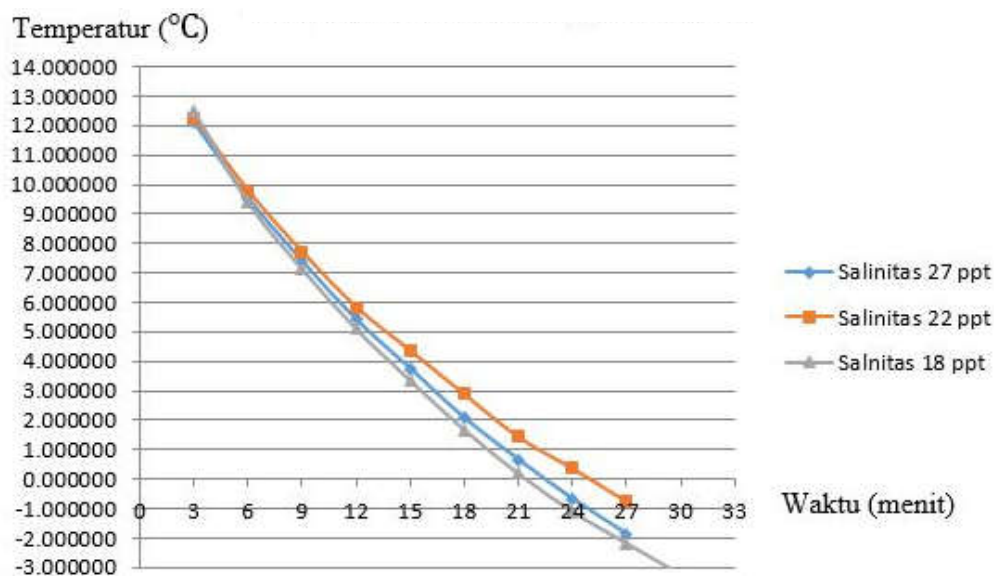
Gambar 2. Sistem Kerja Ice Slurry Generator



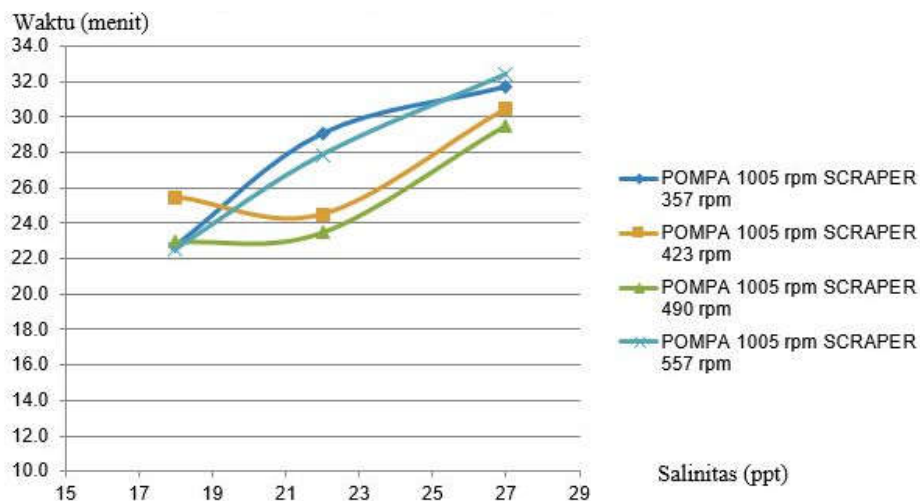
Gambar 3. Grafik pengaruh variasi putaran *scraper* terhadap penurunan suhu air laut dengan putaran pompa konstan 1005 RPM



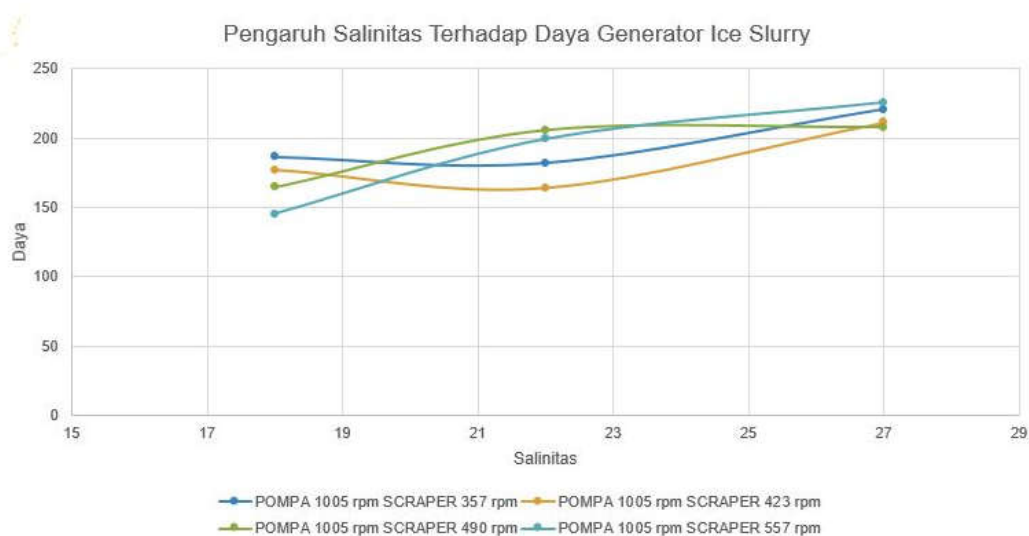
Gambar 4. Grafik pengaruh variasi putaran pompa terhadap penurunan suhu air laut dengan putaran *scraper* konstan 357 RPM



Gambar 5. Grafik waktu terhadap penurunan temperatur pada Pompa 1005 RPM dan *Scraper* 357 RPM



Gambar 6. Grafik hubungan Salinitas terhadap waktu terbentuknya *ice slurry* pada kondisi 1005 RPM pompa



Gambar 7. Grafik hubungan salinitas terhadap daya terbentuknya *ice slurry* pada kondisi 1183 RPM pompa (2 L/m)

Berdasarkan Gambar 5 – 7 menunjukkan bahwa perbedaan salinitas pada pengujian menunjukkan bahwa semakin rendah kadar salinitas dalam air laut semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk terbentuknya ice slurry. Begitupun dengan kebutuhan daya generator ice slurry, semakin rendah kadar salinitas dalam air laut semakin rendah daya yang dibutuhkan untuk terbentuknya ice slurry. Semakin besar salinitas maka semakin rendah suhu yang dapat dicapai air laut. Hal ini disebabkan sifat kolektif larutan, semakin besar fraksi terlarut terhadap pelarutnya maka akan terjadi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan penurunan titik beku. Oleh karena itu air laut dapat mencapai suhu dibawah titik beku air yaitu 0°.

### Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Generator *Ice Slurry* memiliki kondisi putaran pompa dan scraper optimum yaitu putaran pompa 1005 RPM (17 Hz) dan putaran *scraper* 357 RPM (16 Hz). Semakin tinggi putaran *scraper* terhadap putaran pompa yang konstan menghasilkan waktu pembentukan *ice slurry* yang lebih lama. Semakin tinggi putaran pompa terhadap putaran *scraper* yang konstan, maka temperatur air laut semakin cepat mengalami penurunan. Konsumsi daya listrik terendah untuk merubah 10 liter air laut menjadi *ice slurry* sebesar 0,19 Kwh pada variasi kedua dengan putaran pompa 1005 RPM dan putaran *scraper* 357 RPM (*refrigerant* : R-290). Hasil *ice slurry* dengan kadar salinitas air laut yang rendah terbentuk dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan yang memiliki kadar salinitas yang tinggi. Konsumsi daya listrik lebih besar dengan kondisi salinitas yang lebih tinggi. Lapisan teflon dan jarak clearance tertentu pada evaporator membuat friksi pada generator menurun sehingga mengurangi kebisingan, menurunkan kebutuhan daya pada generator *ice slurry* rata – rata sebesar 63 Watt, juga mengurangi waktu pembentukan *ice slurry* rata – rata sebesar 11 detik.

### Referensi

- [1] KKP. 2015. November. *Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan*
- [2] Pamitran, A.S., H.D. Ardiansyah, M. Novvial. 2013. A review paper of sea-water ice slurry generator and its application on Indonesian traditional fishing, *Applied Mechanics and Materials*, 388, hal. 128-132
- [3] Meewisse J.W., Ferreira C.A., 2001. Freezing Point Depression of Various Ice Slurries.

Mekelweg, Delft University of Technology, hal.9.

- [4] Kitamura, K., 2015. Introduction of slurry production apparatus capable of making ice from 1 wt% salinity, *Journal of fishing boat and system engineering association of japan*, vol. 122, hal. 3.
- [5] Kochi., 2015. Izui Iron Works Co., Ltd. *Ice Slurry Making Device Catalog*, Jepang.
- [6] *Slurry ICE™ : Thermal Energy Storage Design Guide*.
- [7] Kauffeld, M., Kawaji, M., & Egolf, P. W. 2005. *Handbook on Ice Slurries: Fundamentals and Engineering*. International Institute of Refrigeration, Paris.
- [8] Massey, B S., 1983. *Mechanics of Fluids*, fifth edition, ISBN 0-442-30552-4.
- [9] Riady, M., & Pamitran, A. 2013. *Unjuk Kerja Ice Slurry Generator dengan Scraper Blades Evaporator*. Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Indonesia.
- [10] <http://www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm>
- [11] Finario, Y., 2012. *Karakteristik Ice Slurry Generator dengan Variasi Temperatur Ruang Pada Ice Slurry Generator Jenis Scraper Blade Evaporator dan Orbital Rod Evaporator*. Universitas Indonesia, Indonesia.
- [12] Dadang, H., 2012. *Rancang bangun orbital rod evaporator ice slurry generator dan pengaruh salinitas terhadap pembentukan ice slurry berbahan dasar air laut*, bab 2, pp 8, Fakultas Teknik UI, Depok.
- [13] Rayhan, F. A., 2016. *Unjuk Kerja Ice Slurry Generator Dengan Refrigerant Propane dan Scraper Tipe 2 Blade Symmetric*. Fakultas Teknik UI, Indonesia.
- [14] Dhanitya, N., 2016. *Unjuk Kerja Ice Slurry Generator 389 watt dengan Scraper Tipe Simetrik dan Asimetrik*. Fakultas Teknik UI, Indonesia.