

TUGAS AKHIR

REDESAIN SISTEM REFRIGERASI UNTUK MESIN *ES CUBE* DENGAN KOMPRESOR 1/3 HP



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:
I Komang Agus Setiawan
NIM. 2215223013

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK
PENDINGIN DAN TATA UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meredesain sistem refrigerasi pada mesin pencetak *es cube* menggunakan kompresor berkapasitas 1/3 HP dengan unit kondensor tipe AEZ9440T. Permasalahan pada desain sebelumnya ditemukan pada kinerja evaporator yang kurang optimal dalam mencapai suhu yang diinginkan serta distribusi pendinginan yang tidak merata pada cetakan es. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan perbaikan dengan mengganti evaporator pipa tembaga menjadi evaporator tipe plat dan mengoptimalkan panjang pipa kapiler menjadi 0,984 m agar proses perpindahan panas lebih efisien.

Pengujian sistem hasil redesain dilakukan di Laboratorium Instrumen Kontrol Politeknik Negeri Bali. Parameter yang diukur meliputi temperatur evaporator, temperatur cetakan, tekanan kerja sistem, serta perhitungan *Coefficient of Performance* (COP) dan kapasitas pendinginan. Dari hasil pengujian, diperoleh nilai COP sebesar 5,98 dengan kapasitas pendinginan mencapai 236,15 watt. Pendinginan pada evaporator berhasil mencapai suhu rata-rata -14,9 °C yang menunjukkan peningkatan kinerja sistem.

Namun, pendinginan pada cetakan belum merata akibat kurang optimalnya kontak antara evaporator dengan cetakan serta isolasi yang belum maksimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun performa sistem telah meningkat, masih dibutuhkan perbaikan tambahan terutama pada desain isolasi dan tata letak komponen pendingin. Penelitian ini memberikan gambaran teknis mengenai perbaikan sistem refrigerasi pada mesin *es cube* yang dapat menjadi acuan pengembangan lebih lanjut di industri makanan dan minuman.

Kata kunci: mesin *es cube*, sistem refrigerasi, evaporator plat, pipa kapiler, COP, kapasitas pendinginan

REFRIGERATION SYSTEM REDESIGN FOR CUBE ICE MACHINE WITH 1/3 HP COMPRESSOR

ABSTRACT

This research aims to redesign the refrigeration system for an ice cube printing machine using a 1/3 HP capacity compressor with an AEZ9440T type condenser unit. Problems with the previous design were found in the less than optimal performance of the evaporator in achieving the desired temperature as well as uneven cooling distribution in the ice mold. To overcome this, improvements were made by replacing the copper pipe evaporator with a plate type evaporator and optimizing the length of the capillary pipe to 0.984 m so that the heat transfer process was more efficient.

Testing of the redesigned system was carried out at the Bali State Polytechnic Control Instrument Laboratory. The parameters measured include evaporator temperature, mold temperature, system working pressure, as well as calculation of the Coefficient of Performance (COP) and cooling capacity. From the test results, a COP value of 5.98 was obtained with a cooling capacity of 236.15 watts. Cooling on the evaporator managed to reach an average temperature of -14.9 °C which shows increased system performance.

However, cooling in the mold was not evenly distributed due to less than optimal contact between the evaporator and the mold and insulation that was not optimal. This condition shows that even though system performance has improved, additional improvements are still needed, especially in the insulation design and layout of cooling components. This research provides a technical overview of improvements to the refrigeration system in ice cube machines which can be a reference for further development in the food and beverage industry.

Key words: ice cube machine, refrigeration system, plate evaporator, capillary tube, COP, cooling capacity

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.5.1 Bagi Penulis	3
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali.....	3
1.5.3 Bagi masyarakat.....	3

BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Kajian Tentang Unjuk Kerja Mesin Es Kubus	4
2.2 Komponen-Komponen Utama Mesin Pencetak Es Otomatis	5
2.3 Siklus Kompresi Uap dalam Sistem Refrigrasi Mesin Pencetak <i>Es cube</i>	6
2.3.1 Tori dasar sistem kompresi uap	6
2.3.2 <i>Cooling capacity</i>	9
2.3.3 COP (<i>Coefficient Of Performance</i>).....	10
2.3.4 Dasar-dasar Perhitungan Kinerja Mesin Pendingin.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Ruang Lingkup Pengujian Kinerja Pencetak Es cube.....	13
3.2 Alur Penelitian.....	14
3.3 Peralatan dan Bahan.....	15
3.4 Alat Ukur dan Komponen-komponennya	18
3.5 Metode Pelaksanaan Tugas Akhir	21
3.5.1 Perencanaan cetakan es dan evaporator sistem refrigerasi	21
3.5.2 Perencanaan pemipaan komponen refrigrasi	22
3.5.3 Perencanaan alat ekspansi pipa kapiler.....	22
3.5.4 Pemipaan sistem refrigerasi dengan condensing unit AEZ9440T	23
3.6 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil penelitian.....	25
4.1.1 Tujuan Redisain	26
4.1.2 Komponen yang Dimodifikasi.....	26
4.1.4 Data Hasil Pengujian	28

4.2 Pembahasan Hasil Pengujian	28
4.2.1 Perhitungan <i>Coeffecien of performant</i> (COP).....	29
4.2.3 Perhitungan Kapasitas Pendinginan.....	31
4.3 Pengukuran Pembentukan Es	32
BAB V PENUTUP	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel pelaksanaan kegiatan 2025	24
Tabel 4.1 Data hasil pengujian	28
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran cetakan.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus kompresi uap sederhana	7
Gambar 2.2 Kompresor	8
Gambar 2.3 Kondensor	8
Gambar 2.4 Pipa kapiler.....	9
Gambar 2. 5 Evaporator	9
Gambar 2.6 Diagram p-h R22	10
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	14
Gambar 3.2 <i>Tube cutter</i>	15
Gambar 3.3 Pompa vakum.....	15
Gambar 3.4 Meteran.....	16
Gambar 3.5 Las asetelin/ gas tors	16
Gambar 3.6 <i>Swaging tools</i>	17
Gambar 3.7 Refrigeran R22	17
Gambar 3. 8 <i>Thermocuple</i> dan data <i>loger TASI 612C</i>	18
Gambar 3.9 Pressure gauge.....	18
Gambar 3. 10 Kompresor <i>hermetic</i> 1/3 hp pada condensing unit AEZ9440T	19
Gambar 3.11 Kondensor unit AEZ9440T	20
Gambar 3.12 Pipa kapiler.....	20
Gambar 3.13 Evaporator tipe plat	21
Gambar 3.14 Perancangan sistem refrigrasi.....	22
Gambar 3.15 Cetakan es cube tunggal	22
Gambar 4.1 Sebelum di redesain	25
Gambar 4. 2 Sesudah di redesain	25
Gambar 4.3 Proses penggantian alat ekspansi/pipa kapiler	26
Gambar 4.4 Proses penggantian evaporator plat.....	27
Gambar 4.6 p-h diagram sistem refrigrasi dengan refrigeran R22.....	30
Gambar 4. 7 Data entalpy sistem refrigrasi	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri makanan dan minuman di daerah tropis membutuhkan es yang cukup besar, sehingga mesin pencetak es banyak diperlukan untuk memenuhi kebutuhan es yang cukup besar pada setiap industri makanan dan minuman. Salah satu mesin pencetak es yang banyak digunakan di setiap industri adalah mesin pencetak yang berbentuk kubus (*es cube*). Di daerah tropis, suhu yang tinggi menjadi masalah utama terutama saat mempersiapkan dan menyajikan minuman. Mesin es cube memungkinkan pengusaha makanan dan minuman untuk menyediakan minuman dingin dengan cepat dan mudah. Ini membantu dalam menjaga minuman tetap dingin dan menyegarkan, serta meningkatkan kenyamanan konsumen. Restoran, kafe, bar, dan warung makan di daerah tropis menggunakan mesin es cube ini untuk memenuhi kebutuhan minuman dingin bagi pelanggan. *Es cube* ini dapat digunakan dalam berbagai minuman, mulai minuman ringan hingga minuman beralkohol, dan juga memberikan sensasi yang menyegarkan kepada pelanggan.

Saat ini mesin pencetak es tidak hanya ditemukan pada restoran saja yang menyediakan minuman dingin, mesin es ini juga dapat ditemukan di daerah pesisir pantai dimana es ini berguna untuk menjaga kesegaran dari ikan hasil tangkapan para nelayan. Dan selain itu *es cube* ini membantu mencegah ikan cepat busuk dan terkontaminasi bakteri.

Untuk membuat mesin *es cube* ini mahasiswa sebelumnya mencoba menggunakan tipe kodensing unit AEZ9440T, dengan evaporator sebelumnya yang menggunakan pipa tembaga yang ditekuk menyerupai mesin refrigrasi pada umumnya. Penelitian sebelumnya memilih tipe ini karena kerja dari evaporator tidak mencapai temperatur yang diinginkan dan pendinginan di evaporator juga tidak merata maksimal.

Oleh karena itu peneliti tertarik mengambil tugas akhir ini yang berupaya untuk redesain mesin *es cube* agar menghasilkan pendinginan evaporator secara merata dan mengubah evaporator sebelumnya dari evaporator pipa tembaga menjadi evaporator tipe plat, peneliti memilih evaporator plat dikarenakan evaporator ini akan dapat menyerap panas lebih baik dan mencapai temperatur yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan-permasalahan dalam mengetahui rancang bangun mesin *es cube* dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan mesin *es cube* dengan unit kondensor tipe AEZ9440T dapat bekerja dengan optimal?
2. Bagaimana mekanisme mesin pencetak *es cube* dengan sistem refrigrasi berbasis unit kondensor tipe AEZ9440T sehingga mampu membentuk *es cube*?

1.3 Batasan Masalah

Mesin *es cube* akan dirancang dengan menggunakan kompresor berkapasitas 1/3 HP dan akan diuji dengan sistem refrigrasi yang digunakan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan tugas akhir dibuat terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan Umum

Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan ilmu dan memecahkan masalah-masalah yang ada sehingga adanya penelitian ini diharapkan memberikan pengaruh yang lebih baik, adapun penelitian khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Dapat mengetahui mesin *es cube* dengan unit kondensor tipe AEZ9440T Sesuai hasil perancangan.
2. Dapat mengetahui rancangan mekanisme mesin pencetakan *es cube* berbasis unit kondensor tipe AEZ9440T

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Pada rancang bangun *es cube* diharapkan bermanfaat bagi penulis, instansi Pendidikan khususnya di Politeknik Negeri Bali, dan juga masyarakat

1.5.1 Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk meneapkan dan mengembangkan ilmu-ilmu yang di dapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan di bidang refrigrasi di kemudian hari dan sebagai salahsatu pertimbangan untuk dapat di kembangkan lebih lanjut.

1.5.3 Bagi masyarakat

Hasil penelitian ini dapat dijadikan informasi dalam industri makanan dan minuman khususnya pada pembuatan *es cube*

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari kegiatan tugas akhir ini dapat disimpulkan pada bagian dibawah ini:

1. Rancangan mesin *es cube* ini menggunakan evaporator tipe plat berukuran panjang 40 cm dan lebar 34 cm. Pipa kapiler yang digunakan memiliki panjang 0,984 m. Selain itu, Dari hasil pengujian, diperoleh nilai COP sebesar 5,98 dengan kapasitas pendinginan mencapai 236,15 watt.
2. Mekanisme kerja mesin *es cube* ini dijelaskan melalui proses pembuatan *es cube* dengan cetakan tunggal. Cetakan tunggal dipasang pada bagian bawah evaporator plat, sehingga air yang disirkulasikan dengan bantuan pompa mini 12 V akan mengisi cetakan hingga menyentuh permukaan evaporator, yang kemudian akan membeku menjadi *es cube* tersebut.

5.2 Saran

Dari kegiatan tugas akhir ini penulis menyampaikan saran kepada mahasiswa selanjutnya pada bagian dibawah ini:

1. Cetakan es yang terletak di bawah permukaan evaporator sebaiknya dilengkapi dengan sistem otomatis untuk memudahkan proses pengambilan es ketika telah terbentuk di cetakan.
2. Bentuk cetakan sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan dari pengguna mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Maulana dan Sunanto, 2023 Uji Performansi Mesin Ice Tube Kapasitas 20 Kg Per Hari dengan Variasi Debit Aliran Air Spray, Proceedings Series on Social Sciences & Humanities, Volume 6 Prosiding Seminar Nasional Teknik (SENATEK) 2023
- Evaporator. (n.d.). KBBI Daring. Diakses dari <https://kbbi.web.id/evaporator>
- Hendrawan, I. Analisis Evaporator untuk Sistem Refrigerasi dalam Mesin Pencetak Es cube. 2024. PhD Thesis. Politeknik Negeri Bali.
https://web.mit.edu/2.972/www/reports/compression_refrigeration_system/compression_refrigeration_system.html
<https://assets.danfoss.com/documents/latest/49699/AX000086437108en-000202.pdf>
- Mokhamad Rizki Febriansyah, Muh Anis Mustaghfirin dan Aminatus Sa'diyah, 2023, Rancang bangun sistem otomatis pada custom ice crystal machine, Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia.
- Suryanto, Ahmad Eko. "ICE MAKER COOLING SYSTEM ANALYSIS." PARENTAS: Jurnal Mahasiswa Pendidikan Teknologi dan Kejuruan 8.2 (2022): 42-48.
- Sutarsa, W., Putra, A. A. K. W., & Haryawan, I. P. A. (2023). Fungsi pipa kapiler dalam sistem siklus kompresi uap AC split. Jurnal Edisi Khusus, Politeknik Negeri Bali.
- Tsoy, Alexandr, et al. "Cooling capacity of experimental system with natural refrigerant circulation and condenser radiative cooling." European Journal of Enterprise Technologies 2.8 (2022): 116.
- Tumpu, Mula, M. Zaki Latif Abrori, and Dendi Haris. Pengoperasian dan Perawatan Mesin Refrigerasi Kompresi Uap. Penerbit P4I, 2023.
- Pieper, Henrik, et al. "Method of linear approximation of COP for heat pumps and chillers based on thermodynamic modelling and off-design operation." Energy 230 (2021): 120743.