



VISI

Volume 25

Nomor 1

Pebruari 2017

- Benarkah Saya Tidak Hamil**
Dr. Leo Simanjuntak, SpOG
Studi Subtitusi Terigu Dengan Pasta Pisang Awak
(Musa paradisiaca var. awak) Pada Pembuatan Mi Basah
Hotman Manurung¹ dan Rosnawya Simanjuntak²
Kaji Eksperimental Pendingin Air Minum Dengan Volume 3 Liter
Pada Sistem Refrigerasi Pada Temperatur 5⁰C
Parulian Siagian¹ Waldemar Naibaho² Meiman Jaya Harefa³
The Effect Of Semantic Mapping Startegy On Students Reading Comprehension
At The Third Semester Of English Department Students
Nenni Triana Sinaga
Analisis Umpasa Pada Upacara Adat Perkawinan Batak Toba
Ditinjau Dari Segi Antropolinguistik
Roselyn Nainggolan¹ dan Harmita Novaria Panggabean²
Analisa Logam Berat Pada Lindi Dari
Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Namo Bintang
Mariana Br. Surbakti¹ dan Poltak Panjaitan²
Strategi Pengembangan Komoditi Unggulan Pangan dan Buah Untuk Pasar Agroindustri di
Kabupaten Deliserdang Propinsi Sumatera Utara
Albina br. Ginting¹, Jongkers Tampubolon², Johndikson Aritonang³
Sistem Integrasi Tanaman Semusim: Sawi, Kol dan Tomat dengan Ternak Babi
di Kecamatan Paranginan Kabupaten Humbang Hasundutan
Gerald P. Siahaan¹, Hotden L. Nainggolan² Johndikson Aritonang³, Mangihut Hutapea⁴
Pengaruh Frekuensi Penyiraman terhadap Pertumbuhan dan Produksi
Tiga Varietas Bawang Merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum* L.)
Tumiur Gultom¹ dan Siska Panjaitan²
Pengelolaan Alokasi Dana Desa di Desa Se-Kecamatan Simanindo Kabupaten Samosir
Rimbun C. D. Sidabutar
Implikasi Penerapan Model Pembelajaran Demonstrasi Terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa
Pada Matakuliah Kewirausahaan
Poltak Panjaitan¹ dan Mariana Br. Surbakti²
Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Pedagang Rujak
Simpang Jodoh Pasar Tujuh Tembung
Mei Hotma Mariati Munte

V I S I
Majalah Ilmiah
Universitas HKBP Nommensen

Izin Penerbitan dari Departemen Penerangan Republik Indonesia
STT No. 1541/SK/DITJEN PPG/STT/1990
7 Pebruari 1990

Penerbit: Universitas HKBP Nommensen
Penasehat: Ketua BPH Yayasan
Rektor
Pembina: Pembantu Rektor I
Pembantu Rektor IV
Ketua Pengarah: Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Masyarakat
Ketua Penyunting: Prof.Dr.Monang Sitorus, M.Si
Anggota Penyunting: Prof.Dr. Monang Sitorus, M.Si
Ir. Rosnawyta Simanjuntak, MP
Dr. Richard Napitupulu, ST.,MT
Dr. Jadongan Sijabat, SE.,M.Si
Junita Batubara, S.Sn.,M.Sn.,PhD
Prof. Dr. Hasan Sitorus, MS
Dr. Budiman Sinaga, SH.,MH
Dr. Sondang Manik, M.Hum
Lay out: Alida Simanjuntak, S.Pd
Tata Usaha: Ronauli Panjaitan, A.Md

Alamat Redaksi:

Majalah Ilmiah “VISI”
Universitas HKBP Nommensen
Jalan Sutomo No.4A Medan 20234
Sumatera Utara – Medan

Majalah ini diterbitkan tiga kali setahun: Pebruari, Juni dan Oktober
Biaya langganan satu tahun untuk wilayah Indonesia
Rp 30.000 dan US\$ 5 untuk pelanggan luar negeri (tidak termasuk ongkos kirim)
Biaya langganan dikirim dengan pos wesel, yang ditujukan kepada Pimimpin Redaksi

*Petunjuk penulisan naskah dicantumkan pada halaman dalam
Sampul belakang majalah ini
E-mail : visi @ yahoo.co.id*

dr. Leo Simanjuntak, SpOG	Benarkah Saya Tidak Hamil	2834-2842
Hotman Manurung ¹⁾ dan Rosnawya Simanjuntak ²⁾	Studi Substitusi Terigu Dengan Pasta Pisang Awak(Musa paradisiaca var.awak) Pada Pembuatan Mi Basah	2843-2851
Parulian Siagian ¹⁾ Waldemar Naibaho ²⁾ Meiman Jaya Harefa ³⁾	Kaji Eksperimental Pendingin Air Minum Dengan Volume 3 Liter Pada Sistem Refigerasi Pada Temperatur 5 ^o C	2852-2874
Nenni Triana Sinaga	The Effect Of Semantic Mapping Startegy On Students Reading Comprehension At The Third Semester Of English Department Students	2876-2889
Roselyn Nainggolan ¹⁾ dan Harmita Novaria Panggabean ²⁾	Analisis Umpasa Pada Upacara Adat Perkawinan Batak Toba Ditinjau Dari Segi Antropolinguistik	2890-2909
Mariana Br. Surbakti ¹⁾ dan Poltak Panjaitan ²⁾	Analisa Logam Berat Pada Lindi Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Namo Bintang	2910-2918
Albina br. Ginting ¹⁾ , Jongkers Tampubolon ²⁾ , Johndikson Aritonang ³⁾	Strategi Pengembangan Komoditi Unggulan Pangan dan Buah Untuk Pasar Agroindustri di Kabupaten Deliserdang Propinsi Sumatera Utara	2919-2940
Gerald P. Siahaan ¹⁾ , Hotden L. Nainggolan ²⁾ Johndikson Aritonang ³⁾ , Mangihut Hutapea ⁴⁾	Sistem Integrasi Tanaman Semusim: Sawi, Kol dan Tomat dengan Ternak Babi di Kecamatan Paranginan Kabupaten Humbang Hasundutan	2941-2954
Tumiur Gultom ¹⁾ dan Siska Panjaitan ²⁾	Pengaruh Frekuensi Penyiraman terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tiga Varietas Bawang Merah(<i>Allium cepa</i> var. <i>ascalonicum</i> L.)	2955-2965
Rimbun C. D. Sidabutar	Pengelolaan Alokasi Dana Desa di Desa Se- Kecamatan Simanindo Kabupaten Samosir	2966-2985
Poltak Panjaitan ¹⁾ dan Mariana Br. Surbakti ²⁾	Implikasi Penerapan Model Pembelajaran Demonstrasi Terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa Pada Matakuliah Kewirausahaan	2986-2999
Mei Hotma Mariati Munte	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Pedagang Rujak Simpang Jodoh Pasar Tujuh Tembung	3000-3019

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, oleh kasih dan ridhoNya majalah ilmiah Universitas HKBP Nommensen “**VISI**” **Volume 25, Nomor 1**, Pebruari 2017 dapat terbit.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terimakasih kepada Saudara yang telah mengirimkan artikel untuk dimuat di majalah ini. Dalam rangka pengembangan kualitas tulisan dan penerbitan serta terjalannya komunikasi dalam pertukaran informasi ilmiah, kami akan senang hati apabila Saudara berkenan memberikan masukan dan mengirimkan tulisannya untuk dimuat pada edisi selanjutnya.

Akhirnya, kami berharap semoga tulisan-tulisan yang dimuat pada edisi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Pro Deo et Patria

Redaksi

PEDOMAN PENULISAN ARTIKEL

Majalah Ilmiah “Visi”, UHN adalah salah satu sarana/media bagi ilmuwan dalam menyebarluaskan ilmu pengetahuan, baik untuk pengembangan ilmu pengetahuan itu sendiri maupun untuk kepentingan pembangunan secara umum. Redaksi mengundang ilmuwan dari berbagai bidang ilmu pengetahuan untuk berperan serta dalam mengisi majalah ini.

- Naskah yang dikirim ke redaksi ditulis mengikuti tata cara penulisan ilmiah yang baku secara umum, baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris, dengan spesifikasi:
 - Ukuran kertas : A4 atau letter
 - Ketikan : 2 spasi
 - Jumlah halaman : maksimum 24 halaman, dan
 - Software : Microsoft Words
- Format dan Pedoman Penulisan
 - Judul
 - Nama Penulis
 - Abstrak (maksimum $\frac{3}{4}$ halaman). Memuat tujuan, metode dan kesimpulan hasil penelitian, disertai kata kunci. Abstrak dalam bahasa Inggris bila naskah dalam bahasa Indonesia atau sebaliknya.
 - I. Pendahuluan (maks. 4 hal.), memuat latar belakang, masalah, tinjauan pustaka, tujuan dan hipotesis (bila ada).
 - II. Metodologi penelitian (maks. 3 hal), memuat tempat dan waktu penelitian, bahan dan alat atau objek penelitian, perlakuan (bila ada) dan metode (mis.: kriteria sampel, uji statistik).
 - III. Hasil penelitian dan Pembahasan (maks. 12 halaman). Memuat hasil penelitian dan kemukakan secara menarik dan mudah dimengerti, hindari tabel lampiran. Pembahasan memuat interpretasi hasil yang didukung oleh tinjauan pustaka, dan bila perlu pembahasan kelemahan dan kekuatan metode (penelitian) yang digunakan.
 - IV. Kesimpulan dan saran (maks. 2 halaman). Memuat kesimpulan yang relevan dengan judul dan saran (bila ada) yang relevan dengan penelitian.
 - Daftar Pustaka (maks. 2 halaman). Memuat daftar pustaka secara alfabetis dan hanya yang dikutip saja, dengan susunan.
 - Untuk buku: nama belakang. Nama depan (tahun), *Judul*, kota tempat penerbitan. Penerbit.
 - Untuk penerbitan periodikal: nama belakang, nama depan, (tahun). Judul tulisan, *Nama Periodikal*, Vol. (*nomor*), nomor halaman.
- Prosedur pengiriman naskah:
 - Kirimkan 1 (satu) eksemplar manuskrip naskah, file naskah dalam disket 3 1/2, serta riwayat hidup penulis ke alamat Redaksi Majalah VISI UHN.
 - Naskah belum pernah diterbitkan atau sedang dalam proses penerbitan pada media lain.
 - Naskah yang dikirim ke redaksi sepenuhnya menjadi milik redaksi.
- Redaksi berwenang menyunting artikel tanpa mengubah isi dan tujuannya.

**KAJI EKSPERIMENTAL PENDINGIN AIR MINUM DENGAN
VOLUME 3 LITER PADA SISTEM REFRIGERASI
PADA TEMPERATUR 5°C**

Oleh. Parulian Siagian¹⁾ Waldemar Naibaho²⁾ Meiman Jaya Harefa³⁾

1.2 Dosen Tetap Prodi Teknik Mesin Fak Teknik
Universitas HKBP Nommensen.

3.Mahasiswa Prodi Teknik Mesin UHN

Abstrac

In this cooling process will be conducted research on drinking water, how long it will be cooled by the refrigerator, which is placed beside the bottom of the tube drinking water, to achieve a relatively low temperature and the amount of heat absorbed by the refrigerator of drinking water. All parts of the outer tube so that the hot water is isolated from the outside only a few enter into the drinking water, which amount will be calculated during the cooling process. In this cooling process, when the water has reached the specified conditions, the cooling machine will stop automatically. In this cooling process, the research methods that will be used is an experimental method, wherein the temperature of the water is the independent variable that will be determined later. And from these tests can be concluded that in the cooling process for 35 minutes obtained by the heat released from the drinking water is (105.84 kJ) and the added value gained heat into water (0,313 Watt) or (0.0869) Kj / h.

Keywords : Water, evaporator, condenser, compressor and expansion valve (capillary pipe).

1.Pendahuluan

Konsumsi air minum dengan temperature yang sudah tertentu saat ini sudah bisa dibuat sesuai dengan kebutuhan. Temperatur mendekati titik beku (rendah), temperature kamar bahkan temperature mendekati titik didih (tinggi).

Untuk menyediakan air minum dengan temperatur rendah maka diperlukan suatu wadah air yang dilengkapi dengan sistem pendingin. Panas dari air minum dipindahkan ke evaporator dan panas tersebut dibawa oleh refrigeran ke kondensor dan selanjutnya dilepas ke udara luar. Sistem pendingin akan berhenti bekerja jika temperatur air telah mencapai besaran yang ditentukan dan diinginkan. Jika air minum yang dingin ingin dikeluarkan dapat dilakukan dengan menekan katupnya sehingga air keluar dengan temperature tertentu dan jika yang diinginkan air minum bertemperatur kamar maka dapat langsung dikeluarkan dari wadah air dengan menekan katupnya sehingga air keluar.

1.1. Tujuan

Untuk mendinginkan 3 liter air minum dari temperatur ruangan hingga mencapai temperatur 5°C

1.2 Manfaat

Sebagai minuman yang dikonsumsi manusia di manapun berada misalnya: a. bagi keluarga dirumah, b. bagi tenaga kerja dikantor, c. bagi rumah sakit, d. bagi restoran dan lain sebagainya

1.3. Batasan Masalah

Air minum biasa yang dapat dikonsumsi manusia secara sehat dengan temperature 5° C yang sudah dimasak terlebih dahulu diatas 100°C.

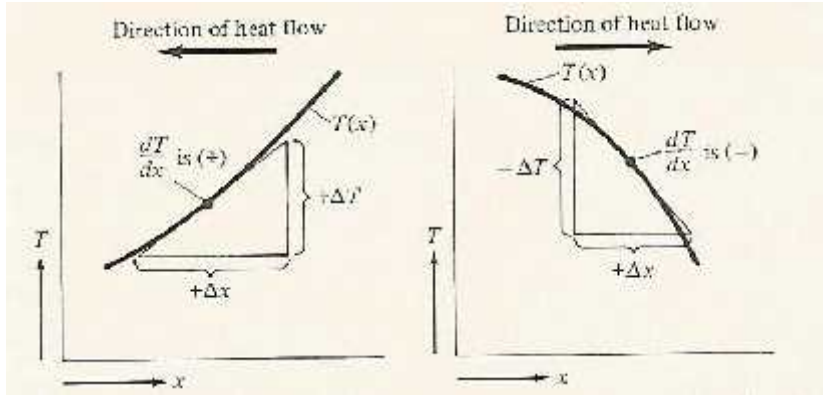
2. Tinjauan Pustaka

2.1. Perpindahan Panas Konduksi Satu Dimensi yang Stedi

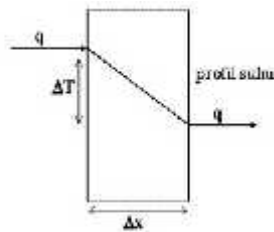
Proses dengan mana panas mengalir dari bagian yang bertemperatur lebih tinggi ke bagian yang beeteratur lebih rendah di dalam satu media, padat, cair atau gas atau antar media-media yang berlainan yang bersinggungan secara langsung disebut konduksi. Dalam aliran panas secara konduksi, perpindahan energi panas terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Dalam keadaan stedi untuk satu dimensi persamaan dasarnya dapat ditulis sebagai berikut

$$q_k = - k A Dt/ dx \dots\dots\dots(1)$$

- dimana :
- q_k = laju perpindahan panas secara konduksi, Watt
 - k = konduktivitas atau hantaran panas bahan, W/m K
 - A = luas permukaan perpindahan panas, m²
 - dt/ dx = factor temperatur pada penampang, yaitulaju perubahan temperaturT terhadap jarak dalam arah aliran panas x, K/ m



Gambar 2.1. Bagan yang menunjukkan arah aliran panas.



$$\text{Hk. Fourier: } q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \longrightarrow q = \frac{\Delta T}{\Delta x / kA}$$

Gambar 2.2. Distribusi temperatur untuk konduksi keadaan steady melalui dinding datar.

Dinding Datar.

Untuk aliran panas satu-dimensi, konduksi panas melalui dinding datar untuk factor5tore yang seragam baik pada permukaan yang dingin maupun yang panas, laju perpindahan panas dengan cara konduksi, Frank Kreith & Mark S. Bohn, hal 6, melalui suatu bahan yang 2854actor2854t adalah

$$q_k = \frac{kA}{L} T_{panas} - T_{dingin} \dots \dots \dots (2)$$

dimana : $L/k \cdot A$ = tahanan panas

Slinder Berlubang.

Laju aliran panas satu dimensi secara radial dengan cara konduksi. Melalui silinder berpenampang lingkaran yang berlubang adalah

$$q_k = -k A dt/ dr \dots\dots\dots(3)$$

$$q_k = -k 2\pi r lDt/ dr \dots\dots\dots(4)$$

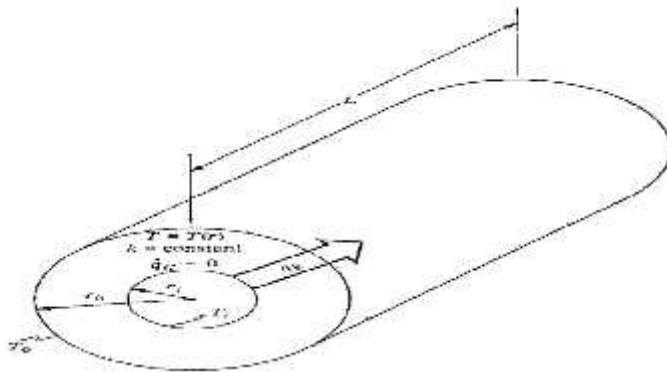
$$T_i - T_o = \frac{q_k}{2\pi k l} \ln \frac{r_o}{r_i} \dots\dots\dots(5)$$

$$q_k = 2\pi k l \frac{T_i - T_o}{\ln(\frac{r_o}{r_i})} \dots\dots\dots(6)$$

dimana : $A = 2\pi r l$, r = jari-jari silinder (m), l = panjang silinder (m)

dt/dr = gradient temperatur dalam arah radial (K/m)

T_i = temperatur bagian dalam,(K), T_o = temperatur bagian luar, K

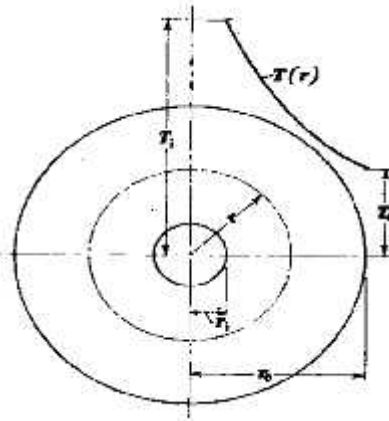


Gambar 2.3.Konduksi melalui silinder berlubang.

2.2 Pindahan Panas Konveksi Satu Dimensi

Pindahan panas konveksi dapat didefinisikan sebagai proses transport energi dengan kerja gabungan dari koduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan atas 2 bagian :

1. konveksi bebas (konveksi alamiah) dan 2. konveksi paksa.



Gambar 2.4.Distribusi temperatur dalam silinder berlubang.

Konveksi bebas bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradient temperatur. Bila gerakan mencampur berlangsung oleh karena suatu alat dari luar, seperti blower, pompa dan sebagainya, maka prosesnya disebut konveksi paksa. Besar laju perpindahan panas secara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida :

$$dq_c = h_c Da (T_s - T) \dots\dots\dots 7$$

- dimana :
- q_c = laju perpindahan panas secara konveksi (W)
 - h_c = koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata (W/m² K)
 - A = luas permukaan perpindahan panas (m²)
 - T_s = temperatur permukaan (K)
 - T = temperatur fluida (K)

2.3 Alat Penukar Panas

Penukar panas adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan panas dari satu fluida yang bertemperatur lebih tinggi ke fluida lainnya yang bertemperatur lebih rendah. Dilihat dari proses pemindahan panasnya alat penukar panas dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Sistem kontak langsung, alat penukar kalor ini mencampurkan kedua fluida panas dan dingin yang akhirnya kedua fluida menjadi sama.

- b. Sistem kontak taklangsung, alat penukar kalor ini menempatkan satu fluida panas dan satu fluida dingin secara terpisah sehingga fluida panas akan memindahkan panasnya ke fluida dingin melalui dinding pemisah.
- c. Sistem regeneratif, alat penukar kalor ini fluida panas dan fluida dingin secara bergantian melewati tempat yang sama didalam alat penukar kalor, sehingga panas dari fluida panas dipindahkan ke inti alat penukar kalor dan selanjutnya dipindahkan ke fluida dingin.

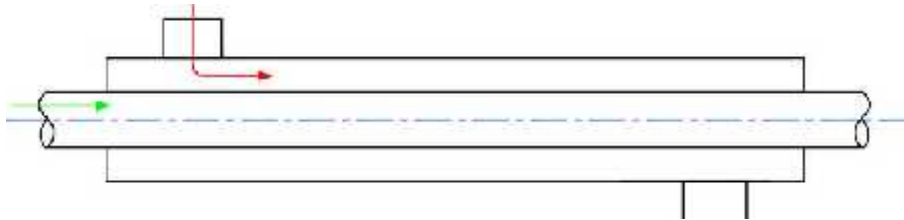
Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Dalam hal ini ditinjau pada alat penukar panas pipa ganda Gambar 2.5(a), dimana satu fluida mengalir di dalam tabung, sedang yang satu lagi mengalir di dalam ruang annulus diantara kedua tabung. Perpindahan panas menyeluruh didapat dari jaringan panas pada Gambar 2.5(b), yaitu sebagai.

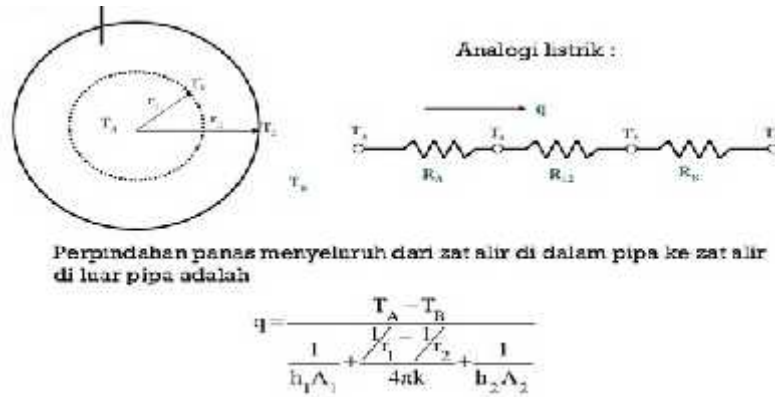
$$q = (T_a - T_b) / [1/h_i A_i + \ln(r_o/r_i) / 2\pi k l + 1/h_o A_o]$$

dimana :

q = perpindahan panas menyeluruh dari fluida panas ke fluida dingin, J/jam
 T_a = temperatur fluida yang panas, °C, T_b = temperatur fluida yang dingin, °C
 h = koefisien perindahan panas konveksi, W/m² °C, A = luas permukaan pindahan panas, m²
 r = jari-jari tabung, m, i & o = bagian dalam dan luar tabung



(a)



(b)

Gambar 2.5.(a) Penukar kalor pipa ganda, **(b)** Jaringan tahanan panas untuk perpindahan panas menyeluruh.

Koefisien perpindahan panas menyeluruh bisa didasarkan atas luas bagian dalam (U_i) atau luas bagian luar dari tabung (U_o), seperti berikut ini

$$U_i = 1/[1/h_i + A_i \ln(r_o/r_i)/2\pi k l + A_i/h_o A_o]$$

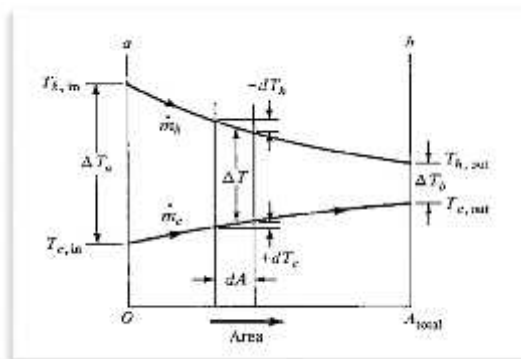
$$U_o = 1/[A_o/h_i A_i + A_o \ln(r_o/r_i)/2\pi k l + 1/h_o]$$

Sehingga laju perpindahan panas dapat dihitung dari persamaan berikut

$$q = U_i A_i \Delta T_{\text{menyeluruh}} = U_o A_o \Delta T_{\text{menyeluruh}}$$

Beda Temperature Rata-Rata .

Temperatur fluida-fluida di dalam alat penukarkalor umumnya berbeda dari satu titik ke titik lainnya, pada waktu panas mengalir dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin.



Gambar 2. 6.Distribusi temperatur dalam penukar panas aliran-searah lintas-tunggal.

Laju perpindahan panas dalam alat penukar kalordapat dituliskan sebagai berikut

$$dq = U Da T \dots\dots\dots(8)$$

dimana : dq = diferensial laju perpindahan panas, Watt
 U = konduktansi satuan keseluruhan, $W/m^2 K$
 da = diferensial luas permukaan perpindahan panas, m^2
 T = bedatemperature, K

Keseimbangan energi pada luas diferensial Da menghasilkan

$$dq = - m_h c_{ph}D_{th} = - m_c c_{pc}D_{tc} = U Da (T_h T_c)\dots\dots\dots(9)$$

dimana : m = laju aliran massa, kg/dtk
 c_p = panas jenis pada tekanan konstan, $W/kg K$
 T_h = temperature fluida panas, K
 T_c = temperature fluida dingin, K
 h dan c = indeks untuk menyatakan panas dan dingin

Keseimbangan panas dari lubang masuk dan lubang keluar

$$-C_h (T_h - T_{hm}) = C_c (T_c - T_{cm}) \dots\dots\dots(10)$$

Dimana : $C_h = m_h c_{ph}$ = laju aliran kapasitas panas per jam untuk fluida panas
 $C_c = m_c c_{pc}$ = laju aliran kapasitas panas per jam untuk fluidadingin

Indeks m berarti masuk
 Indeks k berarti keluar

Dari persamaan (10) harga T_h dapat ditentukan

$$T_h = T_{hm} - (C_c / C_h) (T_c - T_{cm}) \dots\dots\dots(11)$$

Dari persamaan diatas dapat kita peroleh

$$T_h - T_c = - (1 + C_c / C_h) T_c + (C_c / C_h) T_{cm} - T_{hm} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan memasukkan $T_h - T_c$ dari persamaan (5) kedalam persamaan (2) diperoleh :

$$D_{tc} - [1 + (C_c / C_h) T_c + (C_c / C_h) T_{cm} + T_{hm}] = U dA / C_c \dots\dots\dots(13)$$

dengan mengintegrasikan persamaan (13) pada seluruh panjang penukar panas menghasilkan

$$\ln = - \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_c^2} UA \dots\dots\dots(14)$$

$$\ln \frac{1 + \frac{C_c}{C_h} \frac{T_{cm} - T_{ck} + T_{cm} + T_{hm}}{T_{hm} - T_{cm}}}{1} = - \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_h} UA \dots \dots \dots (15)$$

Dari persamaan (10) dapat diperoleh

$$\frac{C_c}{C_h} = - (T_{hk} - T_{hm}) / (T_{ck} - T_{cm}) \dots \dots \dots (16)$$

Persamaan (16) dapat dipergunakan untuk menyamakan kapasitas-kapasitas panas per jam dalam persamaan (15), seperti berikut ini.

$$\ln \frac{T_{hk} - T_{ck}}{T_{hm} - T_{cm}} = \frac{T_{hk} - T_{ck} - T_{hm} - T_{cm}}{q} \dots \dots \dots (17)$$

Karena $q = C_c (T_{ck} - T_{cm}) = C_h (T_{hm} - T_{hk})$

Jika kita tuliskan $T_h - T_c = \Delta T$ maka persamaan (17) dapat ditulis

$$q = UA \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \Delta T_a / \Delta T_b} \dots \dots \dots (18)$$

Dimana indeks a dan b adalah menunjuk kepada masing-masing ujung penukar panas, lihat Gambar 2.5.

Persamaan (18) dapat dibuat dengan menggantikan perbandingan temperatur menjadi suatu beda faktor efektif rata-rata $\Delta \bar{T}$ yang defenisinya $q = UA \Delta \bar{T} \dots \dots \dots (19)$

Dari persamaan (18) dan (19) kita peroleh bahwa untuk aliran searah atau aliran lawan:

$$\Delta \bar{T} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}} \dots \dots \dots (20)$$

dimana $\Delta \bar{T}$ = beda temperatur keseluruhan rata-rata logaritmik

Efektifitas Alat Penukar Panas

Keefektifan penukar panas adalah perbandingan laju perpindahan panas yang sebenarnya dalam penukar panas tertentu terhadap laju perpindahan panas maksimum yang mungkin. Yang disebutkan belakangan adalah diperoleh dalam alat penukar panas aliran lawan dengan luas perpindahan panas yang tak hingga.

Keefektifan, Frank Kreith & Mark S. Bohn, hal 407-409, tersebut dapat dituliskan:

$$\epsilon = \frac{C_h(T_{hm} - T_{hk})}{C_{min}(T_{hm} - T_{cm})} \dots \dots \dots (21)$$

Atau

$$\epsilon = \frac{C_c(T_{ck} - T_{cm})}{C_{min}(T_{hm} - T_{cm})} \dots \dots \dots (22)$$

dimana : C_{min} = harga $m_h c_{ph}$ atau $m_c c_{pc}$ yang lebih kecil

Laju perpindahan panasnya dapat ditentukan dari persamaan

$$q = C_{min}(T_{hm} - T_{cm}) \dots \dots \dots (23)$$

Dimana :

$$C_{min}(T_{hm} - T_{cm}) = C_c(T_{ck} - T_{cm}) = C_h(T_{hm} - T_{hk})$$

Selanjutnya untuk alat penukar kalor aliran searah kita peroleh :

$$\ln 1 - \frac{C_{min}}{C_h} + \frac{C_{min}}{C_c} = - \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_h} UA$$

Atau

$$1 - \frac{C_{min}}{C_h} + \frac{C_{min}}{C_c} = e^{- \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_h} UA}$$

Selanjutnya dengan menyelesaikan untuk diperoleh

$$= \frac{1 - e^{- \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_h} UA}}{\frac{C_{min}}{C_h} + \frac{C_{min}}{C_c}} \dots \dots \dots (24)$$

Selanjutnya dapat dituliskan keefektifan dari alat penukar kalor untuk aliran searah dapat ditulis

$$= \frac{1 - e^{- \frac{1}{C_{maks}} + \frac{1}{C_{min}} UA}}{1 + C_{min}/C_{maks}} \dots \dots \dots (25)$$

dimana : UA/C_{min} = jumlah satuan perpindahan panas (NTU)

Faktor Pengotoran

Suatu alat penukar panas apabila telah beroperasi dalam waktu tertentu maka akan terbentuk lapisan kotoran pada permukaan perpindahan panas secara berangsur-angsur. Lapisan endapan itu disebut sebagai pengotoran (fouling), efeknya adalah akan mempertinggi tahanan termal. Tahanan termal endapan, Frank Kreith, hal 571-572, dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$R_d = \frac{1}{U_a} - \frac{1}{U}$$

dimana

U = konduktansi satuan penukar kalor bersih

U_a = konduktansi setelah terjadi pengotoran

R_d = tahanan termal satuan endapan

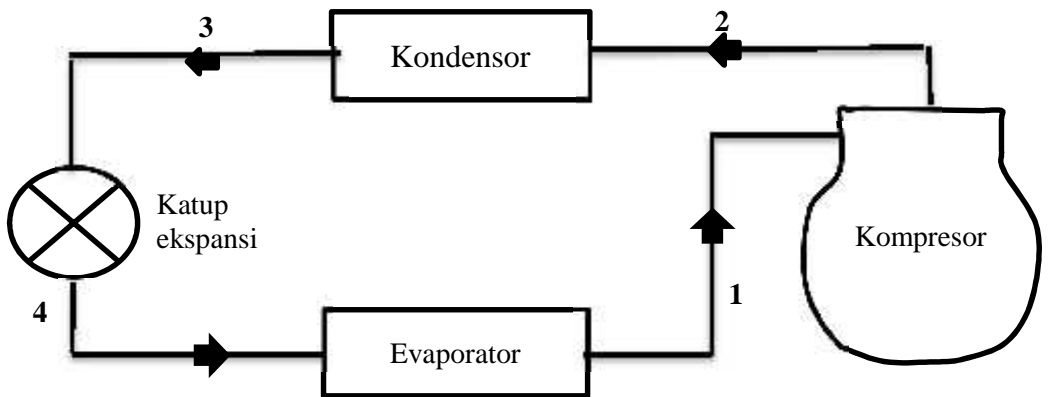
Dengan memasukkan faktor pengotoran kedalam koefisien perpindahan panas rancangan keseluruhan U_d dari pipa tanpa sirip diperoleh

$$U_d = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + R_o + R_k + \frac{R_i A_o}{A_i} + \frac{A_o}{h_i}} \dots \dots \dots (26)$$

dimana : U_d = koefisien perpindahan panas keseluruhan berdasarkan luas satuan permukaan luar pipa, $W/m^2 K$
 h_o = koefisien perpindahan panas rata-rata fluida sebelah luar pipa, $W/m^2 K$
 h_i = koefisien perpindahan panas rata-rata fluida sebelah dalam pipa, $W/m^2 K$
 R_o = tahanan pengotoran satuan pada sebelah luar pipa, $m^2 K/W$
 R_i = tahanan pengotoran satuan pada sebelah dalam pipa, $m^2 K/W$
 R_k = tahanan satuan pipa-pipa permukaan luar pipa, $m^2 K/W$

2. 4 Teknik Sistim Pendingin

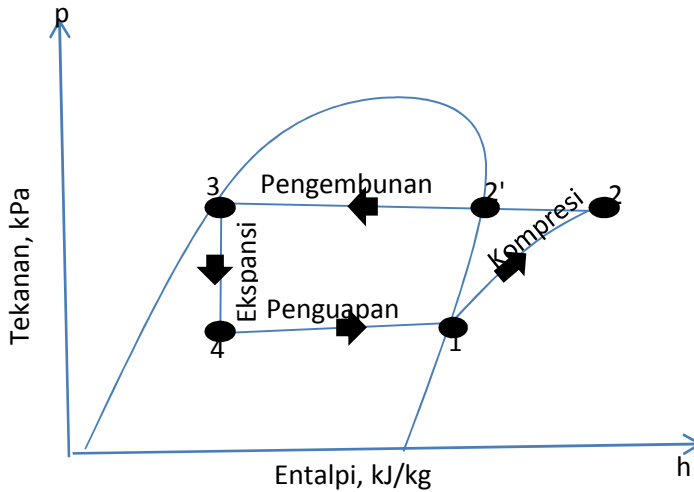
Air minum didinginkan sampai temperatur $5^{\circ}C$ menggunakan mesin pendingin (refrigerator) dengan siklus kompresi uap. Evaporator dari mesin pendingin itu dililitkan pada bagian samping bawah dari tabung tempat air, sedang kondensor ditempatkan pada bagian belakang dispenser dan tepat diatas dari kompresornya.



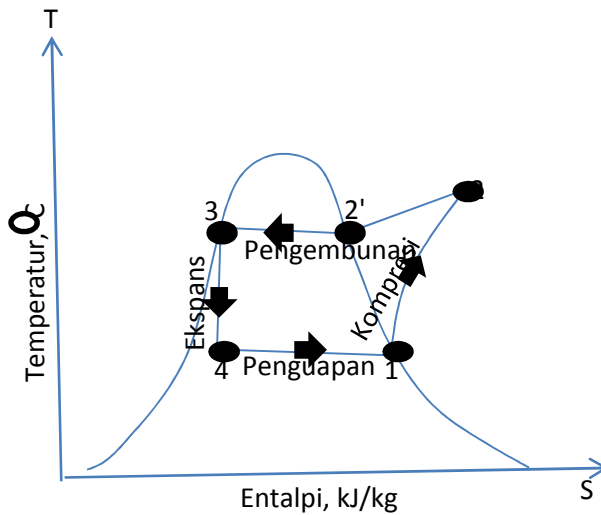
Gambar 2.7. Diagram alir sistem kompresi uap

Keterangan:
 1-2 = kompresi adiabatik dan reversibel (isentropis), $s_1 = s_2$
 2-3 = Proses pelepasan panas (pengembunan) pada tekanan konstan pada kondensor, $p_2 = p_3$

- 3-4 = Proses ekspansi (penurunan tekanan) pada entalpi konstan pada pipa kapiler/ katup ekspansi, $h_3 = h_4$
- 4-1 = Proses penguapan pada tekanan konstan pada evaporator, $p_4 = p_1$



Gambar 2. 8. Diagram p vs h



Gambar 2.9. Diagram T vs s

- Kalor yang diserap oleh evaporator (efek refrigerasi) : $q_e = h_1 - h_4 \dots (27)$
- Kerja yang dilakukan oleh kompresor : $w = h_2 - h_1 \dots (28)$
- Kalor pengembunan : $q_c = h_2 - h_3 = w_k + q_e \dots (29)$
- Jumlah refrigerant yang bersirkulasi : $G = Q/q_e \dots (30)$
- Koefisien prestasi : $K_p = q_c / q_e = h_2 - h_3 / h_2 - h_1$

Dimana :

- q_e = efek refrigerasi, kJ/kg
- w_k = kerja yang dilakukan kompresor, kJ/kg
- q_c = kalor yang dilepas kondensor ke udara luar, kJ/kg
- G = jumlah refrigerant yang bersirkulasi, kg/ jam
- Q = kapasitas refrigerasi, J/ jam
- ~~~~~ Kp = koefisien prestasi
- h_1 = entalpi refrigerant keluar dari evaporator/ masuk ke kompresor, J/ kg
- h_2 = entalpi refrigerant keluar dari kompresor/ masuk ke kondensor, J/ kg
- h_3 = entalpi refrigerant keluar dari kompresor/ masuk ke pipa kapiler, J/kg
- h_4 = entalpi refrigerant keluar dari pipa kapiler/ masuk ke evaporator, J/kg

3. Metode Penelitian

3.1 Umum

Penelitian ini memakai metode eksperimental. Dimana peralatan yang akan dipakai sebagai mesin pendingin (refrigerator) akan menyerap panas dari air minum yang berada didalam tabung sampai pada temperatur mendekati titik bekunya, dan panas yang diserap tersebut akan dibuang ke udara luar. Sedangkan peralatan yang akan dipakai sebagai alat pemanas air minum akan ditempatkan dibagian bawah dari tabungnya sehingga temperatur air minum akan bertambah sampai temperatur mendekati titik didihnya. Pada kedua sistem tersebut apabila kondisi air telah mencapai temperatur yang direncanakan maka mesin/ alat akan berhenti secara otomatis- yang dikendalikan oleh alat kontrol otomatis.

2.2 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diwujudkan di Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

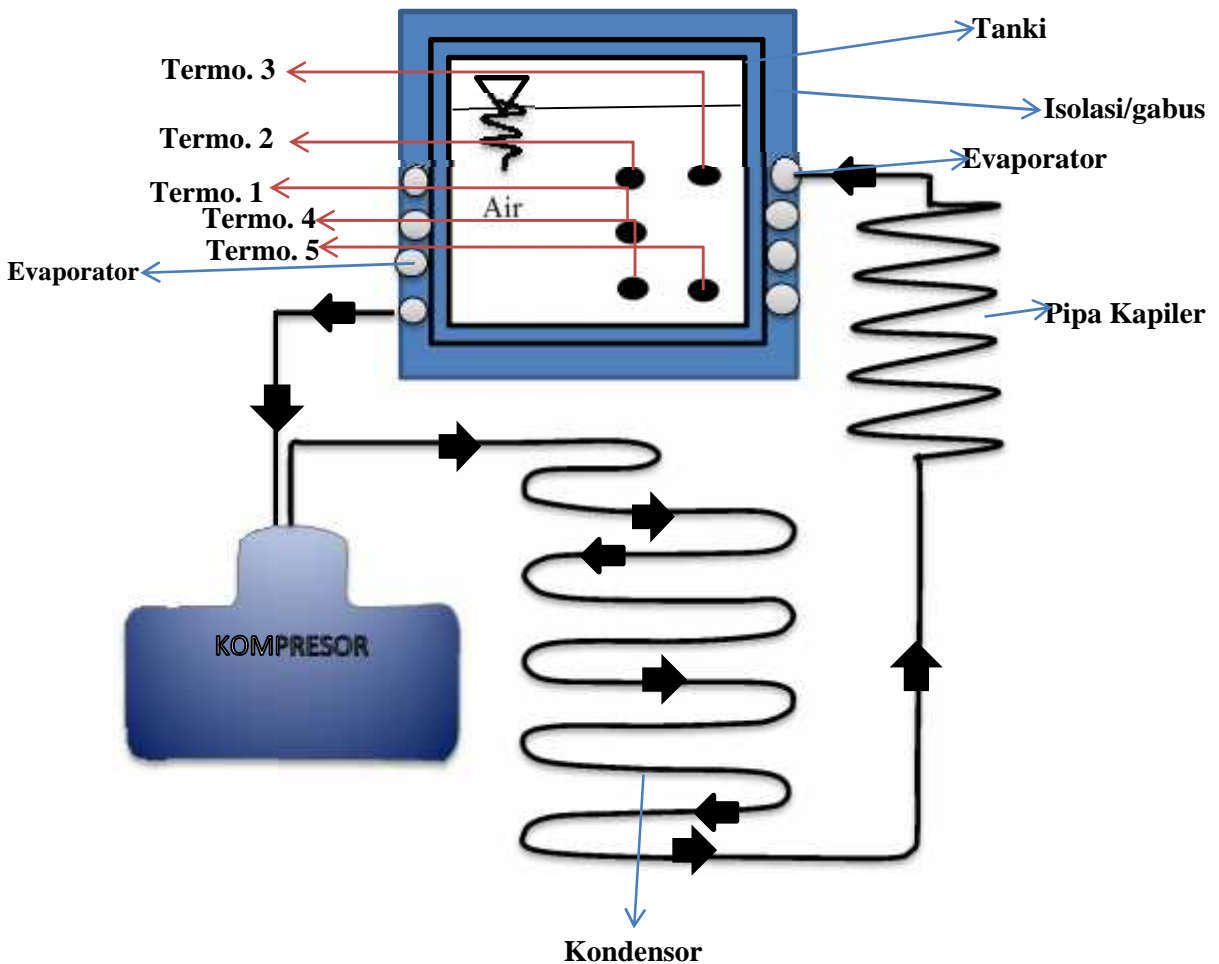
3.3. Model Penelitian

Hidupkan kompresor, selanjutnya refrigeran yang berasal dari evaporator akan dihisap oleh kompresor dan dikeluarkan dengan cara mengompresikan kedalam kondensor, dimana kondensor diletakkan pada bagian luar agar ia dapat membuang energi panas ke udara luar. Selanjutnya refrigeran dialirkan ke katub ekspansi dan pada katub ekspansi refrigeran disalurkan kedalam evaporator dan evaporator yang bertemperatur rendah

akan mengisap panas dari dinding pipa dan tabung air minum melalui pipa dan tangki air minum. Tangki air minum diisolasi agar panas dari bagian luar sangat sedikit yang masuk ke dalam tangkinya, dengan demikian temperaturnya dapat dikatakan hasil dari proses pendinginan.

Mesin pendingin akan otomatis mati bila air minum telah mencapai temperatur yang direncanakan, dikendalikan oleh alat kontrol otomatis.

Komponen utama mesin pendinginnya adalah kompresor, kondensor, katup ekspansi/ pipa kapiler dan evaporator.



Gambar 3.1 Sketsa perangkat penelitian dari pendingin air minum.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data dan Pengujian

Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah temperatur air, udara luar, dinding tabung sebelah dalam dan sebelah luar, tekanan dan refrigeran pada evaporator dan kondensor.

1. Data dari Tabung air

Bahan tabung adalah paduan aluminium,.Diameter dalam = 161 mm,.Diam luar = 163 mm

Tinggi tabung = 157 mm,.Tebal tabung = 1 mm

Konduktivitas termal tabung paduan aluminium = 177 W/m °C

2. Data dari Isolasi

Bahan isolasi = gabus,.Tebal isolasi = 20 mm,.

Konduktivitas termal isolasi gabus = 0,048 W/m °C

3. Data dari Udara

Kerapatan/ densitas udara (ρ) = 1,1774 kg/m³

Kapasitas panas jenis pada tekanan konstan udara (c_p) = 1,006 kJ/kg °C

Konduktivitas termal udara (k) = 0,02227 W/m °C

4. Data dari air

Volume air (V) = 3 Liter = 3 dm³ = 3 . 10⁻³ m³,.Kerapatan/ densitas air (ρ) = 1000 kg/m³

Massa air (m) = V . ρ = 3 . 10⁻³ . 1000 = 3 kg,.Kapasitas panas jenis pada tekanan konstan air (c_p) = 4,2 kJ/kg °C,.Konduktivitas termal air (k) = 0,623 W/m °C

5. Distribusi temperatur air

T1 = Termometer **warna hitam**, dengan jarak dari dasar 47 mm dan 10mm dari sumbu vertikal tabung

T2 = Termometer **warna putih**, dengan jarak dari dasar 110 mm dan 20mm dari dinding vertikal tabung

T3 = Termometer **warna merah**, dengan jarak dari dasar 110 mm dan 10mm dari sumbu vertikal tabung

T4 = Termometer **warna hijau sebelah kanan**, dengan jarak dari dasar 5mm dan 20 mm dari dinding vertikal tabung

T5 = Termometer **warna hijau sebelah kiri**, dengan jarak 5 mm dari dasar dan 10 mm dari sumbu vertikal tabung

6. Data dari Mesin Pendingin

Refrigerant (fluida pendingin) = R 134A

Evaporator

Bahan pipa evaporator = paduan tembaga,.Konduktivitas termal paduan tembaga (k) = 111 W/m °C,.Diameter luar pipa evaporator (d) = 5 mm,.Jumlah pipa evaporator (n) = 4 buah

Diameter dalam lilitan evaporator = D luar tabung air = 163 mm, Panjang pipa evaporator = $D \cdot n = 3,14 \cdot 163 \cdot 4 = 2.049 \text{ mm} = 2,049 \text{ m}$, Luas bidang evaporator yang merapat ke dinding tabung air (A) = $d \cdot L = 0,005 \cdot 2,049 = 0,010245 \text{ m}^2$

Kondensor

Bahan pipa Kondensor = paduan tembaga,.

Konduktivitas termal paduan tembaga (k) = 111 W/m °C

Diameter luar pipa Kondensor (d) = 3/16 inci = 4,763 mm = 0,004763m

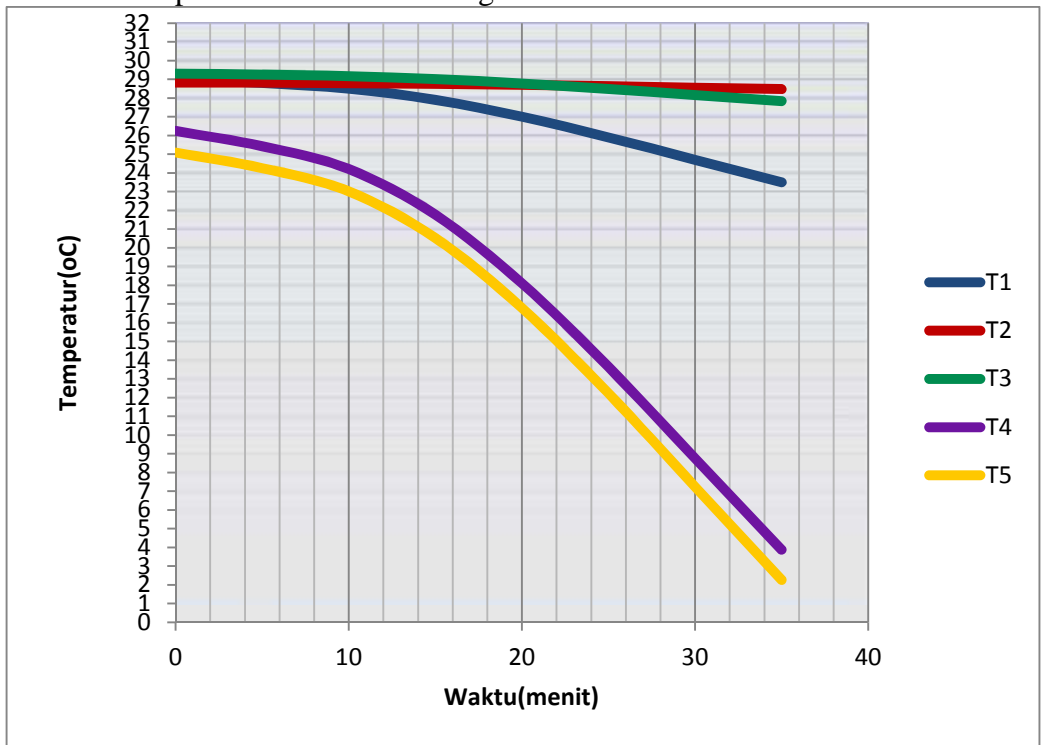
Panjang pipa kondensor = $L \cdot n = 300 \cdot 16 = 4.800 \text{ mm} = 4,8 \text{ m}$

Luas bidang kondensor (A) = $d \cdot L = 0,004763 \cdot 4,8 = 0,0228624 \text{ m}^2$

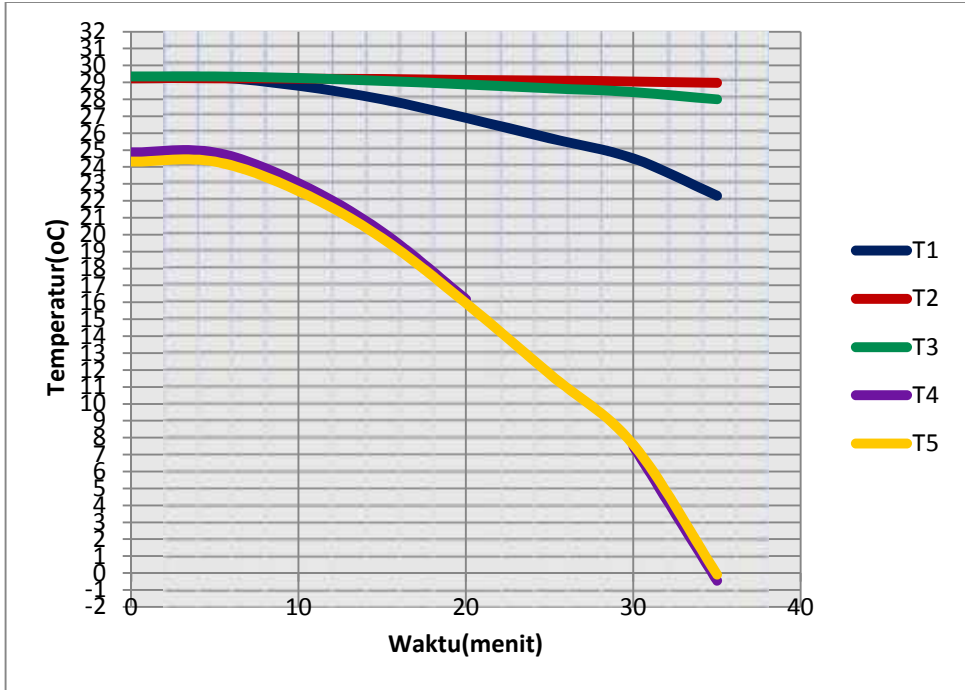
Konsumsi arus listrik oleh kompresor = 90 watt

Air yang didinginkan bervolume dan bertekanan konstan. Udara disekitar pengujian juga bertekanan dan bertemperatur konstan.

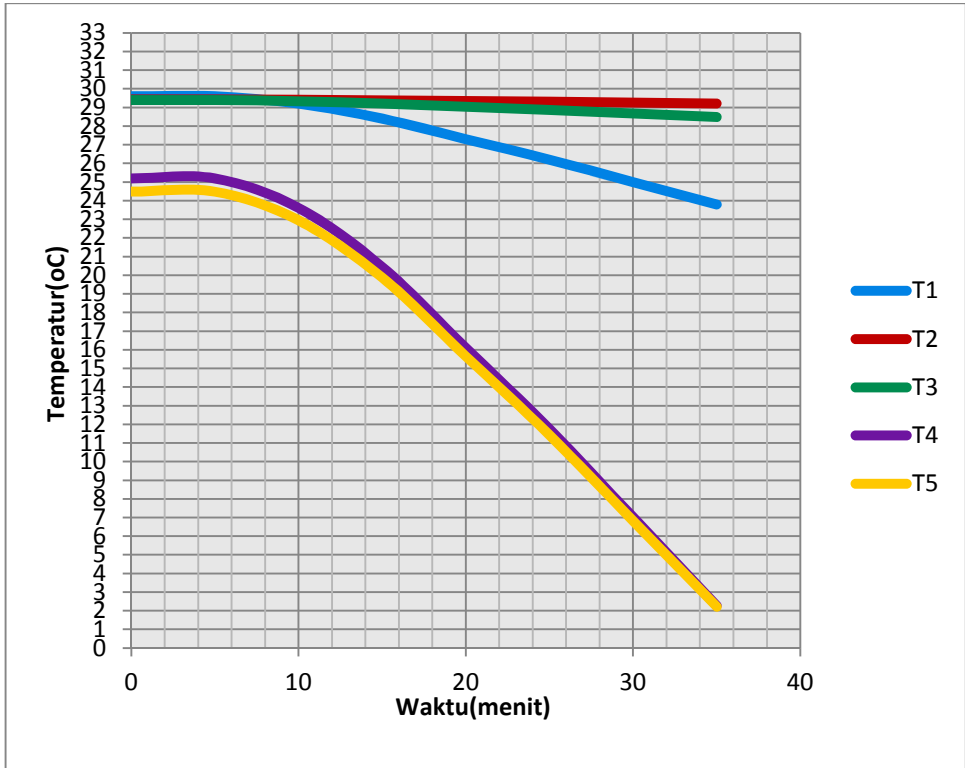
1. Keadaan temperatur air setelah didinginkan selama 35 menit



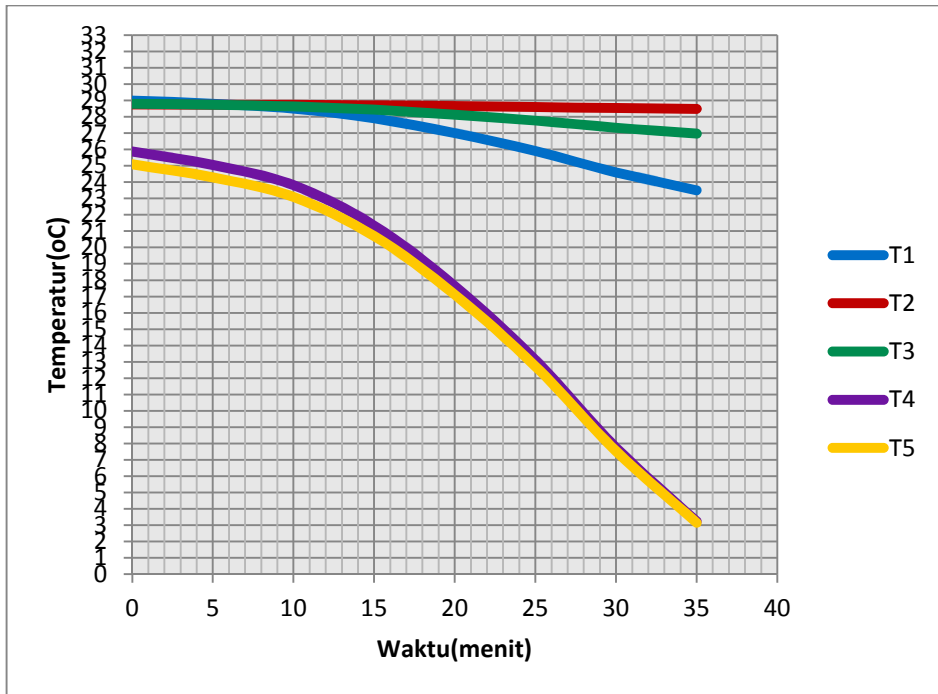
Gambar 4.1. Kurva Temperatur VS Waktu, pada pengujian pertama



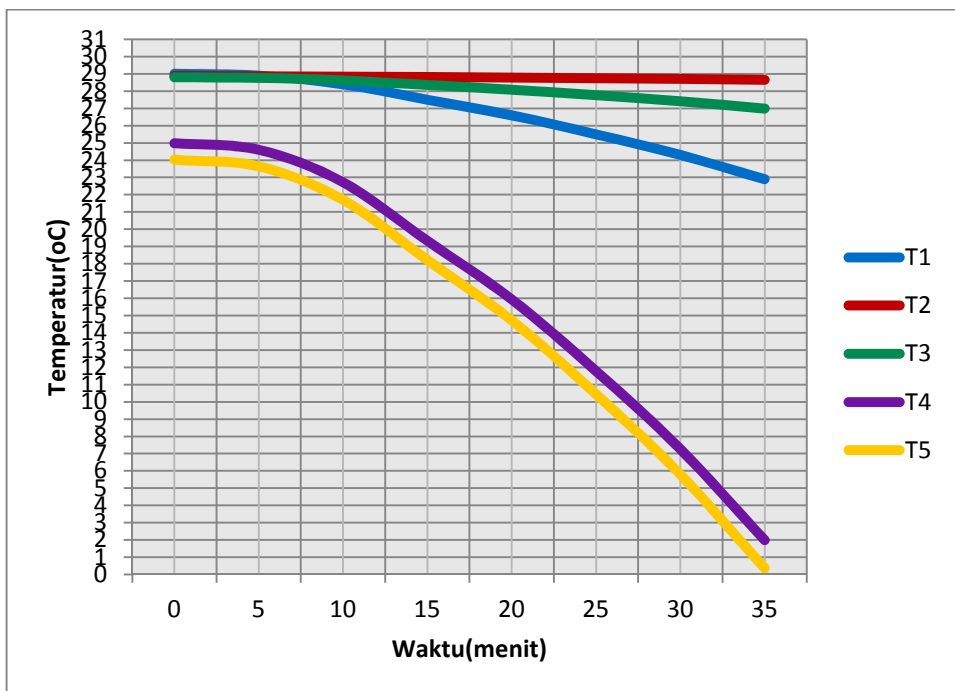
Gambar 4.2 Kurva Temperatur VS Waktu, pada pengujian kedua



Gambar 4.3 Kurva Temperatur VS Waktu, pada pengujian ketiga



Gambar 4.4 Kurva Temperatur vs Waktu, pada pengujian ke empat



Gambar 4.5 Kurva Temperatur vs Waktu, pada pengujian ke lima

Pada Gambar 4.1 s/d 4.5 terlihat bahwa T_4 adalah temperatur pada bahagian bawah, dengan jarak 5 mm dari dasar dan 10 mm dari sumbu tabung dengan kata lain memiliki besaran temperatur yang paling rendah sekitar $-0,5$ s/d $3,2^\circ\text{C}$ $[(0,4 + 3,2 + 2,2 - 0,5 + 2,3)/5 = 1,52^\circ\text{C}]$ dengan lama pendinginan 35 menit. Sedangkan T_5 adalah temperature air pada jarak 5 mm dari dasar tabung dan 20 mm dari dinding tabung yang memiliki temperatur $-0,1$ s/d $3,2^\circ\text{C}$ $[(2 + 3,2 + 2,3 - 0,1 + 3,1)/5] = 2,1^\circ\text{C}$.

Jadi terlihat bahwa kedua temperature tersebut hampir sama bila air didinginkan selama 35 menit. Dan seperti telah dijelaskan pada halaman terdahulu bahwa evaporator dari mesin pendingin ini diletakkan pada bagian dasar tabung, maka terlihat bagian bawah air memiliki temperature yang paling rendah. Jadi hal ini sesuai dengan tujuan dari pembuat dispenser ini yaitu apabila kita ingin mengeluarkan air yang paling dingin maka dapat dilakukan menekan tombol air dingin maka air pada bagian bawah, air dengan temperatur minimum, dari tabung akan keluar. Sedangkan harga dari T_1, T_2, T_3 berada di atas dari T_4 dan T_5 , hal ini karena pipa evaporator hanya 4 lilitan pipa saja yang ditempatkan pada bagian bawah dari tabung.

2. Temperatur air rata-rata setelah didinginkan selama 35 menit

Keadaan air yang didinginkan selama 35 menit kemudian temperaturnya diukur pada posisi yang telah ditentukan seperti terlihat pada kelima gambar diatas, setelah itu air diaduk secara merata kemudian temperaturnya diukur.

Tabel 4.1 Temperatur air di awal dan akhir-setelah 35 menit didinginkan kemudian diaduk.

NO	Tawal (oC)	Takhir rata-rata(oC)
1	29,00	19,30
2	29,30	21,00
3	29,60	21,50
4	29,00	21,30
5	29,00	20,80
Trata-rata	29,18	20,78

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwat emperatur akhir rata-rata dari air setelah diaduk turun sekitar $29,18 - 20,78 = 8,40^\circ\text{C}$ dengan pendinginan selama 35 menit.

3. Jumlah energi panas yang dikeluarkan dari air selama 35 menit

$$Q = m \cdot cp \cdot (T1 - T2)$$

Dimana :

Q = jumlah panas yang dikeluarkan dari air, kJ

m = massa air yang didinginkan, kg

cp = kapasitas panas jenis air pada tekanan konstan, kJ/kg °C

T1 = temperature air mula-mula, °C

T2 = temperature air rata-rata setelah didinginkan selama 35 menit, °C

Tabel 4.2 Jumlah panas yang dikeluarkan dari air selama 35 menit

NO	m(kg)	cp(kJ/kg °C)	T1(°C)	T2(°C)	Q(kJ)
1	3	4,2	29,00	19,30	122,22
2	3	4,2	29,30	21,00	104,58
3	3	4,2	29,60	21,50	102,06
4	3	4,2	29,00	21,30	97,02
5	3	4,2	29,00	20,80	103,32

Jumlah panas rata-rata = (122,22 + 104,58 + 102,06 + 97,02 + 103,32)/ 5 = 105,84kJ

Terlihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 bahwa untuk menurunkan temperature air rata-rata dari 29,18°C hingga 20,78 °C perlu mengeluarkan panas dari air 105,84 kJ dalam waktu 35 menit.

4. Pertambahan panas dari luar tabung kedalam air (q)

q = q₁ + 2 q₂ , angka 2 menyatakan ada 2 permukaan yang sama, yaitu permukaan bawah dan atas

Dimana :

q₁ = pertambahan panas dari bagian samping tabung ke dalam air, J/dtk = W

q₂ = pertambahan panas dari bagian atas/bawah tabung ke dalam air, J/dtk = W

Pertambahan panas dari bagian samping (sisi vertikal) tabung ke dalam air :q₁

$$q_1 = \frac{T_u - T_a}{\frac{1}{h_{iv}A_i} + \ln \frac{r_o/r_i}{2\pi k_1 L} + \ln \frac{r_1/r_i}{2\pi k_2 l} + \frac{1}{h_{ov}A_o}} = U_{01} \cdot A_{01} \cdot (T_u - T_a)$$

Dimana :

T_u = temperatur udara luar rata-rata = (29,3 + 30,1 + 30,6 + 29,7 + 30,1)/5 = 29,96 °C

T_a = temperatur air rata-rata = (29,18 + 20,78)/2 = 24,98°C

h_{iv} = Koefisien perpindahan panas permukaan vertikal bagian dalam tabung

Nu = h_{iv} D/k_f -----> Ref.3, Gbr. 7-4, hal. 293

h_{iv} = Nu . k_f/ D = 40 . 0,623/ 0,161 = 154,78 W/m² °C

A_i = luas permukaan tegak bagian dalam tabung, m²

$$= \pi \cdot D_i \cdot t = 3,14 \cdot 0,161 \cdot 0,157 = 0,0794 \text{ m}^2$$

r_o = jari-jari bagian luar isolasi = (D_o + 2 . 20)/2 = (163 + 2 . 20)

$$= 101,5 \text{ mm} = 0,1015 \text{ m}$$

$$r_i = \text{jari-jari bagian dalam isolasi} = \text{jari-jari bagian luar tabung} \\ = D_o / 2 = 163 / 2 = 81,5 \text{ mm} = 0,0815 \text{ m}$$

$$r_L = \text{jari-jari bagian dalam tabung} = D_i / 2 = 161 / 2 = 80,5 \text{ mm} = 0,0805 \text{ m}$$

$$k_1 = \text{Konduktivitas termal isolasi gabus} = 0,048 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = \text{Konduktivitas termal isolasi tabung} = 0,177 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

h_{ov} = Koefisien perpindahan panas permukaan vertikal bagian luar tabung isolasi

$$h_{ov} = 1,42 [(T_u - T_a)/D]^{0,25} = 1,42 [(29,96 - 24,98)/0,163]^{0,25} \\ = 1,42 [30,552]^{0,25} = 1,42 \cdot 3,35 = 4,757 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_o = \pi \cdot D_o \cdot t = 3,14 \cdot (0,163 + 2 \cdot 0,020) \cdot 0,157 = 0,100 \text{ m}^2$$

$$U_{01} = \frac{1}{\frac{A_o}{h_i A_i} + \ln \frac{r_o/r_i}{2\pi k_1 L} + \ln \frac{r_1/r_L}{2\pi k_2 L} + \frac{1}{h_o}} \\ = \frac{1}{\frac{0,179}{154,78 \cdot 0,0794} + \frac{\ln(0,1015/0,0815)}{2,3,14 \cdot 0,048 \cdot 0,157} + \frac{\ln(\frac{0,0815}{0,0805})}{2,3,14 \cdot 177 \cdot 0,157} + \frac{1}{4,757}} \\ = \frac{1}{4,86} = 0,206 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q_1 = U_{01} \cdot A_{01} \cdot (T_u - T_a) = 0,206 \cdot 0,100 \cdot (29,96 - 24,98) = 0,103 \text{ W}$$

Pertambahan panas dari bagian bawah/ atas tabung ke dalam air : q_2

$$q_2 = \frac{T_u - T_a}{\frac{1}{h_i A} + \frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_o A}}$$

Koefisien perpindahan panas permukaan horizontal bagian dalam tabung : h_i

$$h_i = 163 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

Koefisien perpindahan panas permukaan horizontal bagian luar tabung : h_o

$$h_o = 1,32 [(T_u - T_a)/D]^{0,25} = 1,32 [(29,96 - 24,98)/0,163]^{0,25} = 1,32 [30,552]^{0,25} = 1,32 \cdot 2,35 = 3,102 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_1 = 0,048 \text{ W/m } ^\circ\text{C}, k_2 = 177 \text{ W/m } ^\circ\text{C}, x_1 = \text{tebal isolasi} = 0,020 \text{ m}$$

$$x_2 = \text{tebal tabung} = 0,001 \text{ m}, A_{02} = \text{luas permukaan bagian bawah/atas tabung} = \pi/4 \cdot D_i^2 = 0,785 \cdot 0,161^2 = 0,0203 \text{ m}^2$$

$$U_{02} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{1}{h_o}} \\ U_{02} = \frac{1}{\frac{1}{163} + \frac{0,020}{0,048} + \frac{0,001}{177} + \frac{1}{3,102}} \\ = \frac{1}{0,745} = 1,342 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q_2 = U_{02} \cdot A_{02} \cdot (T_u - T_a) = 1,342 \cdot 0,0203 \cdot (29,96 - 24,98) = 0,136 \text{ W}$$

Tabel 4.4 Pertambahan panas yang masuk dari luar tabung kedalam air (q)

NO	U ₁ (W/m ² °C)	A ₁ (m ²)	ΔT ₁ (°C)	q ₁ (Watt)	U ₂ (W/m ² °C)	A ₂ (m ²)	ΔT ₂ (°C)	q ₂ (Watt)	Q (Watt)
1	0,206	0,0794	5,81	0,095	2,294	0,0203	5,81	0,270	0,365
2	0,206	0,0794	4,81	0,079	2,294	0,0203	4,81	0,224	0,303
3	0,206	0,0794	4,41	0,072	2,294	0,0203	4,41	0,205	0,277
4	0,206	0,0794	4,81	0,079	2,294	0,0203	4,81	0,224	0,303
5	0,206	0,0794	5,06	0,083	2,294	0,0203	5,06	0,236	0,319

Pertambahan panas rata-rata yang masuk dari luar tabung ke dalam air (q)

$$q = (0,365 + 0,303 + 0,277 + 0,303 + 0,319) / 5 = 1,567 / 5 = 0,313 \text{ Watt}$$

$$= 0,313 \text{ J/dtk} = 0,313 \cdot 1000 / 3600 = 0,0869 \text{ kJ/ jam}$$

Jumlah panas rata-rata yang masuk dari luar tabung ke dalam air adalah sangat kecil, dengan perkataan lain dapat diabaikan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Temperatur air yang paling rendah terletak pada bagian bawah tabung, lihat T₁ dan T₂, karena evaporator (alat pendingin) berada pada bagian bawah tabung (hanya 4 buah pipa), hal ini logis karena bila kita ingin mengambil air minum yang dingin maka kita akan menekan tombol air dingin sehingga ia akan keluar dari bahagian bawahnya.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses pendinginan adalah 35 menit
3. Temperatur air minum yang minimum rata-rata adalah 1,52°C
4. Jumlah panas rata-rata yang dikeluarkan dari air minum adalah 181,44kJ/jam
5. Nilai pertambahan panas yang masuk kedalam air adalah 0,0869 kJ/jam

5.2 Saran

Sebaiknya dalam pengukuran temperature dari air dipakai data logger atau data akuisisi/ termokopel agar pengambilan temperature dapat dilakukan dengan cepat dan akurat.

Daftar Pustaka

<https://www.journals.elsevier.com/...refrigeration/recent-article>

www.achrnews.com/articles/91018-the-basic-refrigeration-cycle

Kreith F., Bohn M.S. : Principles of Heat Transfer, 4th Edition, Harper and Row, Publishers, New York, 1986.

J.P. Holman, Perpindahan Kalor, Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984

W.F. Stoecker, J.W. Jons : Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 2nd Edition, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1982

Michael J. Moran, Howard N. Shapero, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1988.

M.M. El-Wakil, Powerplant Technology, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1985

J.P. Holman, Metode Pengukuran Teknik, Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.