

REKAYASA MODEL MESIN PENDINGIN IKAN TANGKAPAN NELAYAN DENGAN MEMANFAATKAN KELEBIHAN DAYA MESIN DIESEL PENGGERAK PROPELER PERAHU

Agus Slamet, Wahyu Djalmono P.

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, KotakPos 6199/SMG, Semarang 503293
Telp. 024-7473417, 024-7466420 (hunting), Fax. 024-7472396

Abstrak

Pendinginan Ikan hasil tangkapan menggunakan es blok menyebabkan produktivitas tangkapan ikan nelayan menjadi sangat terbatas karena dibatasi oleh jumlah dan waktu es blok yang akan mencair dalam waktu 12 jam terhitung dari saat perahu nelayan berangkat melaut, sehingga nelayan harus segera pulang atau mendarat untuk mencari es blok baru agar hasil tangkapan ikannya tetap segar dan tidak rusak/busuk. Perahu nelayan yang berkapasitas tangkapan ikan > 150 kg ikan laut menggunakan mesin Diesel berdaya 16 hp untuk menggerakkan propeler yang digunakan hanya setengahnya (± 8 hp). Pengembangan model mesin refrigerasi bisa dilakukan sehingga dapat memecahkan masalah nelayan penangkap ikan, berupa rancang bangun mesin freezer untuk membekukan ikan. Adapun kebutuhan daya kompresor sistem refrigerasi didapat dari sebagian daya mesin diesel penggerak propeler. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pembuatan prototipe untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tangkapan ikan nelayan, serta mengoptimalkan penggunaan daya mesin diesel penggerak propeler yang terpasang di perahu nelayan. Rancang bangun alat ini komponen utama terdiri dari: palkah, evaporator, kompresor refrigerasi, kondensator dan coil ekspansi, serta pulley pengatur putaran. Metode penelitian dimulai data awal dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, meliputi desain dan prinsip kerja alat serta metode pengujian dan hasil pengujian dan dilengkapi survey lapangan untuk data perahu nelayan. Rekayasa model mesin pendingin ikan tangkapan nelayan ini dengan tahapan menentukan spesifikasi, pemilihan dan rancangan komponen utama, pembuatan dan perakitan semua komponen utama. Tahap pengujian alat dilakukan dengan parameter pengujian yaitu menggunakan sampel uji tangkapan ikan laut 5 kg dengan temperatur 29°C . Data dari pengujian ini adalah waktu pembekuan, temperatur ikan laut beku yang dihasilkan, dan temperatur kerja evaporator. Prosedur pengujian dimulai dari mesin refrigerasi mencapai kondisi tunak dengan temperatur kerja evaporator mencapai $-17,2^{\circ}\text{C}$, dilanjutkan sampel uji dimasukkan ke palkah. Pengambilan data pengujian dengan cara pengukuran temperatur pada evaporator dan ikan laut di dalam palkah setiap waktu 5 menit. Hasil pengujian menunjukkan temperatur dan tekanan gauge kerja evaporator steady state berturut-turut adalah rata-rata $-17,2^{\circ}\text{C}$ dan 0,4 bar dibutuhkan waktu 20 menit, sampel uji membeku pada temperatur $-4,2^{\circ}\text{C}$ dan temperatur di dalam ruang palkah $-4,6^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 210 menit.

Kata Kunci : “pendingin ikan”, “propeler”, “perahu”.

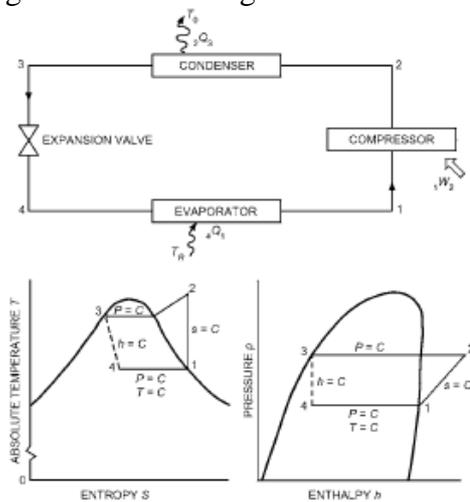
1. Pendahuluan

Perahu nelayan penangkap ikan sebagian di Jawa Tengah, didapatkan data bahwa perahu nelayan yang mempunyai kapasitas tangkapan ikan > 150 kg ikan laut menggunakan mesin Diesel berdaya 16 hp untuk menggerakkan propeler yang dalam pengoperasiannya daya yang digunakan hanya setengahnya (± 8 hp). Nelayan mengawetkan hasil tangkapan ikannya di laut dengan cara menggunakan es blok (ice block), Produktivitas tangkapan ikan nelayan menjadi sangat terbatas karena dibatasi oleh jumlah dan waktu es blok yang akan mencair dalam waktu 12 jam terhitung dari saat perahu nelayan berangkat melaut, dan untuk sekali melaut dibutuhkan biaya

tambahan untuk membeli es blok. (Agus Slamet, dkk 2014). Salah satu alternatif solusinya adalah pembuatan rancang bangun model sistem refrigerasi atau mesin freezer untuk membekukan ikan, dengan suplay daya kompresor sistem refrigerasi didapat dari memanfaatkan daya dari mesin diesel yang tidak semuanya digunakan untuk menggerakkan propeler. Rancangan model mesin freezer tersebut mempunyai komponen utama antara lain palkah, kompresor refrigerasi, kondensator, evaporator dan reduser pengatur putaran.

Kapasitas pengujian model mesin ini adalah 5 kg ikan dengan temperatur 30°C dengan target temperatur pembekuan pada -4°C dan untuk tetap menjaga kesegaran ikan minimal

dinginkan pada temperatur 0°C (C P Arora, 2005). Untuk mengetahui unjuk kerja model mesin ini melakukan pengamatan waktu yang dibutuhkan membekukan ikan dan temperatur pembekuan yang dapat dicapai, serta waktu maksimal penyimpanan ikan tetap segar di dalam palkah. Hasil dari penelitian ini diharapkan digunakan sebagai dasar pengembangan pembuatan prototipe sistem refrigerasi untuk membekukan ikan laut dengan memanfaatkan daya mesin diesel penggerak propeler pada perahu nelayan.. Prinsip rancang bangun sistem refrigerasi ini mengacu berdasarkan Siklus dari sistem refrigerasi adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Blok & Diagram T-s Siklus Kompresi Uap Standar (ASHRAE, 2009)

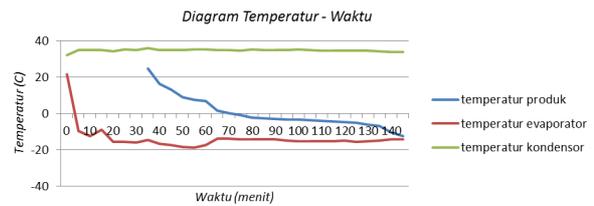
Siklus ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan kapasitas pendinginan dan kerja kompresor dengan persamaan aliran energi panas spesifik (ASHRAE, 2009) :

$$Q_{in} = h_1 - h_4 \quad \text{atau} \quad RE = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)}$$

Kerja kompresor spesifik menggunakan persamaan (Michael J. Moran, 2006) :

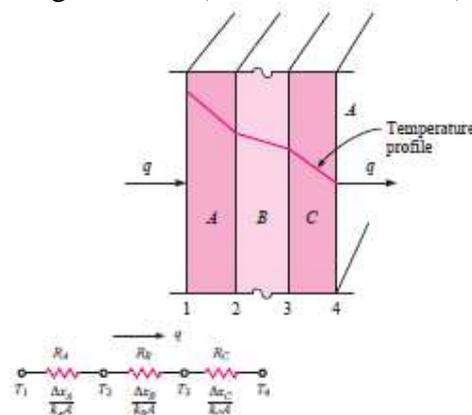
$$W_C = h_1 - h_2 \text{ (kJ/kg)}$$

Penelitian yang telah dilakukan Wahyu Djalmono Dkk, 2012 yaitu Model mesin refrigerasi terpadu dengan keluaran produk es serut dari hasil pengujian didapatkan mampu menghasilkan 1 kg es blok dengan temperatur -5,9°C dan temperatur kerja evaporator dapat mencapai -15,2°C. Adapun hasil pengujian dari mesin tersebut seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pendinginan

Menentukan beban pendinginan salah satunya adalah beban transmisi yaitu aliran energi panas yang mengalir melalui dinding komposit, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (J.P. Holman, 2010) :



Gambar 3 : Rangkaian Termal Ekuivalen Pada Dinding Datar Komposit

Laju perpindahan energi panas (pinerpan) satu dimensi sistem ini adalah:

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\Delta x_A / k_A A + \Delta x_B / k_B A + \Delta x_C / k_C A}$$

Jika melibatkan perpindahan energi panas konveksi, maka persamaannya menjadi :

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum R_t} \quad \text{(Watt)}$$

$T_{\infty,1} - T_{\infty,4}$ adalah perbedaan temperatur total dan melibatkan semua tahanan termal yg ada, sehingga:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\{(1/h_1 A) + (L_A / k_A A) + (L_B / k_B A) + (L_C / k_C A) + (1/h_4 A)\}}$$

Persamaan laju pinerpan ini juga biasanya diekspresikan dengan menggunakan koefisien pinerpan total (overall heat transfer coefficient) U, yaitu :

$$UA = 1/R_{tot}$$

$$q_x = UA \Delta T \quad \text{(Watt)}$$

2. Metode Penelitian

a. Perancangan dan pembuatan model mesin pendingin ikan tangkapan nelayan dengan memanfaatkan kelebihan daya mesin diesel penggerak propeler perahu yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan mesin pembeku ikan laut, dilakukan tiga tahapan yaitu:

- 1) Validasi data awal di lapangan dilakukan survey langsung lapangan di dermaga perahu nelayan untuk mengetahui antara lain; dimensi perahu, kapasitas muatan hasil tangkapan, jenis dan daya mesin diesel yang digunakan, cara mendinginkan hasil tangkapan ikan di laut dan jumlah aktual ikan yang bisa didinginkan dengan es blok
- 2) Menentukan spesifikasi komponen utama terutama untuk mendapatkan jenis bahan dinding komposit untuk palkah yang sesuai digunakan sebagai ruang membekukan/menyimpan ikan laut, juga pemilihan jenis dan bahan kondensor dan evaporator yang berfungsi untuk melepas energi panas dari beban pendinginan dan akan menyerap energi panas beban pendinginan (ikan laut) agar dapat membeku, kompresor refrigeran digunakan mensirkulasikan refrigeran pada sistem dan menaikkan tekanan kondensor. Jenis pulley juga ditentukan agar perubahan kecepatan putaran kompresor mudah dilakukan.
- 3) Pemilihan dan perancangan fungsi setiap komponen utama antara lain : Palkah agar energi panas dari lingkungan dapat diperkecil menembus masuk ke ruang pembekuan, maka dirancang dindingnya dibuat dari bahan komposit dari stainless steel, sterofoam dan fiber ; Kondensor dan Evaporator agar mampu melepas dan menyerap energi panas dari beban pendinginan, maka dirancang panjang pipanya berdasarkan tipe penukar kalor *bar-tube* menggunakan pipa tembaga diameter 1 inch, dan katup ekspansi untuk menurunkan tekanan refrigeran

dari kondensor ke tekanan evaporator dipilih jenis *capillary tube*. Pemilihan Kompresor refrigeran R-134a jenis *reciprocating compressor* yang mempunyai daya maksimum 1 hp ($\pm 0,746$ kW) tepatnya setelah dihitung beban pendingin total sistem; Pulley pengatur kecepatan putaran kompresor dirancang agar dapat dihubungkan dengan sabuk sebagai alat transmisi daya dan dapat dipasangkan pada flaywheel mesin diesel penggerak propeler perahu, dipilih jenis bertingkat.

b. Pengujian Model Mesin Pendingin Ikan
Langkah-langkah pengujian dilakukan sebagai berikut :

1). Parameter Pengujian

Parameter pengujian digunakan adalah menggunakan hasil tangkapan ikan laut 5 kg dengan temperatur 30° C. Data-data yang didapatkan dari pengujian ini adalah waktu pembekuan, temperatur produk (ikan laut) beku yang dihasilkan, dan temperatur kerja evaporator.

2). Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dimulai dari menghidupkan mesin refrigerasi dengan cara menghubungkan sabuk transmisi pada pulley pengatur kecepatan di kompresor refrigeran dengan pulley pada mesin diesel penggerak propeler yang sudah dihidupkan, dan ditunggu sampai mencapai kondisi tunak (*steady state*) dengan temperatur kerja evaporator mencapai -10° C, selanjutnya hasil tangkapan ikan laut dimasukkan ke palkah. Pengambilan data pengujian adalah pengukuran temperatur dilakukan pada evaporator dan ikan laut di dalam palkah setiap 10 menit, jumlah waktu tersebut sebagai data saat ikan sudah membeku dengan temperatur -6° C atau dibawah titik beku ikan laut -4° C. Prosedur pengujian tersebut dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali

3) Analisis Data Pengujian

Data pengujian tersebut di atas berupa waktu pembekuan, temperatur produk ikan laut beku yang dihasilkan, dan temperatur kerja evaporator. Data-data tersebut dapat ditentukan unjuk kerja dan karakteristik rekayasa model mesin pendingin ikan tangkapan nelayan dengan memanfaatkan kelebihan daya mesin diesel penggerak propeler perahu.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Perancangan dan Pembuatan Alat

Mengacu dari data pada observasi awal maka rancang bangun model mesin pendingin ikan laut dengan memanfaatkan daya mesin diesel penggerak propeler ini mempunyai 6 komponen utama yaitu Palkah, Kondensor, Evaporator, Kompresor refrigeran, Reduser pengatur putaran dan Mesin Diesel. Perancangan keenam komponen tersebut dilakukan berdasarkan dari data yang didapat pada observasi awal. Pada tahapan perancangan juga terjadi perubahan atau modifikasi rancangan yang disesuaikan dengan data lapangan dan hasil perhitungan dari sistem refrigerasi yang dipilih. Diawali dengan menghitung beban pendinginan model sistem pendingin untuk mendinginkan ikan laut 5 kg sampai temperatur -4°C , sehingga ditemukan dimensi palkah yang ber dinding komposit, daya kompresor yang dibutuhkan dipilih jenis kompresor refrigeran rotary yang digunakan untuk sistem AC pada mobil. Berdasarkan beban pendinginan dan daya kompresor yang dibutuhkan dapat ditentukan kapasitas kondensator dan dipilih *air cooled condensor* yang dijual dipasaran dan motor penggerak dipilih mesin Diesel 7 Hp. Konstruksi evaporator dipilih dari pipa tembaga dengan diameter yang ditentukan sehingga panjang pipa tembaga evaporator dapat dihitung berdasarkan dari beban pendinginan, dan katup ekspansi yang digunakan jenis pipa kapiler. Reduser menggunakan sistem pulley dengan perbandingan putaran kompresor refrigeran dengan mesin diesel 1 : 1,5. Rangkaian model sistem refrigerasi ini dipasang

dengan dudukan/landasan yang mudah dipindahpindah (portable).

Kompresor refrigeran dipilih jenis kompresor refrigeran rotary yang digunakan untuk sistem pengkondisian udara (AC) pada mobil. Kompresor refrigeran yang ada dipasaran dipilih yaitu merek Sanden Model 508 dengan spesifikasi putaran 2000 rpm dengan putaran maksimum 3000 rpm berdaya maksimum 3,67 Hp. Penggunaan kompresor refrigeran ini pada model sistem refrigerasi pembeku ikan dilengkapi dengan accu sepeda motor 12 volt berfungsi untuk menjalankan magnetic clutch pada kompresor refrigeran.



Gambar 4. Kompresor Refrigeran Sanden 508

Evaporator dipasangkan dengan melilitkan di sekeliling dinding dibagian dalam bahan almunium dari Palkah, bahan evaporator dibuat dari pipa tembaga berdiameter $\frac{1}{4}$ inch panjang total pipa evaporator adalah 22 m.



Gambar 5. Evaporator dari Bahan Pipa Tembaga

Pemilihan komponen utama Kondensor dipilih jenis *Air cooled Condensor* dengan tipe 12 U 1/6 PK yang terdiri dari pipa baja $\frac{1}{4}$ inch dilengkapi dengan sirip (fin) berbahan zink yang biasa digunakan untuk mesin freezer. Kapasitas kondensor dipilih yang mampu melepaskan laju energi panas minimal sebesar jumlah beban pendinginan dengan daya kompresor refrigeran.



Gambar 6. Kondensor Jenis Air Cooled Condensor

Mesin penggerak kompresor refrigeran menggunakan motor diesel satu silinder yang biasa digunakan pada perahu nelayan penangkap ikan. Pada rancang bangun model sistem refrigerasi pembeku ikan ini dipilih Motor Diesel satu silinder merek Dong Feng berkapasitas daya 7 Hp dengan putaran mesin 2600 rpm.



Gambar 7. Mesin Diesel Penggerak Kompresor Refrigeran

Komponen-komponen utama tersebut kemudian dirakit sehingga menjadi satu unit Model Mesin Pendingin Ikan Tangkapan Nelayan Dengan Memanfaatkan Kelebihan Daya Mesin Diesel Penggerak Propeler Perahu yang siap digunakan untuk diuji kemampuannya untuk mendinginkan ikan laut untuk mengetahui waktu pendinginan ikan yang dibutuhkan dan temperatur yang dapat dicapai untuk mendinginkan ikan di dalam palkah seperti terlihat pada gambar berikut.

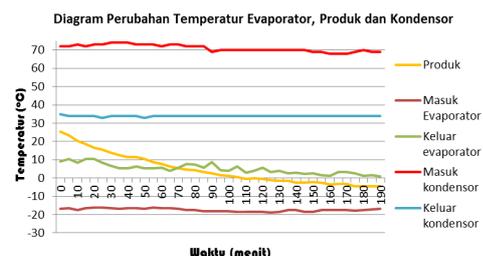


Gambar 8. Model Mesin Pendingin Ikan Tangkapan Nelayan Dengan Memanfaatkan Kelebihan Daya Mesin Diesel Penggerak Propeler Perahu

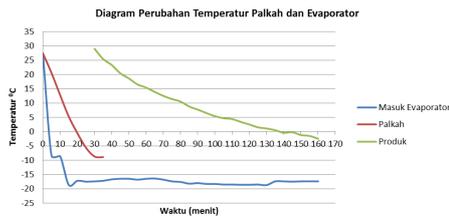
3.2. Pengujian Model Mesin Pendingin Ikan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel ikan laut dengan massa 5 kg bertemperatur 29°C . Mesin refrigerasi dihidupkan sampai mencapai kondisi tunak (*steady state*) dengan temperatur kerja evaporator mencapai -17°C dan temperatur di dalam ruang palkah mencapai -8°C , selanjutnya masukan sample uji ikan laut ke

dalam palkah dan tutup rapat ruang pendinginan dari bahan dinding komposit. Waktu pengukuran temperatur dilakukan setiap 5 menit pada evaporator, ruang palkah dan ikan laut di dalam palkah, jumlah waktu tersebut sebagai data saat ikan laut sudah membeku dengan temperatur -4°C . Hasil proses pengujian dan pengambilan data dari model mesin pendingin ikan tangkapan nelayan dengan memanfaatkan kelebihan daya mesin diesel penggerak propeler perahu menunjukkan bahwa alat tersebut dapat berfungsi untuk membekukan produk ikan laut dengan massa 5 kg, bertemperatur awal 29°C membeku sampai temperatur rata-rata $-4,2^{\circ}\text{C}$. Hasil pengujian data yang diperoleh menunjukkan bahwa temperatur dan rata-rata tekaanan *gauge* kerja evaporator tingkat keadaan tunak (*steady state*) berturut-turut adalah rata-rata $-17,2^{\circ}\text{C}$ dan 0,4 bar. Pada Gambar 9 terlihat bahwa waktu untuk tingkat keadaan *transient* yang terjadi pada temperatur masuk evaporator yang dibutuhkan adalah 20 menit. Waktu untuk tingkat keadaan *transient* untuk mencapai temperature $-8,4^{\circ}\text{C}$ di dalam ruang palkah sebelum diberi beban pendinginan berupa sampel uji dicapai dalam waktu 30 menit seperti terlihat pada Gambar 10. Temperatur masuk dan tekanan *gauge* kerja kondensor tingkat keadaan tunak dicapai berturut-turut pada 55°C dan 19 bar, waktu yang dibutuhkan untuk tingkat keadaan *transiennya* adalah 20 menit. Sampel uji 5 kg di dalam palkah membeku dengan temperatur rata-rata sekitar $-4,2^{\circ}\text{C}$ dibutuhkan waktu pembekuannya sekitar 210 menit, dan temperatur di dalam ruang palkah $-4,6^{\circ}\text{C}$. Hasil pengukuran dari pengujian ini dapat dilihat pada grafik yang terdapat di gambar sebagai berikut :



Gambar 9. Diagram Waktu Pembekuan Sampel Uji Ikan Laut



Gambar 10. Diagram Waktu Transien pada Evaporator dan Palkah

Berdasarkan hasil pengujian tersebut di atas didapatkan bahwa temperatur kerja evaporator pada saat kondisi *steady state* dapat mencapai $-17,2^{\circ}\text{C}$ adalah sesuai dengan rancangan penelitian ini. Untuk temperatur di dalam ruangan Palkah dirancang dapat mencapai -8°C pada saat kondisi *steady state* berdasarkan hasil pengujian dapat mencapai temperatur $-8,4^{\circ}\text{C}$, tetapi dalam kondisi tanpa beban pendinginan. Pada saat beban pendinginan dimasukkan ke dalam palkah maka temperatur rata-rata di ruang palkah pada saat kondisi *steady state* hanya mampu mencapai temperatur rata-rata $-4,6^{\circ}\text{C}$, sehingga tidak sesuai dengan rancangan. Waktu pendinginan produk selama 210 menit dari hasil pengujian didapatkan temperatur sampel uji produk yang dihasilkan (sampel uji ikan laut 5 kg) tidak merata yaitu direntang temperatur -8°C sampai 1°C . Posisi peletakan sampel uji menunjukkan terhadap temperatur sampel uji produk yang dicapai, yaitu posisi sampel yang menempel pada dinding palkah menghasilkan temperatur sampel uji produk yang terendah, sedangkan sampel yang terletak di tengah ruang palkah menghasilkan temperatur sampel uji produk yang tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dan pengambilan data serta pembahasannya maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

- Rekayasa Model Mesin Pendingin Ikan Tangkapan Nelayan Dengan Memanfaatkan Kelebihan Daya Mesin Diesel Penggerak Propeler Perahu dapat

berfungsi untuk membekukan ikan laut 5 kg sampai temperatur rata-rata $-4,2^{\circ}\text{C}$

- Model mesin pendingin ikan laut ini untuk mencapai tingkat keadaan tunak (*steady state*) terutama pada evaporator, pada temperatur dan tekanan gauge evaporator $-17,2^{\circ}\text{C}$ dan 0,4 bar sebelum diberikan beban pendinginan membutuhkan waktu sekitar 20 menit
- Waktu pembekuan produk sampel uji ikan laut dari temperatur 29°C sampai membeku pada temperatur $-4,2^{\circ}\text{C}$ adalah 210 menit.

Tekanan *gauge* kerja rata-rata pada kondensor adalah 18,5 bar dan temperatur masuk refrigeran rata-rata 70°C

5. Daftar Pustaka

- Agus Slamet, dkk 2014, *Rekayasa Model Sistem Penerapan Refrigerasi Untuk Membekukan Ikan Laut Dengan Memanfaatkan Daya Mesin Diesel Penggerak Propeler Pada Perahu Nelayan*, Laporan Penelitian Terapan, Polines, Semarang.
- Agus Slamet, dkk 2014, *Rancangan Bangun Model Mesin Pendingin Terpadu Penghasil Es Serut*, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.9, No.3, Desember 2014, Semarang.
- ASHRAE, 2009, *Fundamentals Inch-Pound Edition*, Ashrae INC, Atlanta
- J.P. Holman, 2010, *Heat Transfer, 10th edition*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Moran, M.J, Howard N. Shapiro, 2006, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 5nd edition*, John Wiley & Son, New York.
- Wahyu Djalmono, dkk, 2012, *Kajian Model Mesin Refrigerasi Terpadu Dengan Keluaran Produk Es Dalam Bentuk Serutan*, Laporan Penelitian Terapan, Polines, Semarang.