

SKRIPSI

**PENGUJIAN KINERJA ENERGI DAN TEMPERATUR
MESIN ES KRISTAL PELURU DENGAN RANCANGAN
KAPASITAS PRODUKSI 600 GRAM PER *CYCLE***



Oleh

I MADE AGUS BHISAMA PUTRA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

SKRIPSI

**PENGUJIAN KINERJA ENERGI DAN TEMPERATUR
MESIN ES KRISTAL PELURU DENGAN RANCANGAN
KAPASITAS PRODUKSI 600 GRAM PER *CYCLE***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE AGUS BHISAMA PUTRA
NIM. 2115234003

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja energi dan temperatur pada mesin es kristal peluru dengan rancangan kapasitas produksi tertentu. Mesin ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan industri skala kecil hingga menengah yang memerlukan pasokan es dalam bentuk kristal berbentuk peluru. Pengujian dilakukan dengan mengukur parameter seperti konsumsi daya listrik, lama waktu pembekuan, suhu evaporator, suhu kondensor, serta temperatur air hasil pembekuan. Data dikumpulkan melalui serangkaian percobaan dengan variasi beban kerja dan kondisi operasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan es kristal peluru dengan kualitas yang baik pada waktu pembekuan yang relatif lumayan. Analisis temperatur menunjukkan distribusi panas yang efektif pada sistem pendingin, sehingga proses pembekuan berlangsung optimal. Kesimpulan dari penelitian ini adalah mesin es kristal peluru yang dirancang memiliki kinerja yang memadai untuk dioperasikan secara berkelanjutan, dengan potensi pengembangan lebih lanjut pada aspek efisiensi energi dan kapasitas produksi.

Kata kunci: *mesin es kristal peluru, kinerja energi, temperatur, kapasitas produksi,*

*PERFORMANCE TESTING OF ENERGY AND TEMPERATURE OF
A BULLET ICE MACHINE DESIGNED FOR A PRODUCTION
CAPACITY OF 600 GRAM PER CYCLE*

ABSTRACT

This study aims to evaluate the energy performance and temperature characteristics of a bullet-type crystal ice machine designed with a specific production capacity. The machine is intended to meet the needs of small- to medium-scale industries that require a steady supply of crystal-clear bullet-shaped ice. The performance tests involved measuring parameters such as electrical power consumption, freezing time, evaporator temperature, condenser temperature, and the temperature of the frozen water. Data were collected through a series of experiments under varying load conditions and operational settings. The results indicate that the machine can produce high-quality bullet crystal ice within a relatively decent freezing time. Temperature analysis shows effective heat distribution within the cooling system, ensuring an optimal freezing process. It can be concluded that the designed bullet crystal ice machine demonstrates adequate performance for continuous operation, with potential for further improvement in energy efficiency and production capacity.

Keywords: *bullet crystal ice machine, energy performance, temperature, production capacity*

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	ii
Pengesehan oleh Pembimbing	iii
Persetujuan Dosen Penguji.....	iv
Pernyataan Bebas Plagiat	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak dalam Bahasa Indonesia	viii
<i>Abstract</i> dalam Bahasa Inggris.....	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat bagi penulis	3
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengertian Refrigerasi	5
2.2 Mesin Es Kristal Peluru	6
2.3 Refrigeran	6

2.4	Siklus Kompresi Uap	6
2.5	Komponen Refrigerasi Kompresi Uap	9
2.5.1	Komponen utama	9
2.5.2	Komponen tambahan.....	11
2.6	Penyebab Hasil Produk Es Berwarna Putih.....	14
2.7	Mesin Es Kristal	15
2.8	P-h Diagram.....	17
2.9	Kapasitas Produksi.....	19
2.10	Intensitas Konsumsi Energi (I KE).....	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.1.1	Gambar skematik mesin es kristal peluru	21
3.1.2	Pengambilan data komisioning pada mesin es kristal peluru kapasitas 600 gram per <i>cycle</i>	25
3.2	Alur Penelitian	26
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian	27
3.4	Penentuan Sumber Data.....	27
3.5	Sumber Daya Penelitian	27
3.6	Instrumen Penelitian	28
3.7	Prosedur Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Hasil Penelitian.....	32
4.1.1	Penempatan titik thermocouple	33
4.2	Data Hasil Pengujian	35
4.2.1	Kinerja temperatur mesin es kristal.....	36
4.2.2	Kinerja energi mesin es kristal peluru.....	39
4.2.3	Hasil produksi es kristal peluru	41
4.2.4	Kinerja temperatur.....	44
4.2.5	Kinerja energi.....	45
4.2.6	<i>Coefficient Of Performance</i> (COP).....	45
4.3	Analisa Kinerja Mesin Es Kristal Peluru.....	47

4.3.1 Kapasitas produksi mesin es	47
4.3.2 Intensitas konsumsi energi (I KE)	48
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh aplikasi sistem refrigerasi.....	5
Tabel 3.1 Pengambilan data komisioning pada siklus refrigerasi kompresi uap ..	25
Tabel 3.2 Waktu Pelaksanaan	27
Tabel 4.1 Pengambilan data setiap 10 detik.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Refrigeran.....	6
Gambar 2.2	Skematis siklus refrigerasi kompresi uap.....	7
Gambar 2.3	Diagram p-h siklus kompresi uap.....	8
Gambar 2.4	Kompresor.....	9
Gambar 2.5	Kondensor	10
Gambar 2.6	Katup ekspansi	10
Gambar 2.7	Evaporator	11
Gambar 2.8	Solenoid valve	11
Gambar 2.9	Pompa air.....	12
Gambar 2.10	Fan motor	12
Gambar 2.11	<i>Filter dryer</i>	13
Gambar 2.12	<i>Sight glass</i>	13
Gambar 2.13	Produk es kristal berwarna putih.....	15
Gambar 2.14	<i>Ice flake machine</i>	16
Gambar 2.15	<i>Ice block machine</i>	16
Gambar 2.16	Mesin es kristal peluru	17
Gambar 2.17	P-h diagram	18
Gambar 3.1	Sistem kerja mesin es kristal peluru kapasitas 600 gram per <i>cycle</i> ..	22
Gambar 3.2	Skematik siklus kompresi uap mesin es kristal peluru.....	23
Gambar 3.3	Skematik proses sirkulasi air bahan baku	24
Gambar 3.4	Proses pelepasan es pada cetakan (<i>defrost</i>).....	25
Gambar 3.5	Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3.6	Termometer digital.....	28
Gambar 3.7	Manifold.....	29
Gambar 3.8	<i>Stopwatch</i>	29
Gambar 3.9	<i>Multimeter digital</i>	30
Gambar 3.10	<i>Thermocouple</i> dan data logger	30

Gambar 4.1	Mesin es kristal peluru hasil rancangan	32
Gambar 4.2	Pemasangan <i>thermocouple</i>	33
Gambar 4.3	Titik T1.....	34
Gambar 4.4	Titik T2.....	34
Gambar 4.5	Titik T3.....	34
Gambar 4.6	Titik T4.....	34
Gambar 4.7	Titik T5.....	35
Gambar 4.8	Grafik T1-T4 (perubahan temperatur terhadap waktu)	36
Gambar 4.9	Grafik T5 (temperatur didalam cetakan evap terhadap waktu) ...	38
Gambar 4.10	Variasi daya mesin es kristal peluru.....	39
Gambar 4.11	Konsumsi energi mesin es kristal.....	40
Gambar 4.12	Hasil produk es kristal peluru rancangan	41
Gambar 4.13	Diameter luar produk es kristal peluru	42
Gambar 4.14	Diameter dalam produk es kristal peluru	42
Gambar 4.15	Panjang produk es kristal peluru	42
Gambar 4.16	Hasil 1 kali produksi mesin es kristal peluru	43
Gambar 4.17	Berat es kristal per biji	43
Gambar 4.18	Berat total es kristal peluru per siklus	43
Gambar 4.19	Hasil perhitungan P-h diagram.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan es yang berkualitas tinggi semakin meningkat seiring dengan berkembangnya industri makanan dan minuman, restoran, hotel, serta sektor lainnya yang memerlukan penyimpanan dan distribusi barang dalam temperatur rendah. Salah satu jenis mesin pembuat es yang banyak digunakan adalah mesin es kristal (Dhinarananta, 2014), yang dapat menghasilkan es dalam bentuk tabung yang padat dan transparan. Mesin ini bekerja dengan menggunakan sistem pendinginan yang memanfaatkan siklus refrigerasi kompresi uap berbasis refrigeran untuk mendinginkan air dan membentuk es (Baihaki et al., 2023)..

Es kristal memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis es lainnya karena bentuknya yang seragam, higienis dan tahan lama. Namun tantangan utama dalam produksi es kristal adalah efisiensi energi mesin pembuat es serta kemampuan mesin tersebut untuk mempertahankan temperatur optimal selama proses produksi (Baihaki et al., 2023). Di Indonesia, kebutuhan es khususnya untuk skala kecil dan menengah terus meningkat seiring dengan berkembangnya usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Oleh karena itu, pengembangan mesin es dengan kapasitas produksi yang sesuai dengan kebutuhan pasar menjadi hal yang penting.

Salah satu jenis mesin es kristal yang sudah ada atau beredar saat ini ialah mesin es kristal dengan cetakan peluru, namun setelah ditelusuri ternyata mesin ini memiliki kekurangan yaitu untuk jumlah hasil produksi yang dihasilkan masih sedikit dan hasil es kristal yang berwarna putih/tidak bening (Maulana et al., 2023).. Oleh karena itu kami berencana untuk membuat mesin es kristal peluru terbaru yang berkapasitas 600 gram per *cycle* dengan design yang berbeda dan hasil es yang bening seperti kristal

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini bertujuan untuk pengujian kinerja energi dan temperatur mesin es kristal peluru dengan rancangan kapasitas produksi 600 gram per *cycle*, yang dimana mesin ini nantinya akan memiliki tiga

(3) proses utama yaitu proses sirkulasi air bahan baku, proses pembentukan es (*freezing*), dan proses pelepasan es (*defrost*). Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi refrigerasi

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan di atas maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam pengujian kinerja energi dan temperatur mesin es kristal peluru dengan rancangan kapasitas produksi 600 gram per cycle yaitu :

1. Bagaimana kapasitas produksi mesin es kristal peluru hasil rancangan?
2. Bagaimana intensitas konsumsi energi (kWh/kg-es) dari mesin es kristal peluru dengan rancangan 600 gram per *cycle*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi penulis hanya membahas mengenai pengujian kinerja dan kapasitas produksi mesin es kristal peluru dengan kapasitas produksi 600 gram per *cycle*. Berdaraskan rumusan masalah diatas maka batasan masalah yang dapat diuraikan ialah :

1. Penelitian ini hanya membahas kapasitas produksi mesin es kristal peluru hasil rancangan
2. Menentukan intensitas konsumsi energi dari mesin es kristal peluru
3. Perhitungan konsumsi energi didapat dari jumlah total energi yang dihabiskan tanpa melihat aspek lainnya

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus yang ingin dicapai penulis dalam penyusunan skripsi yang berjudul pengujian kinerja energi dan temperatur mesin es kristal peluru dengan rancangan kapasitas produksi 600 gram per *cycle* sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

Adapun tujuan umum dari pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Pendidikan Diploma IV Teknik Mesin prodi Teknologi Rekayasa Utilitas Politeknik Negeri Bali.
- b. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- c. Menguji, menerapkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh di bangku perkuliahan ke dalam bentuk analisis

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus yang ingin dicapai penulis dalam skripsi ini yaitu :

- a. Mampu menerangkan rancangan kinerja energi mesin es terhadap efisiensi, dengan produk es bening seperti kristal dengan rancangan 600 gram per *cycle*
- b. Mampu menentukan kapasitas produksi mesin es kristal peluru
- c. Mampu menentukan intensitas energi dari mesin es kristal peluru

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil analisis pengujian kinerja energi dan temperatur mesin es kristal peluru dengan rancangan kapasitas produksi 600 gram per cycle ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis, masyarakat dan instansi pendidikan khususnya di Politeknik Negeri Bali

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Hasil analisis ini sebagai sarana untuk menerapkan dan mengembangkan ilmu-ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek. Selain itu merupakan syarat dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan di bidang refrigerasi di kemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat di kembangkan lebih lanjut

1.5.3 Manfaat bagi masyarakat

Penelitian tentang mesin es kristal peluru ini dapat memberikan manfaat kepada masyarakat dengan dapat membantu kebutuhan akan es kristal khususnya bagi masyarakat pengusaha es kristal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data performa mesin es kristal peluru rancangan 600 gram per *cycle*, maka dapat disimpulkan :

1. Kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan tujuan awal, yaitu memperoleh es kristal yang bening
2. Dengan hasil produksi yang hanya $\pm 0,6$ kg (600 gram) per siklus (2,3 jam), dapat disimpulkan bahwa waktu produksi es per siklus sangat lama, berbanding terbalik dengan hasil produksinya yang hanya 0,6 kg.
3. Rancangan awal yang menggunakan air sisa pendinginan untuk bahan baku pembuatan es selanjutnya sedikit melenceng, ternyata air sisa ini yang temperatur awalnya rendah, terkena temperatur air di make up water dan menyerap kalor di cetakan es menyebabkan temperatur air sisa ini meningkat, hal ini menyebabkan waktu proses *freezing* ke dua-selanjutnya hampir sama proses *freezing* pertama (± 2 jam)
4. Kapasitas produksi yang dihasilkan sangatlah sedikit, hasil perhitungan menunjukan hanya mendapatkan es kristal sebanyak 3,6 kg/hari
5. Intensitas Konsumsi Energi (I KE) yang terhitung rata-rata sekitar 1, kWh/kg es, yang menunjukan kebutuhan energi tinggi per unit produksi

5.2 Saran

Berdasarkan temuan tersebut, berikut beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya

1. Kualitas produk yang dihasilkan memang sesuai dengan tujuan awal, namun untuk hasil produksi yang didapatkan harus ditingkatkan lagi kedepannya, dan untuk waktu produksi sekali siklus bisa diperpendek

2. Terjadi lonjakan arus dan konsumsi energi yang sangat boros dalam mesin ini, perlu diperhatikan agar kedepannya dalam pengembangan mesin es kristal ini kontrol yang digunakan kedepannya jangan sampai membuat mesin terus hidup mati, hal ini menyebabkan lonjakan arus listrik yang signifikan
3. Lamanya proses pendinginan/*freezing*, sebaiknya untuk pengembangan selanjutnya cetakan es pada evaporator ditutup rapat (*insulated*), agar temperatur rendah pada evaporator tidak menyebar kemana-mana dan hanya fokus mendinginkan air pada cetakan. Selain itu beban air yang di dinginkan didalam cetakan evaporator bisa dikurangi, karena dengan ukuran cetakan es yang besar maka proses pembentukan es membutuhkan waktu yang lebih lama

DAFTAR PUSTAKA

- Dhinarananta IGP, Wijaya P IGM, Ananta WSP, Yuniadi AP, Hendrayana MA. 2014. Identifikasi serotipe bakteri vibrio cholerae yang terisolasi dari es batu jenis tube dan jenis balok dari pedagang makanan dan minum di kota Denpasar, Bali. *E-Jurnal Medika Udayana*. 3 (1): 82-97.
- Firli, M. 2016. *Komponen Utama Refrigerasi Kompresi Uap*. Terdapat pada Scribd: <https://www.scribd.com/doc/310261758/Komponen-Utama-Refrigerasi-Kompresi-Uap>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2024
- LEO, 2023. *Apa Itu Evaporator Pada Sistem Chiller*. Terdapat pada : <https://scychiller.com/id/what-is-evaporator-in-chiller-system/>. Diakses tanggal 10 Januari 2025
- Mandiri, P. R. J., 2022. *Jenis Jenis Kondensor*. Terdapat pada : <https://www.rokindojayamandiri.com/blog-post/jenis-jenis-kondensor/>. Diakses tanggal 10 Januari 2025.
- Muhammad Edi Pujianto, Muhammad Subri dan Muhammad Amin, 2021. Uji Eksperimental Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Mesin Pendingin Refrigeran Hidrokarbon. *Majalah Ilmiah Momentum*, XVII(2), pp. 89-90.
- Naoval, E., Alfana, H., Pangripto Pramudantoro, T., & Lukitobudi, A. R. 2023. Kaji Eksperimental Perbandingan Performansi Antara Calcium Chloride Dan Magnesium Chloride Sebagai Refrigeran Sekunder Pada Sistem Brine Cooling
- Odimer, 2022. *Crystal Clear block ice machine – brine*. Tersedia pada : <https://www.odimer.com/en/patented/crystal-clear-brine-type-block-ice-machine/>. Diakses tanggal 10 Januari 2025.
- Putra, I. (2024). Perancangan Mesin Es Tube Kristal Tipe Flooded-bio Refrigeran Sekunder yang Hemat Energi dan Ramah Lingkungan (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Recom, 2019. *Tube ice machines (TU Series)*. Tersedia pada : <https://recom-ice.com/product/tube-ice-machines/>. Diakses tanggal 12 Januari 2025.

- Santoso B. 2018. *Analisis Intensitas Konsumsi Energi dan Efisiensi Produksi di PT XYZ*. Universitas Semarang.
- Saski, E., Andrizal & Sugiarto, T., 2014. Perbandingan Efek Pendinginan dan Performa Air Conditioner Mobil yang Menggunakan Receiver dryer.
- Suamir, I. N. 2016. *Refrigrasi dan Tata Udara*. Badung - Bali: Politeknik Negeri Bali
- Sugik, A. 2023. *Analisis Kinerja Mesin Es Cube Dengan Termoelektrik Dan Tanpa Termoelektrik*. Rama.