

Kajian Teoritis Pabrik Es Batu Skala Mini Untuk Mensuplay Kebutuhan Para Nelayan Sebagai Pengawet Ikan Hasil Tangkapan

Widodo¹

Abstrak

Sistem pengawetan ikan hasil tangkapan merupakan hal yang penting untuk dilakukan dengan baik, agar ikan hasil tangkapan tetap segar dan memiliki nilai gizi yang baik. Secara umum pengawetan yang selama ini dilakukan adalah dengan menggunakan cold storage atau dengan menggunakan media es batu sebagai media pendinginan. Permasalahan yang sering timbul sampai saat ini adalah pengadaan media pendingin atau es batu untuk nelayan yang berada pada wilayah-wilayah terpencil. Sehingga perlu dilakukan solusi atau pemecahan dalam hal pengadaan es batu yang secara kontinyu agar proses pengawetan ikan dengan proses pendinginan es batu berlangsung baik. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pembangunan pabrik es skala mini dengan memanfaatkan kontainer sebagai ruang pendingin. Sebelumnya perlu dilakukan kajian dan analisa proses dan sistem untuk mendapatkan proses dan sistem yang mempunyai efisiensi tinggi.

Kata kunci : Sistem, media, kontinyu, analisa, proses, efisiensi.

Abstract

Fish preservation system is important to do well, so that the fish stays fresh and has good nutritional value. In general, preservation has been done is by using cold storage or by using the media as a medium ice cooling. The problems that often arise until today is the provision of cooling media or ice to fishermen who are in remote areas. So we need a solution or solutions in terms of procurement of ice which continually for the preservation of fish with ice cooling process went well. One that can be done is to do a mini-scale plant using ice as a cold storage container. Previously required a review and analysis of processes and systems to get the processes and systems that have high efficiency.

Keywords : System, medium, process, efficiency.

PENDAHULUAN

Penangkapan ikan di perairan laut oleh para nelayan telah berlangsung berpuluh-puluh tahun yang lalu. Seiring dengan kemajuan zaman dan kondisi penting untuk melakukan perbaikan dan pembaharuan terutama pada para nelayan penangkap ikan disamping itu untuk meningkatkan taraf perekonomian para nelayan itu sendiri.

Salah satu kendala yang seringkali dihadapi oleh para nelayan terutama para nelayan di daerah terpencil

adalah memperlambat proses pembusukan ikan hasil tangkapan. Proses pembusukan tersebut dikarenakan oleh :

1. Kondisi, dimana hal ini dikarenakan :
 - Seringkali para nelayan melaut butuh waktu berhari-hari sehingga seringkali ikan hasil tangkapan mengalami pembusukan sebelum sampai di darat
 - Untuk para nelayan yang berada di daerah terpencil membutuhkan waktu lama sampai

1. UPT BPPH-BPPT, Surabaya

ikan hasil tangkapan terjual, untuk itu memerlukan proses pengawetan

2. Adanya mikroorganisme pembusuk

Dua hal tersebut merupakan masalah yang seringkali dihadapi oleh nelayan. Banyak cara atau metode pengawetan yang dapat dilakukan agar ikan hasil tangkapan tidak mengalami proses pembusukan, yaitu :

- Menggunakan bahan pengawet makanan
- Penurunan suhu (temperatur) atau dikenal dengan proses pendinginan

Dari kedua proses tersebut yang ideal dilakukan adalah dengan menggunakan proses pendinginan dengan media pendingin (es) dimana pada proses ini ikan hasil tangkapan tetap segar.

Proses pendinginan pada kapal nelayan besar dilakukan dengan “Cold Storage” sedangkan untuk kapal nelayan kecil menggunakan “es batu” sebagai media pendingin. Secara riil proses pengawetan ikan hasil tangkapan dengan proses pendinginan tidak saja dilakukan selama dalam perairan laut akan tetapi juga dilakukan selama di darat untuk menjaga kondisi ikan tetap segar sampai kepada konsumen.

Kendala-kendala yang sering dialami adalah penyediaan media pendingin (“es batu”) untuk daerah-daerah terpencil sehingga diperlukan adanya pabrik es mini yang dapat mensupply kebutuhan para nelayan akan media pendingin (“es batu”).

Pengadaan dan pengembangan pabrik es mini untuk mensupply es batu bagi para nelayan perlu dilakukan survey, analisa dan perhitungan yang matang untuk mendapatkan pabrik es mini yang memiliki efisiensi tinggi dan yang penting adalah dapat menghandle kebutuhan akan es batu bagi para nelayan.

- TAHAP SURVEY

Tahap survey ini dilakukan dengan melakukan survey terhadap bahan baku yang tersedia pada daerah terpencil tersebut, dimana survey dilakukan pada :

- o kebutuhan akan air
- o Kebutuhan akan media pendingin (“es batu”) untuk per hari hal ini akan menentukan kapasitas pabrik es batu yang akan di buat
- o kebutuhan akan power

- TAHAP ANALISA

- o Tahap analisa merupakan tahap untuk mendapatkan kondisi yang ideal jika pabrik es mini tersebut di buat, dimana analisa dilakukan pada kondisi pabrik es mini itu sendiri untuk mendapatkan kualitas es yang baik

- TAHAP PERHITUNGAN

- o tahap perhitungan dilakukan untuk mendapatkan proses yang efisien
- o kapasitas pabrik es yang akan di buat, yang mana hal ini akan berkorelasi dengan besaran atau ukuran konstruksi ruang dari pabrik es mini yang akan di buat
- o pada tahaan ini akan memberikan data-data perhitungan seperti kebutuhan akan bahan baku (air), power, ruang pendingin, dan kapasitas peralatan-peralatan lain seperti : kompressor, kondenser, reservoir, bak penampung air.

PEMBAHASAN

Perhitungan teknis :

Desain dan perhitungan pabrik es skala mini dengan memanfaatkan kontainer sebagai ruang pendingin, dapat dilihat di bawah ini :



Gbr. 1 Sistem Perpipaan Pendingin

Seperti yang diilustrasikan oleh gambar di atas, maka proses yang terjadi pada sistem pendinginan pada ruang pendingin akan berlangsung proses perpindahan panas :

- perpindahan panas konduksi
- perpindahan panas konveksi dan
- perpindahan panas radiasi, perhitungan akan perpindahan radiasi seringkali diabaikan dikarenakan angkanya sangat kecil.

Perpindahan panas konduksi terjadi pada material pipa (pada sistem perpipaan) dan perpindahan panas konveksi terjadi pada fluida pendingin dengan material

pipa dan perpindahan panas radiasi terjadi pada udara ruang muat dengan permukaan sistem perpipaan, dimana pada perpindahan panas secara radiasi akan berpengaruh pada perubahan temperatur ruangan akibat perambatan panas dari permukaan sistem perpipaan dengan udara ruang muat.

Dalam mendesain penggunaan cold storage sistem pendingin penyimpanan ikan, berlaku persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\text{Persamaan : } \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (\text{perpindahan panas})$$

secara konduksi, dimana perpindahan terjadi pada material sistem perpipaan, Notasi :

A. dari persamaan merupakan luasan permukaan dari material sistem perpipaan

X dari persamaan merupakan jarak perpindahan panas yang berarti dalam hal ini adalah ketebalan sistem perpipaan T dari persamaan merupakan perbedaan suhu pada inlet pipa dan outlet pipa Sedangkan, k merupakan koefisien perpindahan panas, yang berarti koefisien ini tergantung dari jenis materia sistem perpipaan yang digunakan.

$$\text{Persamaan : } q = hA(T - T_w)$$

$$q = h_a A \Delta T_a = h_a A \frac{(T_w - T_{bi}) + (T_w - T_{bo})}{2}$$

(perpindahan panas seara konveksi, dimana perpindah terjadi pada fluida sebagai media pendingin terhadap material pipa. Secara umum fluida (media pendingin) yang dipakai adalah Freon. Dari persamaan tersebut, berarti :

h = adalah koefisien perpindahan panas dari media pendingin (Freon)

A = luas permukaan inlet pipa

T = Temperatur, dalam kalvin. (temperatur diperhitungkan dari temperatur material terhadap bulk fluida inlet dan outlet)

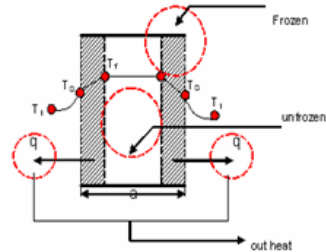
Perhitungan sistem pendingin untuk memproduksi es batu, proses yang berlangsung merupakan total perpindahan panas dari konduksi, konveksi, dan radiasi, yang kemudian diperhitungkan tenaga yang dibutuhkan untuk sistem pendinginan ikan hasil tangkapan.

Dalam desain sistem pendingin atau refrigerator untuk memproduksi es batu perlu dipertimbangkan juga faktor waktu/kecepatan proses produksi es sehingga pabrik es mini yang di buat mempunyai

effisiensi tinggi.

Selain ketiga faktor tersebut perlu diperhitungkan juga volume dari ruang pendinginan, sehingga untuk ruang pendingin yang besar sudah pasti akan memerlukan waktu dan power/tenaga besar.

Beberapa korelasi-korelasi sebagai penunjang dalam desain dan perhitungan sistem pendingin pada pabrik es skala mini adalah :



Gbr. 2 Proses antara pipa pendingin dg ruang pendingin

Gambar tersebut merupakan ilustrasi dari proses antara pipa pendingin dengan ruang pendingin, dimana pada proses ini merupakan gabungan proses konduksi dan konveksi.

Persamaan-persamaan yang berlaku pada sistem pendinginan pabrik es skala mini adalah :

(Christie J. Geankoplis "Transport Processes and Unit Operations", Second Edition. p. 353 - 354)

$$q = hA(T_s - T_1)$$

$$q = \frac{kA}{x} (T_f - T_s)$$

$$q = \frac{A dx \rho \lambda}{dt} = A \rho \lambda \frac{dx}{dt}$$

$$q = \frac{(T_f - T_1) A}{x/k + 1/h}$$

$$\frac{(T_f - T_1) A}{x/k + 1/h} = A \rho \lambda \frac{dx}{dt}$$

$$(T_f - T_1) \int_0^1 dt = \lambda \rho \int_0^{a/2} \left(\frac{x}{k} + \frac{1}{h} \right) dx$$

$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left(\frac{a}{2h} + \frac{a^2}{8k} \right)$$

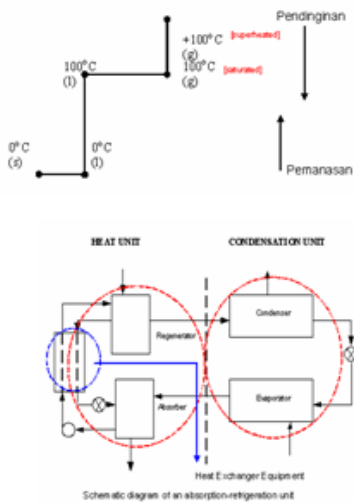
$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left(\frac{pa}{h} + \frac{Ra^2}{k} \right)$$

Dimana :

$P = \frac{1}{2}$ for infinite slab, $\frac{1}{6}$ for sphere, $\frac{1}{4}$ for cylinder
 $R = \frac{1}{8}$ for infinite slab, $\frac{1}{24}$ for sphere, $\frac{1}{16}$ for cylinder

Pada proses pabrik es skala mini diperlukan waktu pencapaian, dimana total ruang pendinginan tercapai temperatur $\pm 0^\circ\text{C}$ untuk menjadikan produk es batu.

Diagram proses pendinginan (dalam pabrik es skala mini), dapat digambarkan sebagai berikut :



Dari gambar di atas terdapat dua proses, yaitu :

Proses 1. adalah proses penguapan

Pada proses ini terjadi sistem kompresi dari gas amoniak (NH_3). Pada kondisi ini terjadi proses pelepasan panas akibat dari proses kompresi dari gas amoniak (NH_3).

Proses 2. adalah proses kondensasi (pendinginan)

Pada proses ini merupakan proses ekspansi dari amoniak (NH_3).

Pada proses ini terjadi proses penyerapan panas pada lingkungan sekitar sehingga pada sistem ekspansi terjadi proses pendinginan (kondensasi).

Perhitungan production of work ($|W|$), adalah :

$$|W| = |Q_H| - |Q_C|$$

$\omega =$ (panas yang diabsorb pada temperatur rendah/net work)

Oleh karena itu : $\omega = \frac{|Q_C|}{|W|}$, dimana

$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{|Q_H|}{|Q_C|} - 1$$

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C}$$

Penggabungan beberapa persamaan di atas akan menghasilkan :

$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C} - 1 = \frac{T_H - T_C}{T_C}$$

menjadi $\omega = \frac{T_C}{T_H - T_C}$

Persamaan di atas hanya diterapkan pada refrigerator yang beroperasi pada siklus Carnot (Carnot Cycle).

Pada basis dari satuan massa dari fluida, panas yang di absorb dalam evaporator adalah :

$$|Q_C| = \Delta H = H_2 - H_1$$

Kondenser :

$$|Q_H| = H_3 - H_4$$

$$\text{Sehingga : } |W| = (H_3 - H_4) - (H_2 - H_1)$$

Perhitungan-perhitungan heat transfer yang dilakukan tersebut dilakukan untuk mencari perpindahan panas total yang terjadi pada ruang pendinginan, untuk mengetahui kebutuhan energi total selama proses pendinginan berlangsung, dan tentu saja dilakukan juga perhitungan-perhitungan akan losses yang terjadi selama proses pendinginan berlangsung sehingga dapat diketahui kebutuhan energi total dari proses pendinginan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam desain sistem pendinginan pada pabrik es batu skala mini adalah :

- Ruangan pendinginan pada pabrik es batu skala mini perlu dilakukan sistem isolator untuk

mengeliminir efek lingkungan terhadap ruang pendinginan. (Isolator-isolator yang dapat dipergunakan adalah PU/polyurethane, busa, karet dll).

- Material yang digunakan pada pabrik es batu skala mini adalah memanfaatkan kontainer sebagai ruang pendingin sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap ruang pendingin tersebut dengan pelapisan (coating) dengan PU/polyurethane.
- Perhitungan-perhitungan akan losses yang terjadi selama proses berlangsung diperlukan untuk mengetahui kebutuhan akan power (tenaga) secara riil. Losses-losses yang terjadi selama proses adalah :
 - Kesempurnaan isolator
 - Frekuensi buka tutup pintu pabrik es batu skala mini, hal ini akan berpengaruh terhadap kecepatan dan waktu proses pembentukan es batu yang dihasilkan
 - efisiensi peralatan yang digunakan

Contoh Perhitungan :



k adalah konstanta dari koefisien konduksi (tergantung dari material yang digunakan)

Persamaan di atas menjadi :

$$q_{konduksi} = A_x k_A (T_w - T_2) .$$

$q = hA(T - T_w)$ (perpindahan konveksi), disini diperhitungkan juga temperatur dari food (dalam hal ini hasil tangkapan/ikan)

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

$$q = h_a A \Delta T_a = h_a A \frac{(T_w - T_{bi}) + (T_w - T_{bo})}{2}$$

$$q = hA(T_s - T_1)$$

$$q = \frac{kA}{x} (T_f - T_s)$$

$$q = \frac{A dx \rho \lambda}{dt} = A \rho \lambda \frac{dx}{dt}$$

$$q = \frac{(T_f - T_1) A}{x/k + 1/h}$$

$$\frac{(T_f - T_1) A}{x/k + 1/h} = A \rho \lambda \frac{dx}{dt}$$

$$(T_f - T_1) \int_0^1 dt = \lambda \rho \int_0^{a/2} \left(\frac{x}{k} + \frac{1}{h} \right) dx$$

$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left(\frac{a}{2h} + \frac{a^2}{8k} \right)$$

$$t = \frac{\lambda \rho}{T_f - T_1} \left(\frac{pa}{h} + \frac{Ra^2}{k} \right) , \text{ dimana } t \text{ adalah}$$

waktu yang diperlukan proses pendinginan berlangsung.

Pada perhitungan ini juga diperhitungkan berat jenis dari food (hasil tangkapan/ikan)

Selama proses desain dan perhitungan proses pabrik es batu, juga dilakukan pemilihan dari media pendingin, dimana macam dari media pendingin tersebut adalah :

- Ammonia (R-717)
- Methyl Chloride (R-40)
- Carbon Dioxide (R-744)
- Propane (R-290)
- Freon-12 (dichlorodifluoromethane, R-12)

Masing-masing pemilihan media pendingin tersebut tergantung dari kondisi teknis riil dilapangan dan jenis feed yang akan didinginkan).

Perhitungan Refrigeration

$$\omega = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

Pada perhitungan ini diperlukan :

$$H_2, S_2, H_4, S_4,$$

Data-data ini didapat pada tabel 9.1. dan gambar 9.3.

$$S_3 = S_2, \text{ dari data ini diperoleh } H_3$$

Persamaan untuk campuran dua fase :

$$S_1 = (1-x)S^l + xS^v$$

Assumsi : $S_1 = S_4$

Untuk $S_1 = S_4$, x (mass fraction dari campuran uap) dapat dihitung.

$$H_1 = (1-x)H^l + xH^v$$

$$\omega = \frac{H_2 - H_1}{(H_3 - H_4) - (H_2 - H_1)}$$

ω (koefisien performance) = diketahui, Sehingga sirkulasi dari media pendingin (Dalam hal ini digunakan Freon-12) dapat diperhitungkan.

$$m = \frac{\text{refrigeration.capacity}}{H^v - H_1}$$

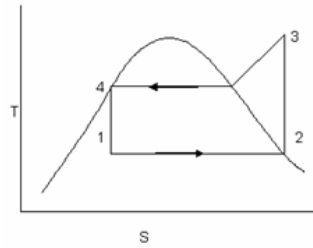
Kapasitas dari refrigeration diketahui (berdasar kebutuhan sistem pendingin yang akan di desain)

Perhitungan teknis yang dilakukan, merupakan perhitungan dalam kondisi ideal dimana ruang muat terisolasi sempurna. Untuk perhitungan-perhitungan secara riil, dapat dilakukan dengan mengkonversi losses-losses yang riil dilapangan terhadap perhitungan yang dilakukan di atas.

Pabrik es batu skala mini dengan menggunakan kontainer sebagai media ruangan pendingin diperlukan perhitungan dan analisa yang tepat untuk mendapatkan sistem pendingin yang baik dan memiliki nilai efisiensi tinggi. Salah satu yang perlu diperhitungkan adalah kebutuhan power atau tenaga yang sebanding dengan besaran atau jumlah es yang dihasilkan. Pabrik es tidak lepas dari prinsip proses siklus carnot, dimana pada sistem dari pabrik es batu terjadi beberapa proses, seperti :

- proses kompressi
- proses ekspansi
- proses evaporasi
- proses kondensasi

Yang mana prinsip-prinsip tersebut dapat diilustrasikan dengan diagram di bawah :



Persamaan-persamaan yang berlaku pada proses dalam refrigerator adalah Panas yang diserap dalam evaporator adalah :

$$|Q_C| = \Delta H = H_2 - H_1 \quad (1)$$

Sedangkan panas yang di rejected dalam kondenser adalah :

$$|Q_H| = H_3 - H_4 \quad (2)$$

Dan net work ($|W|$) adalah :

$$|W| = |Q_H| - |Q_C| \quad (3)$$

Untuk koefisien performance ω , adalah :

$$\omega = \frac{\text{head absorbed at the lower temperature}}{\text{net work}}$$

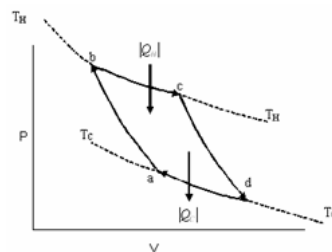
Jadi :

$$\omega = \frac{|Q_C|}{|W|} \quad (4)$$

Dimana :

$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{|Q_H|}{|Q_C|} - 1 \quad (5)$$

Berdasarkan dari diagram siklus carnot untuk gas ideal, seperti gambar diagram di bawah ini :



4 step reversible sebagai berikut :

1. a ke b merupakan proses adiabatik kompressi dimana terjadi kenaikan temperatur dari T_C ke T_H .
2. b ke c merupakan proses isothermal ekspansi dengan mengabsorpsi panas $|Q_H|$

3. c ke d merupakan proses ekspansi adiabatik, dimana pada proses ini temperature menurun sampai T_C

4. d ke a merupakan proses kompresi isothermal ke kondisi awal dengan rejected pada sebesar $|Q_C|$

sehingga dengan substitusi persamaan (5) dengan persamaan

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C}, \quad \text{persamaan tersebut}$$

menjadi :

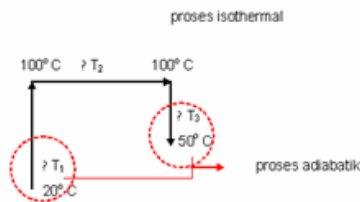
$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C} - 1 = \frac{T_H - T_C}{T_C}$$

(5)

Sehingga persamaan koefisien performance menjadi :

$$\omega = \frac{T_C}{T_H - T_C} \quad (6)$$

Secara teoritis pabrik es skala mini dengan menggunakan ruangan kontainer sebagai media ruang pendingin dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan-persamaan termodinamik sebagai berikut :



Proses-proses yang berlangsung pada pabrik es skala mini adalah :

- Evaporasi (untuk membentuk gas dari air), dari temperatur 20°C sampai menjadi uap (100°C), dimana pada step ini berlaku persamaan $Q = mC_p \Delta T_1$.
- Pada step dua akan berlaku persamaan : $Q = m\lambda$.
- Pada step ke tiga akan berlaku persamaan : $Q = mC_p \Delta T_3$

Siklus carnot seperti diagram di atas merupakan proses reversibel, dengan assumsi gas ideal. Dimana persamaan-persamaan yang berkaitan dengan proses tersebut adalah :

$$dQ = C_v dT + PdV \quad (a)$$

Untuk proses isothermal step b ke c, dengan $P = RT_H / V$, persamaan (a) diintegrasikan akan

memberikan persamaan :

$$|Q_H| = \int_{V_b}^{V_c} PdV = RT_H \ln \frac{V_c}{V_b}$$

(b)

Untuk isothermal step d ke a, dengan $P = RT_C / V$,

$$Q_{ab} = RT_C \ln \frac{V_a}{V_d} \quad (c)$$

$$|Q_C| = RT_C \ln \frac{V_d}{V_a} \quad (d)$$

Oleh karena itu :

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{T_H \ln(V_c / V_b)}{T_C \ln(V_d / V_a)} \quad (e)$$

Untuk proses adiabatik :

$$-C_v dT = PdV = \frac{RT}{V} dV \quad (f)$$

atau

$$-\frac{C_v}{R} \frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} \quad (g)$$

Untuk step a ke b, integrasi memberikan :

$$\int_{T_c}^{T_H} \frac{C_v}{R} \frac{dT}{T} = \ln \frac{V_a}{V_b}, \quad (h)$$

Untuk step c ke d,

$$\int_{T_c}^{T_H} \frac{C_v}{R} \frac{dT}{T} = \ln \frac{V_d}{V_c} \quad (i)$$

Dari persamaan (h) dan (i), akan diperoleh persamaan :

$$\ln \frac{V_a}{V_b} = \ln \frac{V_d}{V_c}, \quad (j)$$

Persamaan (j) juga bisa ditulis untuk kondisi atau step yang lain;

$$\ln \frac{V_c}{V_b} = \ln \frac{V_d}{V_a}$$

Persamaan (e) menjadi :

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C} \quad (k)$$

Dimana

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = mC_p \Delta T_1 + m\lambda$$

$+mC_p\Delta T_3$, Q total ini merupakan kebutuhan power/tenaga yang diperlukan untuk membuat es batu. Dari persamaan tersebut juga akan diperoleh kebutuhan bahan baku (feed) yang dibutuhkan selama proses pembuatan es batu.

$$|W| = |Q_H| - |Q_C|$$

$$\omega = \frac{|Q_C|}{|W|}$$

$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{|Q_H|}{|Q_C|} - 1, \frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C}$$

$$\frac{|W|}{|Q_C|} = \frac{T_H}{T_C} - 1 = \frac{T_H - T_C}{T_C}$$

$$\omega = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

Perhitungan efisiensi :

Persamaan-persamaan yang berperan dalam perhitungan efisiensi adalah :

$$\omega = \frac{H_2 - H_1}{(H_3 - H_4) - (H_2 - H_1)} \quad (1)$$

$$S_1 = (1-x)S' + xS'$$

$$H_1 = (1-x)H' + xH'$$

$$S', S'', H', dan H''$$

diperoleh daritabel : 9.2 Smith Van Ness p. 285.

$$H_2, S_2, H_4, dan S_4 \text{ diperoleh juga pada}$$

Dari :

$$H_2$$

$$S_2$$

$$H_4$$

$$S_4$$

Dari : $H_1, H_3, H_3, dan H_4$, maka, ω dapat dihitung

Sedangkan, $\eta = \frac{|W|}{|Q_H|} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$

$$|W| = (H_3 - H_4) - (H_2 - H_1)$$

$|W|$, akan diketahui.

$$|Q_C| = \Delta H = H_2 - H_1, \text{ dimana } |Q_C| = |Q_H|, \text{ dalam satuan } kJ.S^{-1}$$

dimana, $kJ.S^{-1} = kW$

$|Q_H|$, merupakan kebutuhan power atau tenaga yang dibutuhkan dalam sistem refrigerator.

Efisiensi merupakan perbandingan dari $|W|$ dan $|Q_H|$.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil dari paper ini adalah :

- Proses yang terjadi pada pabrik es skala mini terdiri dari beberapa proses, yaitu : proses adiabatik dan proses isothermal yang mana ke dua proses tersebut terjadi pada tiap step siklus
- Proses adiabatik dan isothermal terjadi pada proses kompresi dan ekspansi, dimana pada proses kompresi terjadi pada kompressor sedangkan pada proses ekspansi terjadi pada proses evaporasi.
- Seperti pada sklus, proses yang terjadi pada sistem refrigeration terdiri dari dua macam proses yaitu proses adiabatik dan isothermal yang mana kedua proses tersebut berlangsung pada sistem kompresi dan ekspansi.
- Pemakaian kontainer sebagai ruangan pendingin pabrik es batu skala mini membutuhkan tahapan persiapan yang baik, terutama sistem isolator yang baik untuk menjaga tidak terjadinya proses “heat transfer” antara dinding ruang pendingin dengan lingkungan, hal ini untuk menjaga temperatur operasi (sistem) refrigerator.
- Proses pada pembuatan es batu memerlukan dua proses yaitu : proses adiabatik dan proses isothermal.

DAFTAR PUSTAKA

Warren L. Mc. Cabe, Julian C. Smith, and Peter Harriot, “Unit Operations Chemical Engineering”, Fourth Edition. 1985. Mc. Graw-Hill Book Inc.

D. Q. Kern,,” Process Heat Transfer”, International Student Edition. 1965. Mc. Graw-Hill International Book Company.Japan.

Frank P. Incropera and David P. Dewitt, ”Fundamentals of Heat Transfer”, Third Edition. 1990. by John Wiley & Sons, Inc. Canada.

Dale F. Rudd, Gary J. Powers and Jeffrey J. Sirola, “Process Synthesis”, Prentice-Hall, Inc. 1973. Englewood Cliffs, New Jersey.

Geankoplis, C. J., “Transport Processes and Unit Operation’, Secon ed., Ally and Bacon, Inc., 7 Wells Avenue, Newton, Massachussets 02159.

Brown, G. G., and Associates, “Unit Operation”, Wiley, New York., 1950.