

Perhitungan Beban Pendinginan Mobil *Box* Pengangkut Ikan Beku

Suyanto✉

Universitas Ivet

DOI: <https://doi.org/10.31331/maristec.v3i2>

Info Articles

Sejarah Artikel:

Disubmit November 2023

Direvisi Desember 2023

Disetujui Januari 2023

Keywords:

*Fish preservation, Box truck,
Cooling load, AC power*

Abstrak

Ikan merupakan produk utama hasil tangkapan laut yang banyak dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Ikan merupakan produk yang mudah membusuk atau rusak, terutama pada kondisi suhu ruang. Pengangkutan harus dilakukan dengan hati-hati agar produk perikanan tidak terkena suhu tinggi selama pemuatan dan pembongkaran kendaraan pengangkut. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam penggunaan armada truk *box* sebagai sarana transportasi untuk mengangkut ikan beku adalah pemilihan kapasitas mesin pendingin yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendinginan pada truk *box* untuk mengangkut ikan beku. Dengan dihasilkannya total beban pendinginan dan persentase beban pendinginan bisa menjadi pertimbangan dalam pemilihan mesin pendingin yang digunakan dalam mobil *box* pendingin tersebut. Dari Analisa data yang ada, beban pendinginan total *box* truk pengangkut ikan beku dengan dimensi *box* 250cm x 170cm x 165cm dan total muatan ikan 1200kg adalah 5531 watt. Mesin pendingin yang direkomendasikan untuk digunakan pada truk *box* pengangkut ikan beku dibutuhkan mesin pendingin dengan daya 2 PK.

Abstract

Fish is the main product of marine catches which is widely consumed to meet food needs. Fish is a product that is easily damaged or spoiled, especially at room temperature conditions. Transport must be carried out with care so that fishery products are not exposed to high temperatures during loading and transportation of transport vehicles. One thing that needs to be considered in using a box truck fleet as a means of transportation for transporting frozen fish is choosing the right cooling machine capacity. This study aims to calculate the cooling load on box trucks for transporting frozen fish. With the resulting total cooling load and the proportion of cooling load can be a consideration in selecting the cooling machine used in the car cooler. From the existing analysis data, the total cooling load of a frozen fish transport truck box with box dimensions of 250cm x 170cm x 165cm and a total load of 1200kg of fish is 5531 Watts. The cooling machine recommended for use in frozen fish transport box trucks requires a cooling machine with a power of 2 PK.

✉Alamat Korespondensi: E-mail:
suyantoeste@yahoo.com

PENDAHULUAN

Ikan merupakan produk utama hasil tangkapan laut yang banyak dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Ikan merupakan produk yang mudah membusuk atau rusak, terutama pada kondisi suhu ruang. Proses pembusukan ini akan cepat terjadi setelah ikan mati. Tiap jenis ikan memiliki ketahanan yang berbeda-beda. Rata-rata ikan sudah tidak layak dikonsumsi setelah 15 jam ikan mati. Proses pembusukan ikan berlangsung lebih cepat jika dibandingkan dengan proses pembusukan daging.

Ikan adalah bahan biologis, apabila ikan setelah ditangkap dan diangkat dari air tidak memperoleh perlakuan tertentu, maka kualitas ikan akan menurun dan kemudian membusuk. Untuk itu perlu digunakan Teknik tertentu dalam upaya mempertahankan kesegaran ikan agar tetap awet dan layak untuk dikonsumsi. Cold storage bisa digunakan untuk menjaga kondisi kualitas ikan agar tetap segar, dan rasa ikan tetap bertahan. Cara ini juga praktis efisien dan efektif. Dengan penggunaan cold storage bakteri yang menyebabkan penurunan mutu ikan dapat terhambat perkembangannya dan ikan tidak cepat busuk (Afrianto, dan Liviawaty, 1992).

Ada beberapa cara yang bisa digunakan untuk mengawetkan ikan. Di antara cara-cara pengawetan ternyata dengan cara didinginkan dinilai paling baik karena bahan makanan/ikan yang telah didinginkan akan tetap segar dan tidak akan mengalami perubahan rasa, warna dan aromanya, di samping itu segala aktivitas yang menyebabkan pembusukan akan terhenti sehingga bahan makanan ataupun ikan yang didinginkan akan bisa bertahan lebih lama (Hartanto, 1984)

Salah satu cara penanganan ikan tangkap agar kesegaran tetap terjaga adalah dengan cara menurunkan suhu atau mendinginkan suhu ikan. Semakin besar panas ikan yang diserap maka suhu ikan akan semakin rendah. Pada suhu rendah, proses-proses biokimia yang berlangsung dalam tubuh ikan yang mengarah pada penurunan mutu ikan berlangsung lebih lambat. Selain itu, pada kondisi suhu rendah pertumbuhan bakteri pembusuk dalam tubuh ikan juga dapat diperlambat. Sehingga dengan demikian, kesegaran ikan akan semakin lama dipertahankan. (Khairi, 2012).

Pendinginan ikan bisa dilakukan dengan menggunakan Pendinginan es batu. 1) *Bulking* yaitu ikan dan es disusun selapis demi selapis di dalam palka kapal ikan yang besar dan permanen sertabersekat atau kotak ikan. Cara ini tidak dianjurkan untuk hasil perikanan berekonomis tinggi. 2) *Shelfing*, Ikan yang satu dengan yang lain harus dibatasi dengan es, dan tidak bersentuhan dengan badan ikan yang lain. Ikan disusun dalam rak-rak yang hanya menampung satu lapis ikan saja. Prinsip kerja ini sama dengan *bulking* yang dilengkapi dengan sekat hidup. 3). *Boxing*, penyusunan ikan menggunakan kotak atau boks yang terbuat dari kayu, aluminium, atau plastik. Pada boks penyimpanan ikan, misalnya satu boks hanya untuk diisi 1 – 2 ekor ikan yang sudah dicampur dengan es curai.

Pendinginan ikan juga bisa dilakukan dengan *refrigerated air* (udara dingin). Pendinginan udara biasanya digunakan di kapal komersial besar. Udara dingin disirkulasikan oleh evaporator bersirip dan kipas yang terletak di salah satu ujung ruang ikan. Unit-unit ini sering disebut sebagai blower udara. Dalam kegiatan industri perikanan, perjalanan hasil produksi perikanan baik dari tangkapan maupun budidaya sampai ke konsumen melalui beberapa tahapan yaitu mulai saat ikan ditangkap di atas kapal, dipanen dari tambak atau kolam atau perairan umum, pedagang, PP/TPI, UPI, selama distribusi dan pemasarannya. Agar produk ini terjaga kesegarannya, maka suhu ikan hasil tangkapan atau hasil panen diupayakan selalu tetap rendah, yakni dengan menerapkan teknologi refrigerasi diantaranya adalah dengan mengoptimalkan penggunaan es atau menggunakan peralatan refrigerasi.

Untuk pengangkutan jarak jauh suhu harus selalu dijaga -18°C atau lebih rendah dan ini bisa dicapai dengan pendinginan mekanis, pemakaian es kering, sirkulasi gas cair yang dingin. Untuk refrigerasi dan ketelitian dalam pemuatan, operasi dan pemeliharannya, sewaktu-waktu harus diperiksa dengan mengukur suhu produk pada awal dan akhir perjalanan. Pengangkutan harus dilakukan dengan hati-hati agar produk perikanan tidak terkena suhu tinggi selama pemuatan dan pembongkaran kendaraan pengangkut. Pengembangan sarana Pengangkutan yang ditujukan bagi proses distribusi dan pemasaran adalah dengan pe-nyediaan sarana semisal (1) Truk ber-refrigerasi (*refrigerated truck*), truk berefrigerasi merupakan alternatif alat transportasi produk perikanan yang baik diterapkan untuk transpor jarak jauh dan yang memakan waktu panjang. (2) Truk berinsulasi (*insulated truck*), kebutuhan refrigerasi untuk mengangkut ikan dapat ditekan sekecil mungkin dengan cara menginsulasi seluruh bagian sarana angkut sebaik mungkin, yakni atap, dinding dan lantai. Hal ini dilakukan agar suhu ikan tidak cepat meningkat selama proses distribusi dan agar kapasitas ikan yang diangkut dapat lebih besar.

Penyusunan peti wadah ikan dalam truk berinsulasi disusun rapat sesamanya agar panas tidak menyelip diantara peti, serta diberi lapisan alas es di bawah tumpukan peti dan lapisan es lagi di atas tumpukan.

Salah satu yang perlu diperhatikan dalam penggunaan armada truk *box* sebagai sarana transportasi untuk mengangkut ikan beku adalah pemilihan kapasitas mesin pendingin yang tepat. Kapasitas mesin pendingin atau AC tergantung dari ukuran *box* truk, mahan isolasi *box* truk, jumlah dan jenis muatan ikan, serta adanya kalor infiltrasi ketika proses buka tutup pintu *box*. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendinginan pada truk *box* untuk mengangkut ikan beku. Dengan dihasilkannya total beban pendinginan dan persentase beban pendingnan bisa menjadi pertimbangan dalam pemilihan mesin pendingin yang digunakan dalam mobil *box* pendingin tersebut.

METODE

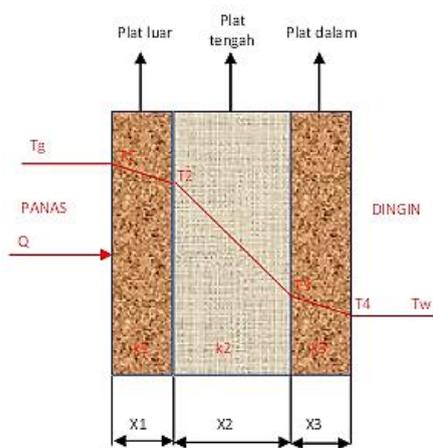
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengambilan data mobil *box* baik dimensi, bahan, komponen utama yang digunakan, maupun kondisi penggunaannya. Setelah data didapatkan kemudian dilakukan perhitungan beban pendinginan *box* pendingin yang meliputi 1) beban kalor yang melewati dinding, 2) beban kalor produk, 3) beban kalor infiltrasi, Setelah didapatkan nilai masing-masing beban kalor, kemudian dijumlahkan dan akan didapatkan nilai beban kalor total. Dari beban kalor total yang didapatkan kemudian dicari kesetaraan ukuran (PK) mesin pendingin yang bisa memenuhi kebutuhan beban pendinginan tersebut.

1. **Transmisi kalor yang melewati dinding *box***, merupakan perpindahan panas dari udara luar ke dalam ruangan dingin sebagai akibat adanya perbedaan temperatur antara sisi luar dinding dengan sisi bagian dalam *box*. Perhitungan kalor yang melewati dinding menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$q_{wall} = A \cdot U \cdot \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

q_{wall} adalah beban panas melalui dinding (Watt), U adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh, A adalah luas dinding (m^2), dan ΔT adalah perbedaan antara suhu luar dan suhu dalam ruangan (K).

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dapat diartikan sebagai jumlah energi panas yang dapat berpindah melewati dinding seluas $1 m^2$ dalam setiap $1 ^\circ C$ perbedaan temperatur pada dinding. Dimana nilai ini tergantung dari ketebalan dinding dan material dinding yang digunakan pada ruangan tersebut. Skema perpindahan panas sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme transmisi kalor melalui dinding

Udara dengan temperatur lebih panas berada pada sisi luar *box*, sementara itu udara di dalam *box* bersuhu lebih rendah. Sehingga kalor mengalir dari sisi luar yang lebih panas ke sisi

dalam yang lebih dingin menembus melalui dinding *box*. Koefisien konveksi udara panas dan udara dingin masing-masing dinyatakan dengan h_g dan h_w . Sedangkan luas permukaan dinding dinyatakan dengan A dan panas yang melewati dinding dinyatakan dengan q . Untuk menghitung kalor yang melewati dinding digunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$q_{wall} = \frac{A \cdot (T_g - T_w)}{\frac{1}{h_g} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_w}} \dots \dots \dots (2)$$

x adalah ketebalan dinding (m), k adalah konduktivitas thermal material dinding (W/m.K), T_g dan h_g masing-masing adalah suhu dan koefisien konveksi permukaan dinding panas, (W/m² .K), T_w dan h_w masing-masing adalah suhu dan koefisien konveksi permukaan dinding dingin, (W/m² .K)

- Perhitungan beban kalor produk**, produk berupa ikan yang dimasukkan dari luar ke dalam *box* akan memberikan beban kalor. Panas yang dihasilkan produk ini dapat berupa panas sensible dan atau panas laten. Jika temperatur penyimpanan produk lebih rendah dari temperatur titik bekunya, maka jenis panas yang di keluarkan oleh produk tersebut terdiri dari tiga jenis yaitu: 1. Panas sensibel sebelum pembekuan, merupakan yang dikeluarkan oleh produk penurunan temperatur produk tersebut sampai pada batas temperatur titik bekunya. 2. Panas laten pembekuan, yaitu panas yang dikeluarkan ketika terjadi perubahan wujud produk dari cair menjadi padat (beku). 3. Panas sensibel setelah pembekuan, merupakan panas yang dikeluarkan produk akibat penurunan temperatur dari temperatur titik beku hingga pada temperatur yang lebih rendah lagi (minus). Besarnya panas sensibel dari produk tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) berikut:

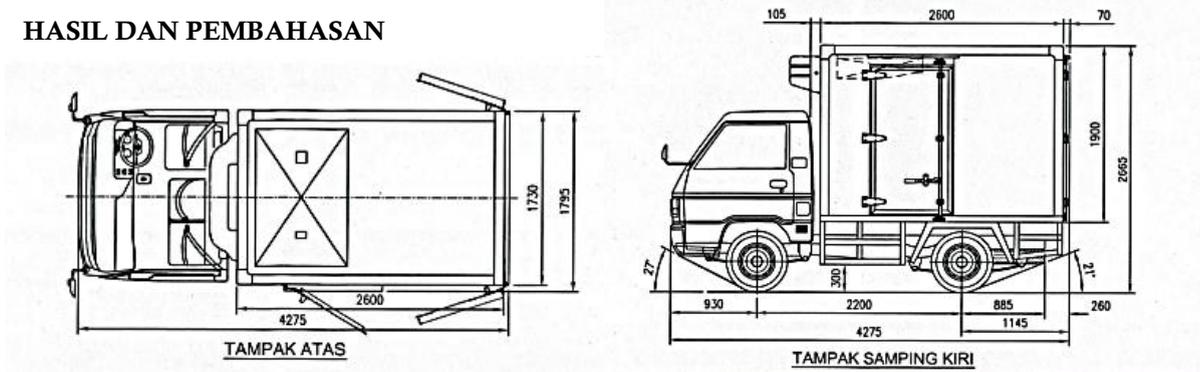
$$Q_{s,produk} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \dots \dots \dots (3)$$

- Perhitungan beban kalor infiltrasi**, beban infiltrasi terjadi ketika pintu dibuka, karena udara panas dari lingkungan akan masuk ke dalam ruang dan menyebabkan meningkatnya beban dari suatu system pendinginan. Beban kalor infiltrasi dihitung dengan menggunakan persamaan (4) berikut :

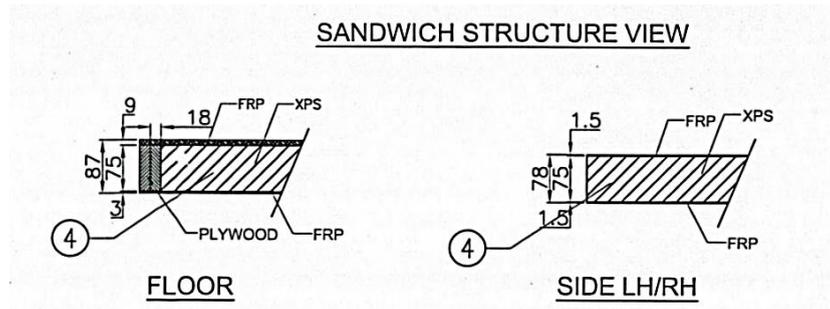
$$q_{inf} = v \cdot A \cdot (h_i - h_r) \cdot \rho_r \cdot D_t \dots \dots \dots (4)$$

q_{inf} adalah beban infiltrasi (Watt), v adalah rata rata kelajuan udara (m/s), A adalah luas daerah yang terbuka atau pintu (m²), h_i adalah nilai entalpi udara panas (kJ/kg), h_r adalah nilai entalpi udara dingin di cold room(kJ/kg), ρ_r adalah massa jenis udara dingin di cold room (kg/m³), dan D_t adalah lamanya pembukaan pintu.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Dimensi mobil *box* pendingin



Gambar 3. Jenis dan ketebalan dinding *box*

Mobil *box* memiliki dimensi panjang, lebar, dan tinggi berturut-turut adalah 250cm x 170cm x 165cm. Suhu dalam cold *box* bisa mencapai -25°C. Ruang pendinginan bisa memuat ikan sampai dengan kapasitas 7 m³ dengan masa ikan 1200kg. Cold *box* terbuat dari bahan panel polyuretane dengan tebal 75mm, dinding luar dan dalam berbahan FRP dengan tebal 1,5mm. Sementara itu pintu yang digunakan berukuran 170cm x 190cm. Refrigeran yang digunakan pada unit mesin pendingin adalah R 404a. Kapasitas kompresor 160cc/rev. Data dan konsumsi listrik 12V/32A atau 24V/20A.

1. Perhitungan beban kalor yang melewati dinding

Luas Permukaan dinding cold *box* (A) yang kontak dengan lingkungan sekitar bisa dihitung berdasarkan ukuran dimensi cold *box*. Data luas dinding adalah sebagai berikut :

- a. Luas dinding atas dan bawah
A1 = 2 x 250 x 170 = 85000cm²
- b. Luas dinding kiri dan kanan
A2 = 2 x 250 x 165 = 82500cm²
- c. Luas dinding depan dan belakang
A3 = 2 x 170 x 165 = 56100cm²
- d. Luas dinding total
At = 85000 + 82500 + 56100 = 223600cm² = 22,36m²

Dari hasil pengukuran didapatkan suhu lingkungan adalah 30°C, sedangkan suhu dalam cold storage adalah -25°C, sehingga selisih suhu di luar dan dalam cold storage adalah 55°C. Panel dinding cold storage terbuat dari bahan FRP untuk sisi luar dan dalam, sedangkan bahan insulasinya adalah polyurethane. Bahan-bahan tersebut mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- a. Koefisien perpindahan panas konveksi permukaan dinding ruang pendingin adalah 12 W/m² °C
 - b. Koefisien perindahan panas konveksi permukaan dinding luar = 9,1 W/m² °C
 - c. FRP dengan ketebalan 1.5mm memiliki nilai konduktivitas (k) = 0,7 W/m °C
 - d. Polyurethane dengan tebal 75mm memiliki nilai konduktivitas (k) = 0.02W/m °C
- Sehingga perpindahan kalor yang masuk melalui dinding cold storage bisa dihitung sebagai berikut :

$$q_{wall} = \frac{A \cdot (T_g - T_w)}{\frac{1}{h_g} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_w}}$$

$$q_{wall} = \frac{22,36 \cdot (30 - (-25))}{\frac{1}{12} + \frac{0,0015}{0,7} + \frac{0,075}{0,02} + \frac{0,0015}{0,7} + \frac{1}{9,1}}$$

$$q_{wall} = \frac{1229,8}{0,083 + 0,0021 + 3,75 + 0,0021 + 0,11}$$

$$q_{wall} = \frac{1229,8}{3,95} = 311,3 \text{ Watt}$$

2. Perhitungan beban kalor produk

Produk yang akan di bawa adalah ikan segar dengan kapasitas kalor bernilai 3330 J/kg.K, suhu awal ikan adalah 27 °C dan suhu akhir ikan adalah -20°C. dengan kapasitas *cold box* adalah 1200 kg.

$$Q_{S.produk} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{S.produk} = 1200 \times 3330 \times (27 - (-20))$$

$$Q_{S.produk} = 187.812.000 \text{ Joule}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan ikan dari suhu awal 27 °C menjadi 2 °C adalah 10 jam. Maka kalor produk ikan sebesar

$$q = \frac{Q_s}{t_{pendinginan}}$$

$$q = \frac{187812200}{10 \times 3600}$$

$$q = 5217 \text{ Watt}$$

3. Perhitungan beban kalor infiltrasi

Berdasarkan pengamatan, waktu pembukaan pintu rata-rata sekitar 10 menit per hari. Kecepatan aliran udara masuk rata-rata ditentukan bernilai 0.5 m/s. Luas pintu cold storage adalah 3,2 M², entalphi udara luar adalah 86,7 kJ/ kg, sedangkan entalphi udara dalam adalah 8,99 kJ/ kg. masa jenis udara di dalam cold storage adalah 1,34 kg/M³. Sehingga beban kalor infiltrasi bisa dihitung sebagai berikut:

$$q_{inf} = v \cdot A \cdot (h_i - h_r) \cdot \rho_r \cdot D_t$$

$$q_{inf} = 0,5 \times 3,2 \times (86,7 - 8,99) \times 1,34 \times 600$$

$$q_{inf} = 99,9 \text{ kJ}$$

Menyesuaikan dengan waktu pendinginan ikan adalah 10 jam, maka laju kalor infiltrasi adalah sebesar :

$$q_{inf} = \frac{99900}{10 \times 3600}$$

$$q_{inf} = 2,8 \text{ Watt}$$

Tabel 1. Total beban pendinginan

No	Jenis Beban Pendinginan	Besar Beban (Watt)
1	Panas melalui dinding	311,3
2	Beban Produk	5217
3	Beban Infiltrasi	2,8
Jumlah		5531,1

Total beban pendinginan ruang muat trux *box* pengangkut ikan beku sebesar 5531,1 Watt. Satu Watt bernilai setara dengan 3,412 Btu/hr. Maka total beban pendinginan adalah sebesar 18872 Btu/hr.

Tabel 2. Total beban pendinginan

DAYA AC (PK)	DAYA PENDINGINAN (Btu/hr)
½	5000
¾	7000
1	9000
1,5	12000
2	18000
2,5	24000
3	27000
5	45000

Dari tabel di atas bisa ditentukan bahwa untuk memenuhi kebutuhan pendinginan dalam truk *box* pengangkut ikan beku dibutuhkan mesin pendingin dengan daya 2 PK.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan adalah :

1. Beban pendinginan total *box* truk pengangkut ikan beku dengan dimensi *box* 250cm x 170cm x 165cm dan total muatan ikan 1200kg adalah 5531 watt.
2. Mesin pendingin yang direkomendasikan untuk digunakan pada truk *box* pengangkut ikan beku dibutuhkan mesin pendingin dengan daya 2 PK.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. dan E. Liviawaty. 1992. Pengawetan dan Pengolahan Ikan. 1992. Unpad, Bandung.
- ASHRAE. 2018. "2018 Ashrae Handbook Refrigeration SI Edition". 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta: ASHRAE
- Hartanto, B. 1984. Mesin Pendinginan di Bidang Perikanan. Balai Keterampilan Penangkapan Ikan, Tegal.
- Holman, J.P..2010. "Heat Transfer 10th Edition". 1221 Avenue of the Americas, NewYork, NY: McGraw-Hill Companies, Inc
- Khairi, I. 2012. Media dan Teknik Pendinginan Ikan. <http://www.Ihsanulkhairi86saja.wordpress.com> (11 Mei 2013)
- Siagian, Saut. 2017. "Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna Pada PT.X" dala BINA TEKNIKA, Volume 13 Nomor 1. Edisi Juni 2017, 139-149. Jakarta Selatan: Program Studi Teknik Mesin, UPN Veteran Jakarta
- Sofyan, I. 1983. Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan. Teknik Pendinginan Ikan. CV. Paripurna, Jakarta
- Sumanto dan Handoko. 1981. Dasar-Dasar Mesin Pendingin. Andi, Yogyakarta