

## Ice Slurry Generator Kapasitas Tiga Ton dengan Precooler

Three Tons Ice Slurry Generator with Precooler

AGUS S PAMITRAN<sup>1\*</sup>, BUDIARSO<sup>2</sup>, RAMADHAN R RIADI<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Mechanical Engineering Department, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok 16424

Email: [pamitran@eng.ui.ac.id](mailto:pamitran@eng.ui.ac.id)

### ABSTRACT

Cooling, on fisheries, has significant impact regarding to the quality of caught fish and also has impact on the profit. One of many manners to keep the quality of fish is by ice slurry application as medium cooling. Ice slurry, compared with block ice cooling, has better cooling performance due to its larger contact surface between cooling media and the fish. Ice slurry production, on this study, uses two units of evaporator in order to optimize heat transfer performance on ice slurry generator. The first evaporator or the precooler decrease the temperature of sea water from 30°C to 5°C. The second evaporator or the ice slurry generator then decrease the temperature of the sea water from 5°C to -2°C which is the freezing point of sea water. It is aimed that the ice concentration of ice slurry is around 30%. Regarding of using two evaporators, the dimension of devices that is developed could be relatively compact, with their total length do not exceed one meter. The time of ice slurry production is around 10 hours.

**Keywords:** ice slurry, evaporator, fish

### PENDAHULUAN

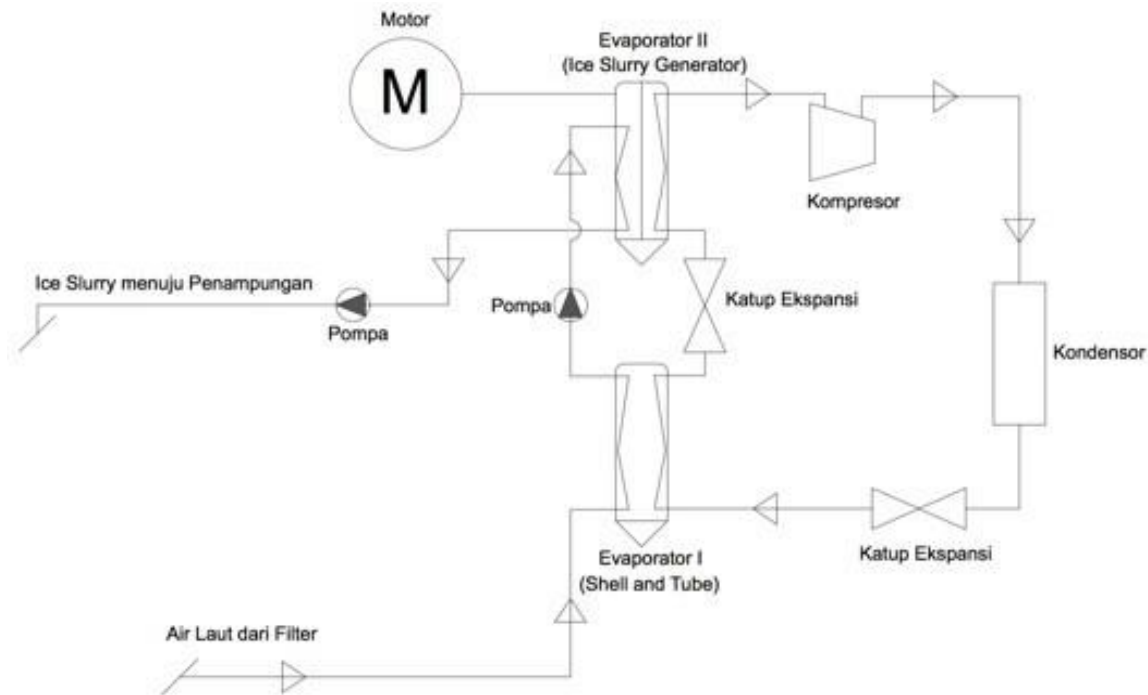
Pendinginan, pada bidang perikanan, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas tangkapan ikan yang juga berakibat pada keuntungan yang akan didapat kelak. Salah satu cara untuk menjaga kualitas hasil tangkapan ikan adalah dengan cara diaplikasikannya *ice slurry* sebagai media pendingin. *Ice slurry*, dibandingkan dengan es balok konvensional, memiliki performa pendinginan yang lebih baik dikarenakan interaksi antara permukaan hasil tangkapan dengan media pendinginan yang lebih luas.

Dua metode pendinginan ikan yang paling umum dilakukan adalah metode chilling dan freezing. Keduanya bertujuan mengawetkan ikan dan menjaga nilai jual ikan. Namun, terdapat perbedaan antara chilling dan freezing sehingga diperlukan pertimbangan yang matang untuk diputuskannya antara chilling atau freezing. Apabila diperbandingkan, media pendingin yang paling cepat dan efisien adalah

bubur es (*ice slurry*), yang selanjutnya diikuti oleh RSW. Laju pendinginan es merupakan yang paling rendah karena kontak permukaan antara es dengan ikan yang tidak setinggi *ice slurry* dan RSW (ditambah dengan adanya lapisan air yang mengelilingi ikan ketika es meleleh), bergantung kepada ukuran partikel es yang dipakai, menurut Shawyer and Avilio (2003). Penggunaan media pendingin *ice slurry* yang lebih efisien dan cepat dibandingkan dengan media lainnya perlu dibarengi dengan pengembangan *ice slurry* generator dan manufakturnya serta pengembangan berupa diadakannya fasilitas-fasilitas penyedia *ice slurry* agar dapat dijangkau oleh pihak-pihak yang terkait. Untuk mendukung hal tersebut, studi ini menghasilkan rancangan *ice slurry generator* dengan kapasitas produksi tiga ton per hari.

### METODOLOGI

Studi ini merupakan studi berkelanjutan yang dimulai oleh Pamitran et al. (2013). Produksi



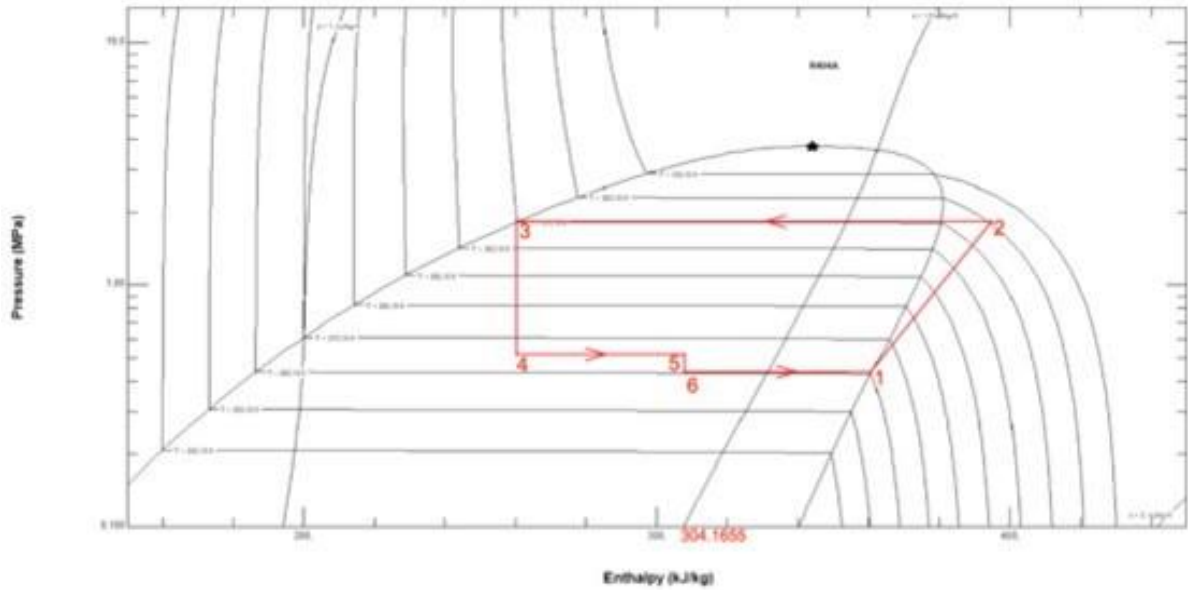
GAMBAR 1. Skematik sistem ice slurry generator

*ice slurry*, pada penelitian ini, menggunakan dua evaporator dengan tujuan untuk memaksimalkan performa perpindahan panas pada generator *ice slurry*. Evaporator I berfungsi untuk menurunkan temperatur air laut dari 30°C menuju ke 5°C sedangkan Evaporator II berfungsi untuk menurunkan temperatur air laut dari 5°C menuju ke -2°C yang merupakan titik beku air laut dengan bantuan *scraper*. Ditargetkan bahwa *ice slurry* yang dihasilkan memiliki konsentrasi massa es sebesar 30%. Dengan digunakannya dua evaporator, dimensi perangkat yang diperoleh dapat berukuran ringkas, yaitu dengan panjang total yang tidak melebihi satu meter.

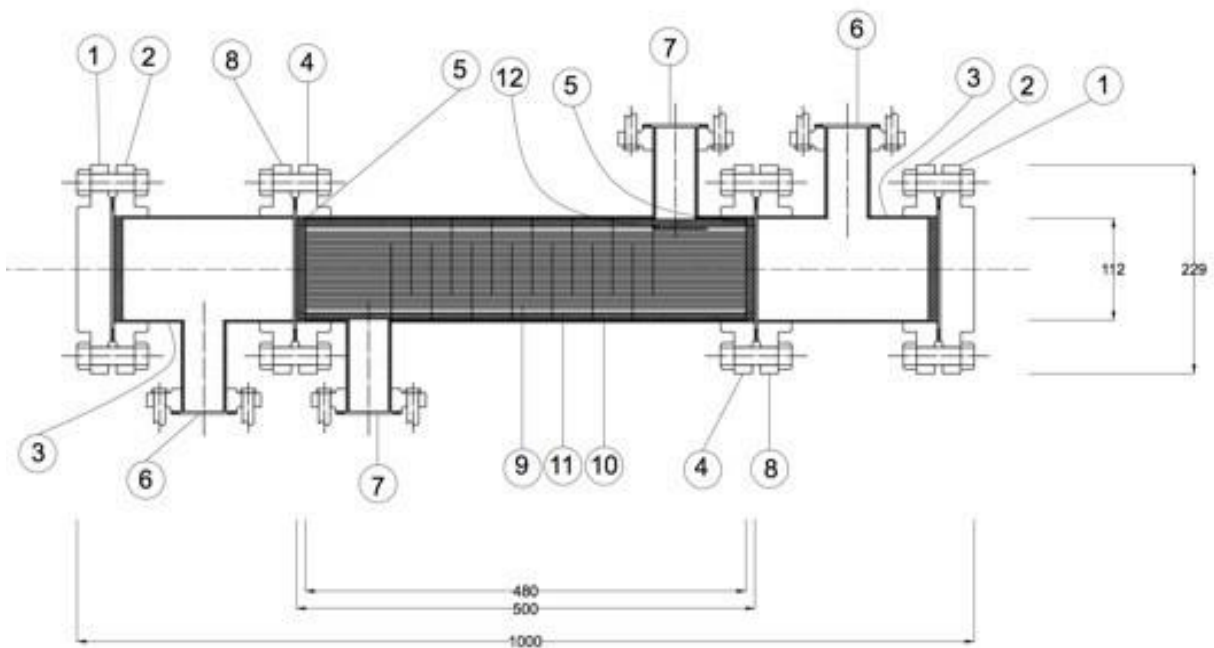
Pengumpulan data, seperti properti-properti air laut dan refrigeran, dan estimasi dimensi *ice slurry generator* dilakukan sebelum perancangan dimulai. Perhitungan beban kalor dari air laut yang dikeluarkan di *heat exchanger* (dari 30°C sampai dengan 5°C) serta *ice slurry generator* (dari 5°C sampai dengan -2 ~ -4°C), dimana kalor tersebut diserap oleh fluida kerja (refrigeran) dihitung per detiknya (Watt) dalam interval waktu satu jam. Digunakannya dua buah evaporator, berupa *shell and heat exchanger* (sebagai evaporator II) dan *ice slurry generator* (sebagai evaporator I) bertujuan untuk membagi beban pendinginan yang dilakukan oleh *ice slurry generator*. Temperatur air laut yang memasuki *ice slurry generator* diatur agar mendekati titik

beku air laut, sebelum mencapai sekitar -2°C. Namun, terdapat batasan bahwa adanya kemungkinan terkandungnya air murni pada air laut, sehingga air laut keluaran dari Evaporator I tidak dapat diatur pada temperatur lebih rendah dari 0°C. Proses refrigerasi dilakukan dengan cara digunakannya proses *vapor compression refrigeration*, *multi evaporator*, *single compressor*, serta *multiple expansion valve*, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Adapun properti-properti refrigerasi yang perlu untuk diestimasi ialah temperatur refrigeran pada kondensor, temperatur refrigeran pada *heat exchanger/evaporator II*, temperatur refrigeran pada *ice slurry generator/evaporator I* yang kemudian dilanjutkan dengan diplottingnya properti-properti yang sudah diketahui tersebut ke dalam diagram P-h untuk refrigeran tipe R-404A. Properti-properti yang selanjutnya diketahui setelah *plotting* selesai dilakukan adalah tekanan pada kondensor serta masing-masing evaporator, entalpi refrigeran sebelum dan sesudah masuk kondensor serta masing-masing evaporator, dan juga entalpi refrigeran pada saat refrigeran memasuki kompresor. *Mass flow* refrigeran pada *heat exchanger* (Evaporator I) dan *ice slurry generator* (Evaporator II) dapat ditentukan dengan cara dilakukannya pembagian antara beban pendinginan pada masing-masing evaporator



GAMBAR 2. Diagram P-h siklus refrigerasi



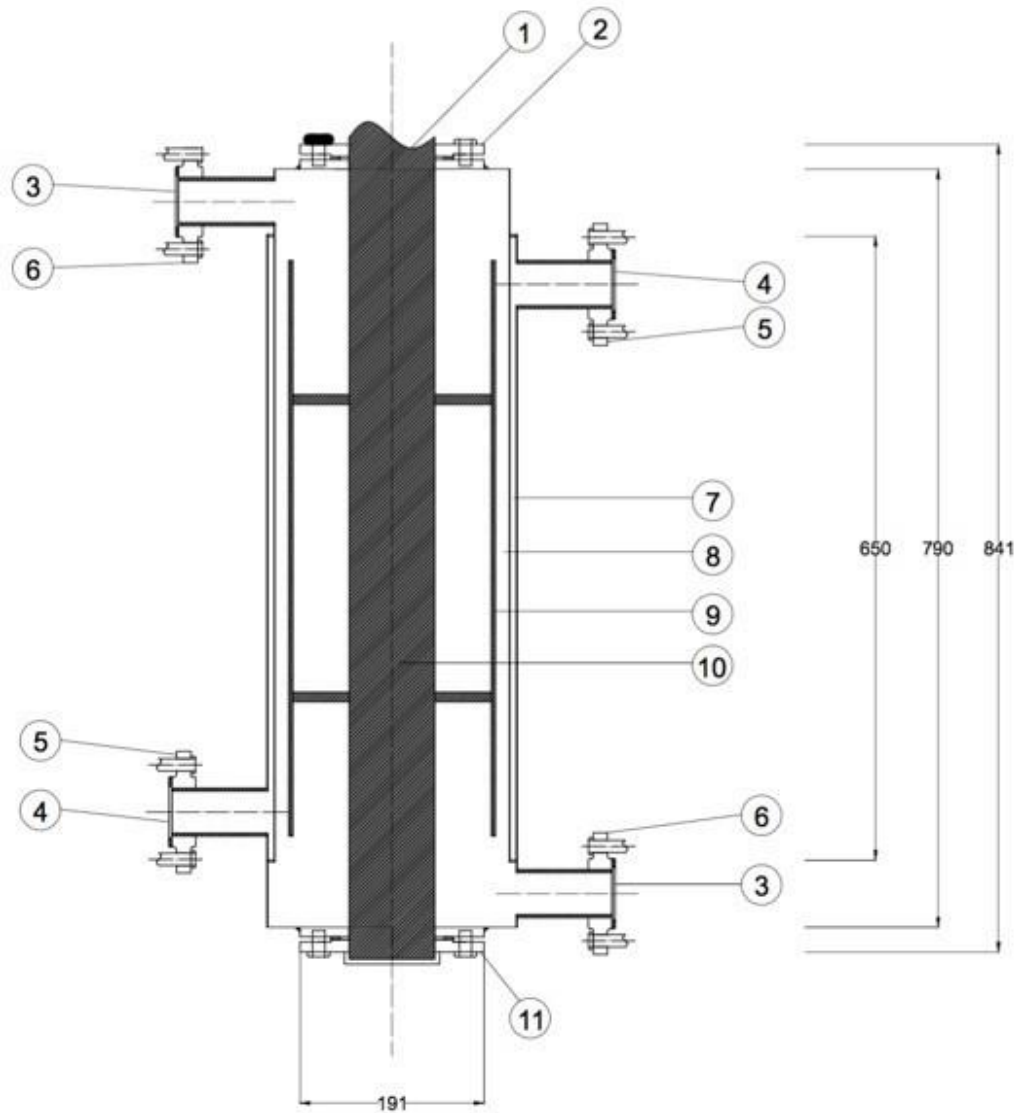
GAMBAR 3. Evaporator I beserta bagian-bagiannya

dengan selisih entalpi refrigeran pada masing-masing evaporator. Beberapa properti air laut dalam studi ini merujuk pada Melinder dan Ignatowicz (2015).

#### HASIL DAN DISKUSI

Beban pendinginan maksimum Evaporator I, sebagai perangkat penurun temperatur air laut,

dan Evaporator II, sebagai perangkat penghasil *ice slurry*, dihitung dalam satuan waktu per satu jam sehingga didapat kapasitas produksi sebesar 300 kg per jam. Beban pendinginan evaporator untuk pendingin air laut (evaporator I) dari  $T_{\text{inlet}} 30^{\circ}\text{C}$  ke  $T_{\text{outlet}} 5^{\circ}\text{C}$  adalah 9213 Watt. Beban pendinginan evaporator untuk penghasil *ice slurry* (evaporator II) dari  $T_{\text{inlet}} 5^{\circ}\text{C}$  ke  $T_{\text{outlet}} -2^{\circ}\text{C}$  adalah 11831 Watt.



GAMBAR 4. Ice slurry generator

Gambar 2 menunjukkan diagram P-h sistem refrigerasi *ice slurry generator*. Proses 1-2 adalah kompresi di dalam kompresor setelah refrigeran melewati evaporator. Proses 2-3 adalah pelepasan kalor refrigeran pada kondenser. Proses 3-4 adalah ekspansi, penurunan tekanan refrigeran. Proses 4-5 adalah perpindahan kalor dari air laut ke refrigeran pada Evaporator I. Proses 5-6 adalah ekspansi refrigeran sebelum ke Evaporator II. Proses 6-1 adalah perpindahan kalor dari air laut menuju ke refrigeran pada Evaporator II.

*Mass flow* refrigeran pada Evaporator I dan Evaporator II, apabila prinsip refrigerasi *multi-purpose* digunakan, harus memiliki nilai yang sama, yaitu 0.21 kg/s. Kompresor yang digunakan memiliki daya 5.99 kW.

Pada evaporator I pertukaran kalor antar fluida terjadi dengan pola *counter flow*. Luas permukaan pertukaran kalor pada Evaporator I sebesar 1.32 m<sup>2</sup>, dapat ditentukan setelah beban panas  $Q$ , perbedaan suhu rata-rata logaritmik *LMTD*, dan koefisien pertukaran panas total  $U$  sudah diketahui. Berdasarkan ketebalan *tube sheet* minimum yang direkomendasikan Subabhrata dan Das, 2020, dapat ditentukan bahwa setidaknya  $TS$  bernilai 10 mm, sehingga panjang pertukaran panas efektif 0.48m. Berdasarkan standar BWG (*British Wire Gauge*) dengan skala gauge BWG 18, ketebalan *tube* bernilai 1.244 mm dengan diameter pipa bagian dalam ( $D_i$ ) bernilai 5.106 mm. Selanjutnya, didapat bahwa luas permukaan tube bagian dalam sebesar 20.5 mm<sup>2</sup>, dengan tube fit 7.95 mm dan jumlah tube 130. Diameter bagian dalam *shell* didapat

sebesar 102 mm. Evaporator I beserta bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 3: Q 1) Channel cover, 2) Outer stationary head flange, 3) Stationary head (channel), 4) Shell flange, 5) Stationary tube sheet, 6) Stationary head nozzle, 7) Shell nozzle, 8) Inner stationary head flange, 9) Tube(s), 10) Shell, 11) Tie rod, dan 12) Impingement baffle.

Pendinginan air laut dilanjutkan pada Evaporator II atau *Ice Slurry Generator*, dengan input liquid dan output (sebagian) ice slurry. Alat penukar kalor yang digunakan berupa double pipe, dengan fluida air laut dialirkan di pipa bagian dalam, dan refrigerant pada pipa bagian luar. Refrigerant yang digunakan adalah R-404A. Hasil rancangan Evaporator II ditunjukkan pada Gambar 4, dengan bagian-bagiannya sebagai berikut: 1) Upper cover, 2) Upper cover gasket, dan flange, 3) Nozzle i (air laut dan ice slurry), 4) Nozzle ii (R404A), 5) Nozzle flange & gasket i, 6) Nozzle flange & gasket ii, 7) Outer wall, 8) Heat exchange wall (inner wall), 9) Scraper, 10) Rotor, 11) Tie rod, dan 12) Lower cover. Panjang efektif Evaporator II adalah 650 mm, diameter luar 244 mm, diameter dalam 260 mm, dan total daya 83 kWh (dengan 10 jam waktu operasional).

Analisis keekonomian menunjukkan bahwa BEP tercapai pada kisaran produksi ke-440. Apabila diasumsikan bahwa perangkat bekerja setiap hari, dengan catatan bahwa perawatan perangkat dilakukan di luar waktu produksi, maka dapat diketahui profit dapat diperoleh pada hari ke-440 atau setelah satu tahun tiga bulan sejak pengadaan dan operasional dilakukan.

#### KESIMPULAN

Perancangan perangkat penghasil *ice slurry*, yaitu evaporator I dan evaporator II, dengan bahan baku air laut dan refrigerant R-404A sudah dilakukan pada studi ini. Total daya perangkat adalah 83 kWh, dengan 10 jam waktu operasional per hari. BEP perangkat tercapai setelah satu tahun tiga bulan sejak pengadaan dan operasional dilakukan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui dana Hibah Riset Universitas Indonesia, No. NKB-3762/UN2.RST/HKP.05.00/2020.

#### REFERENSI

- Melinder, A. & Ignatowicz, M. (2015). Properties of Seawater with Ice Slurry Use in Focus. *International Journal of Refrigeration*. 52. 51-58.
- Pamitran, A.S., Ardiansyah, H.D., Novvili, M. (2013). Characteristics of sea-water ice slurry for cooling of fish. *Appl. Mech. Mater.* 388. 123–127.
- Shawyer, M. & Avilio F.M.P. (2003). The use of ice on small fishing vessels. Rome: Food and Agriculture Organization of the United States.

---

#### PENULIS:

Agus S. Pamitran

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

Email: pamitran@eng.ui.ac.id

Budiarso

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

Ramadhan R. Riadi

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.