

SKRIPSI

**SIMULASI TERMODINAMIK MESIN ES BALOK
EKSPANSI LANGSUNG MENGGUNAKAN
REFRIGERAN R-290 ATAU R-404A DENGAN
KAPASITAS 2,5 KW**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

MUHAMMAD YULIANAS

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2022

SKRIPSI

**SIMULASI TERMODINAMIK MESIN ES BALOK
EKSPANSI LANGSUNG MENGGUNAKAN
REFRIGERAN R-290 ATAU R-404A DENGAN
KAPASITAS 2,5 KW**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

MUHAMMAD YULIANAS

NIM : 1815234023

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI TERMODINAMIK MESIN ES BALOK EKSPANSI LANGSUNG MENGGUNAKAN REFRIGERAN R-290 ATAU R-404A DENGAN KAPASITAS 2,5 KW

Oleh :

Muhammad Yulianas
NIM : 1815234023

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si
NIP : 196506171992031001

Dosen Pembimbing II


I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST.,MT
NIP : 198207102014041001

Disahkan Oleh
Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali


Dr. Ir. Gede Santosa, M.Erg.
NIP : 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

SIMULASI TERMODINAMIK MESIN ES BALOK EKSPANSI LANGSUNG MENGGUNAKAN REFRIGERAN R-290 ATAU R-404A DENGAN KAPASITAS 2,5 KW

Oleh :

Muhammad Yulianas
NIM : 1815234023

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat
dicetak sebagai Skripsi pada hari/tanggal :
1 September 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : I Wayan Gede Santika, ST., M.Sc.PhD
NIP : 197402282005011002

()

Penguji II : Sudirman, ST, MT
NIP : 196703131991031001

()

Penguji III : Dr. Made Ery Arsana, ST, MT
NIP : 196709181998021001

()

SURAT PENYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Yulianas
NIM : 1815234023
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Utilitas
Judul Proyek Akhir : Simulasi Termodinamik Mesin Es Balok Ekspansi
Langsung Menggunakan Refrigeran R-290 atau R-404A
dengan Kapasitas 2,5 kW

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabil dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang undangan yang berlaku.

Denpasar, 5 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Muhammad Yulianas

NIM. 1815234023

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Proposal Skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, arahan dan semangat, dari awal penyusunan skripsi hingga dapat terselesaikan.
7. Bapak I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD yang sudah membantu membimbing dan memberikan arahan dalam penggunaan program software, serta masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proposal Skripsi.
9. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
10. Teman-teman D4 TRU 2018 teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi tahun 2022 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

ABSTRAK

Teknologi di bidang refrigerasi mengalami kemajuan seiring berkembangnya zaman. Salah satunya pada bidang industri adalah pembuatan es balok menggunakan Mesin Es Balok. Sebelumnya mesin es balok menggunakan zat refrigerant jenis ammonia sebagai refrigerannya. Namun zat ammonia memiliki sifat beracun dan sangat berbau tajam sehingga mulai jarang digunakan. Saat ini banyak muncul jenis refrigeran ramah lingkungan, sehingga mesin mesin refrigerasi sekarang sudah mulai menggunakan refrigeran ramah lingkungan contohnya menggunakan refrigeran R-404A. Selain itu juga muncul beberapa refrigeran ramah lingkungan lain seperti R-290 yang merupakan refrigeran natural sebagai refrigeran alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Metode yang digunakan adalah dengan melakukan simulasi dengan menggunakan sebuah program bernama U-RefS V.1.11 yang dibuat pada sebuah program *platform* EES dengan memakai beberapa parameter data yang sudah disiapkan sebelumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja mesin es balok dengan menggunakan refrigeran R-404A dan R-290 serta mendapat mengestimasi waktu dan kapasitas produksi es balok yang dihasilkan. Hasil yang didapat dari simulasi berupa beberapa data seperti ; kapasitas produksi, konsumsi daya, konsumsi energi, kapasitas pendinginan, COP, EER.

Kata kunci : simulasi, mesin es balok, program U-RefS

***THERMODYNAMIC SIMULATION ICE BLOCK MACHINE OF
DIRECT EXPANSION USING REFRIGERANT R-290 AND R-
404A WITH CAPACITY 2,5KW***

ABSTRACT

Technology developments in the field of refrigeration have progressed. One of them in the industrial sector is the manufacture of ice blocks using the Ice Block Machine. Previously, the block ice machine used a refrigerant type of ammonia as the refrigerant. However, ammonia is toxic and has a very strong smell, so it is rarely used. Currently, there are many types of environmentally friendly refrigerants appearing, so refrigeration machines have now started using environmentally friendly refrigerants, for example using R-404A refrigerant. In addition, several other environmentally friendly refrigerants have also emerged, such as R-290 which is a natural refrigerant as an alternative refrigerant that is more environmentally friendly.

The method used is to perform a simulation using a program called U-RefS V.1.11 which is made on an EES platform program using several data parameters that have been prepared previously.

The purpose of this study was to determine the performance of the ice block machine using refrigerants R-404A and R-290 and to estimate the production time and capacity of the resulting block ice. The results obtained from the simulation are in the form of several data such as; production capacity, power consumption, energy consumption, cooling capacity, COP, EER.

Keyword : Simulation, Ice Block Machine, U-Refs Program

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Simulasi Termodinamik Mesin Es Balok Ekspansi Langsung Menggunakan Refrigeran R-290 atau R-404A dengan Kapasitas 2,5 kW“. Penyusunan Buku Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan pada program studi Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai pembelajaran agar mendapat hasil yang lebih baik.

Denpasar, 3 Agustus 2022

Muhammad Yulianas

DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN ABSTRAK	vi
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN KATA PENGANTAR.....	viii
HALAMAN DAFTAR ISI.....	ix
HALAMAN DAFTAR GAMBAR	xii
HALAMAN DAFTAR TABEL.....	xiv
HALAMAN DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	
1.2.1. Tujuan Umum	3
1.2.2. Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat Penelitian	
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	
2.1 Sistem Refrigerasi.....	5
2.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	5
2.3 Komponen Siklus Kompresi Uap	7

2.3.1	Kompresor	7
2.3.2	Kondenser	8
2.3.3	Evaporator	9
2.3.4	Alat Ekspansi	9
2.4	Ice Machine (Mesin Es)	10
2.4.1	<i>Ice Flake Machine</i> (Mesin pembuat Es Serpihan)	10
2.4.2	<i>Ice Cube Machine</i> (Mesin Pembuat Es Bentuk Kubus)	11
2.4.3	<i>Ice Tube Machine</i> (Mesin Pembuat Es Bentuk Tabung)	12
2.4.4	<i>Ice Block Machine</i> (Mesin Pembuat Es Balok)	12
2.5	Sistem Kerja Mesin Es Balok	16
2.6	Refrigeran	17
2.6.1	Jenis – jenis Refrigeran	18
2.6.2	Perbandingan Jenis Refrigeran.....	19
2.6.3	Refrigeran R-404A	20
2.6.4	Refrigeran R-290	21
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Jenis Penelitian	23
3.2	Alur Penelitian	24
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.4	Penentuan Sumber Daya	26
3.5	Sumber Daya Penelitian	26
3.6	Instrumen Penelitian	27
3.7	Prosedur Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	28
4.1.1	Deskripsi umum dan tahapan simulasi dengan U-RefS V.1.11	28
4.1.2	Hasil simulasi kinerja energi mesin es balok	40
4.1.3	Hasil simulasi kapasitas produksi mesin es balok	44

4.2	Pembahasan	48
4.2.1	Perbandingan kapasitas produksi	48
4.2.2	Perbandingan kinerja mesin menggunakan refrigeran R-290 dan R-404A	49
4.2.3	Perbandingan kinerja mesin es berdasarkan simulasi dan secara langsung	50
4.2.4	Kemudahan dan kesulitan pada program U-RefS V.1.11	50

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	6
Gambar 2.2	Diagram Ph Siklus Kompresi Uap	6
Gambar 2.3	Kompresor	8
Gambar 2.4	Kondensor.....	8
Gambar 2.5	Evaporator	9
Gambar 2.6	Alat ekspansi.....	10
Gambar 2.7	Mesin <i>ice flake</i>	11
Gambar 2.8	Mesin <i>ice cube</i>	11
Gambar 2.9	Mesin <i>Ice Tube</i>	12
Gambar 2.10	Mesin Es Balok.....	13
Gambar 2.11	Konstruksi Es Balok <i>Brine System</i>	14
Gambar 2.12	Konstruksi Es Balok <i>Direct System</i>	15
Gambar 2.13	Refrigeran	17
Gambar 2.14	Ph Diagram Refrigeran R-404A	20
Gambar 2.15	Ph Diagram Refrigeran R-290	21
Gambar 3.1	<i>Software U-RefS</i>	23
Gambar 3.2	Alur penelitian	25
Gambar 4.1	Tampilan diagram window utama.....	29
Gambar 4.2	Bagian menu navigasi pada diagram window utama	30
Gambar 4.3	Bagian input (masukan) pada diagram window utama	31
Gambar 4.4	Bagian output (luaran) pada diagram window utama	32
Gambar 4.5	Tampilan diagram window turunan 1	33
Gambar 4.6	Siklus Diagram P-h pada diagram window turunan 1.....	34
Gambar 4.7	Tampilan diagram window turunan 2	35
Gambar 4.8	Tampilan diagram window turunan 3	36
Gambar 4.9	Bagian input (masukan) pada diagram window turunan 3.....	37
Gambar 4.10	Bagian output (keluaran) pada diagram window turunan 3	38
Gambar 4.11	Tampilan diagram window turunan 4	39
Gambar 4.12	Tampilan hasil output EER dan COP menggunakan R-404A.....	40

Gambar 4.13	Tampilan hasil output EER dan COP menggunakan R-290.....	41
Gambar 4.14	Tampilan hasil konsumsi energi menggunakan R-404A	43
Gambar 4.15	Tampilan hasil konsumsi energi menggunakan R-290	43
Gambar 4.16	Kapasitas produksi es balok menggunakan R-404A.....	45
Gambar 4.17	Kapasitas produksi es balok menggunakan R-290	45
Gambar 4.18	Konsumsi daya menggunakan R-404A.....	46
Gambar 4.19	Konsumsi daya menggunakan R-290.....	47
Gambar 4.20	Tampilan hasil produksi es pada window diagram turunan 3	48
Gambar 4.21	Tampilan diagram window ketika mengalami bug	50
Gambar 4.22	Tampilan diagram window ketika belum memasukkan input data	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan jenis refrigeran	19
Tabel 2.2	Sifat Fisik Refrigeran R-404A	20
Tabel 2.3	Sifat Fisik Refrigeran R-290	22
Tabel 3.1	Waktu Pelaksanaan	26
Tabel 4.1	EER mesin es balok dengan kedua jenis refrigeran	41
Tabel 4.2	Hasil COP mesin es balok dengan kedua jenis refrigerant	42
Tabel 4.3	Konsumsi energi mesin es balok dengan kedua jenis refrigeran	42
Tabel 4.4	Hasil konsumsi daya spesifik mesin es balok dengan kedua jenis refrigeran.....	46
Tabel 4.5	Hasil perhitungan kapasitas pendinginan mesin dengan kedua jenis refrigeran.....	47
Tabel 4.6	Hasil kinerja mesin es balok dengan kedua jenis refrigerant	49
Tabel 4.7	Hasil kinerja mesin es balok dengan simulasi dan secara langsung ...	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Persamaan rumus dalam simulasi	56
Lampiran 2 : Lembar bimbingan pembimbing 1	65
Lampiran 3 : Lembar bimbingan pembimbing 2	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Refrigerasi merupakan salah satu proses pendinginan suatu benda hingga mencapai pada temperatur berada di bawah temperatur lingkungan, proses ini sangat cocok untuk mendinginkan suatu barang untuk menjaga suhu. Perkembangan teknologi di bidang refrigerasi dan pengkondisian udara mengalami kemajuan dengan pesat seiring berkembangnya zaman (Raidinata A. Sipayung, 2019). Teknologi refrigerasi memberikan banyak keuntungan bagi manusia. Salah satu penggunaan sistem refrigerasi pada bidang industri adalah pembuatan es balok menggunakan Mesin Es Balok.

Mesin Es Balok merupakan alat yang digunakan untuk memproduksi es berbentuk balok. Di Indonesia kebutuhan es balok selalu meningkat pesat dan menjadi salah satu kebutuhan vital. Selain itu, es balok juga menjadi kebutuhan para nelayan yang menangkap ikan untuk menunjang kualitas ikan. Penggunaan es balok sebagai bahan pengawet ikan, akan membantu menjaga kualitas ikan agar terjaga hingga beberapa hari kedepan. Mengingat begitu banyak keuntungan yang bisa diperoleh dari es balok, tentu saja es balok berpotensi menjadi ladang bisnis paling menguntungkan (Astro, 2018). Selain dijadikan untuk mengawetkan ikan atau daging es balok juga dimanfaatkan sebagai tambahan pada minuman dingin. Tetapi seiring berjalannya waktu karena dirasa kurang efektif maka es balok mulai jarang digunakan sebagai tambahan pada minuman dingin, dan lebih banyak digunakan untuk mengawetkan daging atau ikan segar namun tak jarang masih ada yg menggunakan es balok sebagai tambahan minuman.

Pada awal ditemukannya mesin es balok, zat refrigeran yang digunakan adalah zat ammonia (R-717). Zat ammonia memiliki sifat beracun dan sangat berbau tajam, Selain itu jika menggunakan Amonia sebagai refrigeran, maka harus dipakai secara tidak langsung melalui air (disebut *chilled water*) atau air garam (*brine*) yang lebih dahulu. Karena prosesnya yang lebih rumit seiring

berkembangnya alat atau mesin pendingin di industri, zat pendingin pun semakin ikut berkembang, namun hingga saat ini masih ada industri yang menggunakan ammonia sebagai zat refrigerannya. Tetapi saat ini kebanyakan mesin pendingin sudah menggunakan zat pendingin yang ramah lingkungan seperti R-404A dan R-290. Refrigeran R-290 dan R-404A merupakan salah satu contoh refrigeran ramah lingkungan dan aman. Refrigeran tersebut memiliki ODP dan GWP rendah sehingga kecil resiko merusak pada lapisan ozon, selain itu juga memiliki efek rumah kaca yang lebih kecil keduanya bertujuan untuk keamanan sumber daya manusia hingga menjaga sumber daya alam.

Simulasi Termodinamik Mesin Es Balok Ekspansi Langsung R-290 dan R-404A ini diharapkan dapat berhasil sehingga nantinya bermanfaat bagi pelaku usaha menengah kebawah yang diharapkan dapat meningkatkan pelayanan terhadap pelanggan mereka dalam hal ini masyarakat luas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ruang lingkup permasalahan diatas maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja mesin es balok ekspansi langsung dengan refrigeran R-290 atau R-404A ?
2. Bagaimana kapasitas produksi mesin es balok ekspansi langsung menggunakan R-290 atau R-404A dengan kapasitas 2,5 kW?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini penulis memberi batasan masalah pada pembahasan simulasi termodinamik mesin es balok ekspansi langsung menggunakan refrigeran R-290 dan R-404A.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Simulasi Termodinamik Mesin Es Balok Ekspansi Langsung R-290 dan R-404A Kapasitas 2,75 PK, adalah sebagai berikut :

1.1.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan umum dari proyek akhir ini sebagai berikut :

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam penyelesaian Pendidikan Diploma IV Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, secara praktek ataupun teori.
3. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama dibangku kuliah dan menerapkan kedalam bentuk penelitian ini

1.1.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari proyek akhir ini sebagai berikut :

1. Mampu melakukan simulasi termodinamik kinerja mesin es balok ekspansi langsung R-290 atau R-404A kapasitas 2,5 kW
2. Dapat mengestimasi kapasitas produksi (ton/hari) mesin es balok ekspansi langsung R-290 atau R-404A kapasitas 2,5 kW

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini bagi penulis, bagi institusi PNB dan Masyarakat adalah sebagai berikut :

1.5.1 Manfaat bagi Penulis

Proyek Akhir ini sebagai sarana dan prasarana untuk menerapkan ilmu-ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik dibidang rancang bangun, maupun dapat mengembangkan ide-ide dan menuangkan langsung berdasarkan permasalahan yang ada di sekitar kita,

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Bagi perguruan tinggi, kegiatan ini merupakan wujud nyata dari tri dharma perguruan tinggi yang ketiga, kepercayaan dan keyakinan masyarakat akan kemampuan kinerja industri Politeknik Negeri Bali pada rekayasa teknologi juga menjadi semakin kuat. Kedekatan Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Bali dengan masyarakat sekitarnya juga semakin erat.

1.5.3 Manfaat bagi Masyarakat

Adapun manfaat penelitian ini bagi masyarakat adalah diharapkan mesin es balok ini dapat memenuhi keinginan dari para pelaku usaha yang menggunakan es balok dalam bidang usaha mereka. Diharapan mesin es balok dapat memproduksi es dalam jumlah banyak dengan cepat dan efisien. Tetapi tetap hemat energi dan tidak merusak lingkungan sekitar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Menurut hasil simulasi mesin es balok ekspansi langsung menggunakan refrigeran R-404A dan R-290 dengan kapasitas 2,5 kW dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja mesin es balok kristal menggunakan jenis refrigeran R-290 lebih baik dibandingkan menggunakan refrigeran R-404A. Simulasi dilakukan dengan parameter operasional yang sama dan jumlah produksi es balok yang dihasilkan sama. Dengan kapasitas dan waktu produksi es balok yang sama, konsumsi daya dan energi mesin es balok kristal dengan menggunakan refrigeran R-290 lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan refrigeran R-404A. Dapat dikatakan mesin es balok kristal yang menggunakan refrigeran R-290 bisa disebut lebih hemat energi dibandingkan dengan menggunakan R-404A.
2. Kapasitas produksi dari mesin es balok hasil simulasi adalah sebesar 0,331 ton es balok per hari. Kapasitas produksi ini berhubungan dengan ukuran dan waktu produksi es balok dan dalam simulasi diiterasi sampai diperoleh *cooling load* sama dengan *cooling capacity*.
3. Hasil kinerja mesin secara langsung sedikit berbeda dengan hasil kinerja dengan simulasi menggunakan program U-RefS. Dengan spesifikasi mesin, dan diameter cetakan es balok yang sama, serta kapasitas es yang dihasilkan, kinerja mesin dan waktu produksi es yang diperlukan berbeda atau tidak sama. Dimana waktu produksi yang diperlukan mesin es secara langsung lebih lama dibanding saat melakukan simulasi, begitu pula dengan kinerja mesin yang dihasilkan saat pengujian secara langsung lebih besar dibanding saat dilakukan simulasi dengan program.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis ingin sampaikan berkenaan dengan proses simulasi menggunakan program U-refS V.1.11 dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Program ini tidak dibuat otomatis, pada saat mengganti atau mengubah data yang diinput pastikan langsung mengklik "*calculate*" agar output yang dihasilkan ikut berubah sesuai dengan data input yang diganti, karena jika tidak, output yang dihasilkan akan tetap sama seperti sebelumnya.
2. Sebelum mengklik "*calculate*" pastikan data yang diinput sudah benar dan sesuai agar tidak terjadi kesalahan saat simulasi.
3. Diharapkan kedepannya peneliti lain dapat melakukan simulasi dengan menggunakan jenis refrigeran lain untuk mendapatkan perbandingan kinerja mesin es balok menggunakan refrigeran jenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Nugroho, F.S. 2017. *Unjuk Kerja mesin Penyejuk Udara Dengan Siklus Kompresi Uap Menggunakan Daya Kompresor 1/6 PK dan Ice Pack*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- Astro. 2018. *Deskripsi dan pengertian Mesin Es Balok*. <https://astromesin.com/harga-mesin-es-balok/> Diakses pada tanggal 5 januari 2022
- Arli Fauzi. 2022. *Penyebab Kerusakan hingga Harga Kondensor AC Rumah*. <https://elektronik123.com/kondensor-ac-rumah/> Diakses pada 4 agustus 2022
- Azridjal Aziz. 2013. *Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin*. *SNTK TOPI 2013*. 27,November,2013, Pekanbaru. Indonesia. 390
- Dewa De. 2020. *Cara kerja dan fungsi komponen pada mesin es*. Terdapat pada : <https://teknisibali.com/cara-kerja-dan-fungsi-komponen-pada-mesin-es/> diakses pada tanggal 10 februari 2022
- Indotara. 2015. *Brine System dan Direct System pada es balok tomori*. Terdapat pada : <https://www.indotara.co.id/brine-system-dan-direct-system-pada-es-balok-tomori&id=85.html> Diakses pada tanggal 4 Februari 2022
- Mas Parjo. 2019. *Sifat dan Jenis Refrigeran pada Sistem AC*. <https://www.kitapunya.net/sifat-dan-jenis-refrigeran-pada-siste/> Diakses pada tanggal 5 januari 2022
- Padma. 2019. *Macam macam mesin pembuat es*. <https://www.dinginaja.com/2019/02/jenis-jenis-mesin-pembuat-es.html?m=1> diakses pada tanggal 10 januari 2022
- Pudjanarsa Astu, Nursuhud Djati. 2012. *Mesin Konservasi Energi*. Edisi 3. Andi Penerbit. Yogyakarta.

- Polarin. 2016. *Inilah Jenis dan Tipe Kompresor AC / Pendingin*. <https://polarin.co.id/jenis-dan-tipe-kompresor-ac-pendingin/> Diakses pada tanggal 4 Februari 2022
- Polarin. 2019. *Refrigeran R410A*. <https://polarin.co.id/product/refrigeran-r410a/> diakses pada tanggal 10 januari 2022
- Raidinata A. Sipayung , Himsar Ambarita , Taufiq B. Nur , Andianto Pintoro. 2019. *Rancang Bangun Solar Cold Storage Dengan Kapasitas 10 Kilogram*. Jurnal Dinamis. 7. (3) : 11-15
- Tim Astro. 2010. *Beda Refrigeran R22 dengan R134A* <https://cvastro.com/beda-refrigeran-freon-r22-dan-r134a-dan-hidrokarbon.htm> diakses pada tanggal 10 januari 2022
- Triaji Pangripto Pramudantoro. 2017. Pengaruh Variasi Massa Pengisian R-290 Sebagai Refrigeran Pengganti R22 Pada Kinerja Freezer . *Seminar Nasional XII Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*. 2017. Yogyakarta. Indonesia. 506
- Web Admin. 2021. *Perbandingan Freon R32, R22, R410A dan R-290*. <https://www.nationalelektronik.com/2021/03/perbandingan-freon-r32-r22-r410a-dan-R-290/> diakses pada tanggal 10 januari 2022
- Xiamen Yuda. 2019. *Bagaimana Membedakan Karakteristik Dan Suhu Refrigeran R407C ,, Refrigeran R-290, Dan Refrigeran R717 (ammonia)?*. <http://id.fluorined-chemical.com/news/how-to-distinguish-the-characteristics-and-tem-26440798.html> diakses pada tanggal 10 januari 2022
- Xiamen Yuda. 2019. *Perbandingan kinerja antara refrigeran R-290 dan refrigeran R22*. Terdapat pada : <http://id.fluorined-chemical.com/news/performance-comparison-between-refrigeran-r-23357094.html> diakses pada tanggal 10 januari 2022

