

Uji Performansi Mesin *Ice Tube* Kapasitas 20 Kg Per Hari dengan Variasi Debit Aliran Air *Spray*

Ahmad Maulana¹, Sunanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara,
Politeknik Negeri Indramayu

ARTICLE INFO

Article history:

DOI:

[10.30595/pspfs.v6i.873](https://doi.org/10.30595/pspfs.v6i.873)

Submitted:

August 05, 2023

Accepted:

September 29, 2023

Published:

Ocotober 13, 2023

Keywords:

Ice Tube, Air Spray, Debit Aliran

ABSTRACT

Ice tube, also known as crystal *ice*, is generally transparent *ice* which is cylindrical in shape and has cavities with small pieces. *Ice tube* is one of the most popular types of *ice* because it is more practical. Along with the shifting of people's needs from block *ice* to *tube ice*, the need for *tube ice* is increasing. To expand the big opportunities, we need *ice tubes* that can be made at home with small scale production. With a simple design and at a low cost. *ice* machine designed to use a vapor compression system. The main components consist of: compressor, condenser, capillary *tube*, and evaporator with refrigerant using R22. Considering that the *tube ice* machine is designed at home with a 12V DC pump as a water vacuum and *sprays* water into the evaporator with a water flow rate of 1.4 liters per minute. To determine the performance of the system with different water flow rates, performance testing was carried out on a *tube ice* machine with variations in the flow rate of *spray* water with several voltages, namely at 9 volts, 12 volts and 15 volts. From the tests that have been carried out, the results show that at a voltage of 9 volts it has the lowest efficiency of about 75%, with an evaporator temperature reaching -5.5°C and a condenser temperature of 46°C, at a voltage of 12 volts it has an efficiency of around 77%, with an evaporator temperature reaching -4.25°C and the condenser temperature is 43°C, while at 15 volts it has the highest efficiency of around 82%, with the evaporator temperature reaching -1.06°C and the condenser temperature 39°C. However, the operational cost rates for using an *ice tube* machine at a voltage of 9 volts, 12 volts and 15 volts are Rp. 634.56,- ; Rp. 765.85,- and Rp. 1223.07,- per kilogram of *tube ice* for 45 minutes on operational test.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Ahmad Maulana

Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu

Jalan Lohbener Lama No.08 Celeng Indramayu Jawa Barat, Indonesia

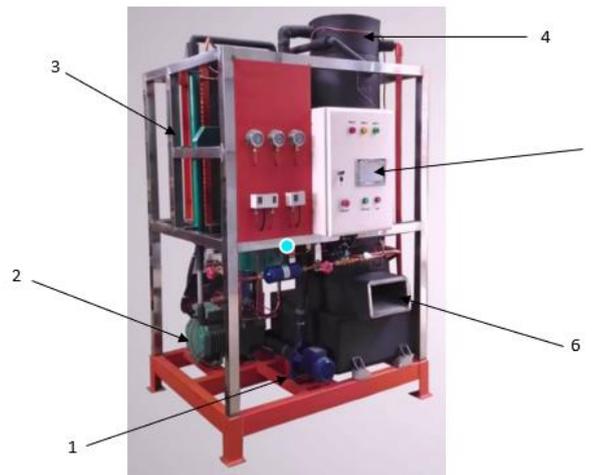
Email: ahmadmaulana@polindra.ac.id

1. PENDAHULUAN

Es tube atau es kristal merupakan produk yang selalu dibutuhkan setiap harinya. Es jenis ini memiliki penampilan yang cukup menarik, berwarna putih bening seperti kristal, berbentuk silinder dan berlubang di tengahnya. Selain itu es ini tersedia berbagai ukuran seperti diameter 22, 28, 32 & 35 mm dan diameter 25, 30 & 45 mm (<https://blog.indonetwork.co.id/>). Kebutuhan es *tube* / es kristal pada dunia usaha makanan saat ini sudah semakin banyak. Hal tersebut merupakan langkah inovasi dari berbagai jenis produksi mesin es yang ada. Dulu sebelum ada es kristal, pelaku usaha makanan biasanya menggunakan es balok untuk kebutuhan minuman yang ada pada usaha mereka. Namun saat ini mengingat bentuk dari es kristal yang sederhana dan mudah dalam penyiapan minuman

dingin, maka para pengusaha makanan mengganti es balok dengan es kristal tersebut untuk kebutuhan minuman dinginnya. Dibandingkan dengan es blok, bisnis es batu kristal kini semakin menjanjikan dan banyak di sukai oleh pengusaha kuliner sehingga permintaan es kristal hingga saat ini masih terus meningkat dan seringkali tidak dapat memenuhi permintaan pasar yang ada (www.klikmania.net)

Mesin es kristal jenis *tube* (*tube ice machine*) masih jarang ada di pasaran untuk kapasitas yang kecil skala rumahan. Kebanyakan mesin es kristal tersebut dibuat oleh pabrikan dalam skala industri yang berkisar antara 500 kg per hari sampai pada kapasitas 10 ton per harinya. Berikut ini adalah contoh mesin es kristal skala besar yang ada di pasaran.



Gambar 1. Contoh mesin es kristal skala besar yang ada di pasaran kapasitas 1 ton per hari (sumber : www.grahamesin.com)

Beberapa komponen utama yang ada pada mesin es *tube* skala industry tersebut adalah seperti berikut ini, yaitu :

1. Pompa air, berfungsi untuk mengalirkan air dari penampung menuju ke bagian reservoir evaporator yang mana pada bagian tersebut terdapat cetakan es berbentuk silinder (tabung).
2. Kompresor, berfungsi untuk mengalirkan media / zat pendingin pada system refrigerasi kompresi uap sehingga proses pendinginan air pada evaporator tersebut dapat berlangsung terus – menerus.
3. Kondensator, berfungsi sebagai pembuang panas dari media / zat pendingin pada system refrigerasi kompresi uap yang memiliki temperature tinggi sehingga media / zat pendingin tersebut temperaturnya lebih rendah.
4. Reservoir evaporator, merupakan tempat dimana evaporator berada sekaligus tempat cetakan es yang berbentuk tabung.
5. Mikrokontroler, merupakan pusat system control kompleks yang mengatur segala jenis kriteria yang diperlukan dalam pembuatan es *tube* pada mesin tersebut.
6. Output es *tube*, merupakan tempat keluar es *tube* yang telah selesai dibuat.

Saat ini, kebutuhan es kristal jenis *tube* ini sudah mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada era modern sekarang ini. Sebagai akibatnya, maka harga jual es *tube* di pasaran mengalami kenaikan mengingat kebutuhan yang ada di pasaran masih belum dapat terpenuhi oleh produsen es *tube* yang jumlahnya masih terbatas. Hal tersebut dipengaruhi oleh harga dari mesin es *tube* yang masih relatif mahal mengingat mesin yang tersedia hanya untuk skala industri saja yaitu minimal kapasitasnya 500 kg per hari.

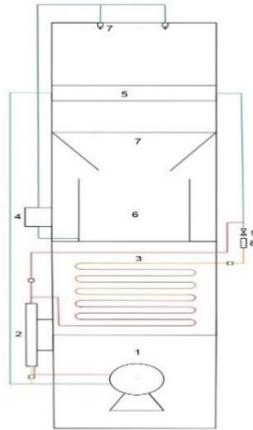
Untuk mengimbangi kebutuhan es kristal jenis *tube* yang ada di pasaran, dapat disiasati dengan pembuatan mesin es *tube* skala kecil / skala rumahan yang dapat diterapkan pada warung – warung makan yang ada sehingga mereka dapat memproduksi sendiri es *tube*-nya tanpa mengandalkan *supply* dari produsen es *tube* yang ada. Kebutuhan es *tube* yang ada di warung – warung makan di Indramayu biasanya sekitar 30 – 50 kg per harinya. Untuk itu pada penelitian ini akan diuji coba pembuatan mesin es *tube* kapasitas 50 kg per hari yang kedepannya dapat dimanfaatkan oleh warung – warung makan di Indramayu sehingga dapat mengimbangi kebutuhan es *tube* yang saat ini masih terus meningkat kebutuhannya di masyarakat terutama untuk warung - warung makan yang ada di Indramayu tersebut.

Sangat penting untuk memastikan bahwa mesin es *tube* skala rumahan yang akan dibuat ini memiliki efektifitas dan performansi yang sama dengan mesin es *tube* kapasitas besar. Dimana mesin es skala industri yang ada biasanya memiliki biaya konsumsi listrik yang rendah sekitar Rp 150,- sampai Rp 200,- per kilogram es *tube* yang dibuat. Untuk itu, berdasarkan pada masalah tersebut diatas, akan dibuat mesin es *tube* skala rumahan sekaligus dapat diuji apakah biaya produksinya lebih tinggi atau lebih rendah dari biaya produksi pada mesin es *tube* skala industri tersebut. Jika memang mesin es *tube* skala rumahan ini memiliki biaya yang murah dalam pembuatan dan biaya operasionalnya,

maka kedepannya mesin es *tube* ini akan dapat diperbanyak untuk di pasarkan kepada warung – warung makan yang ada di wilayah lokal agar dapat mengimbangi kebutuhan es *tube* yang terus meningkat di masyarakat luas.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan awal yang akan dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah terlebih dahulu membuat desain (rancangan) dari Mesin *Ice Tube* yang akan dibuat. Adapun rancangan dari Mesin *Ice Tube* sebagai objek penelitian tersebut adalah seperti pada gambar berikut ini.

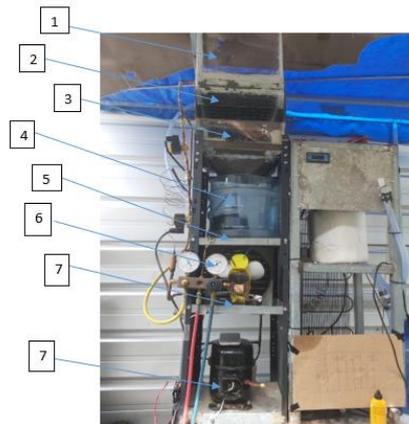


Gambar 2. Desain mesin es *tube* skala kecil

Keterangan :

- | | |
|------------------|------------------------|
| 1. Kompresor | 6. Penampung air |
| 2. Oli separator | 7. <i>Sprayer</i> |
| 3. Kondensator | 8. <i>Filter dryer</i> |
| 4. Pompa | 9. katup ekspansi |
| 5. Evaporator | |

Rancangan ini menggunakan sistem kompresi uap dengan kompresor sebagai jantung sistem yang akan mengalirkan *refrigerant*. *Refrigerant* yang digunakan pada mesin *ice tube* ini menggunakan tipe R22. Evaporator sebagai pencetak es terbuat dari bahan stainless *food grade* berukuran 30x30 dengan tebal plat 1 mili terdapat 64 lubang sebagai cetakan es berukuran 1 in dan tebal 1 mili, sedangkan kabin terbuat dari kaca akrilik dengan tebal 1 mili 30x30 dengan tinggi 20 cm, diatas kabin terdapat penutup yang telah dipasang 4 *splinkler* sebagai alat untuk penyemprot air keseluruh evaporator, di bawah evaporator terdapat wadah sebagai tempat es ketika dipanen, terdapat lubang lubang kecil pada bagian samping depan sebagai pembuangan air yang disirkulasikan, pada bagian bawah kabin dibentuk mengerucut dengan bahan armaflek agar air yang disirkulasikan dari atas bisa langsung kembali ketempat penampungan tanpa berceceran kemana-mana. Cara kerja pada mesin tersebut yaitu air yang terdapat pada penampungan akan disirkulasikan dengan pompa sebagai penyedot air, air tersebut naik dan bersirkulasi melalu selang selang, *splinker* air sebagi penyemprot yang akan melewati seluruh bagian evaporator, air akan kembali ke bagian penampungan. proses tersebut akan terus bersirkulasi selama terbentuknya es pada evaporator. Adapun alat uji Mesin *ice tube* yang telah selesai dibuat tersebut dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Mesin es *tube* yang telah selesai buat

Keterangan :

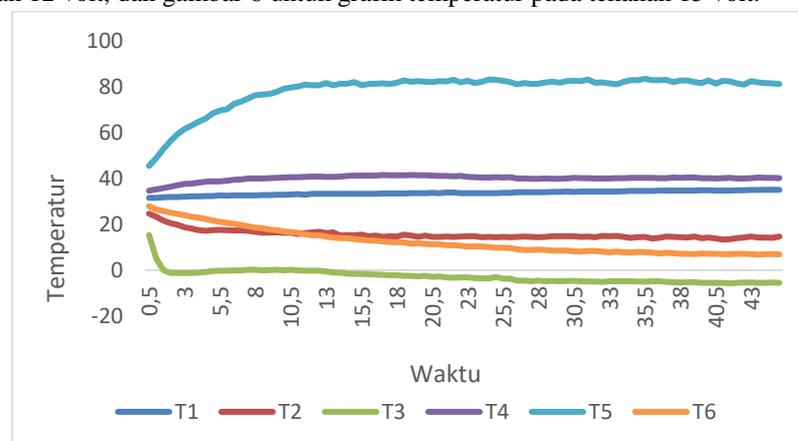
- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. Air <i>spray</i> | 5. Pompa air |
| 2. Evaporator | 6. <i>Pressure gauge</i> |
| 3. Penampung es kristal | 7. Kondensor |
| 4. Penampung air | 8. Kompresor |

Pengujian mesin *ice tube* tersebut dilakukan dengan beberapa tegangan pada pompa dengan waktu pengujian selama 45 menit dengan menggunakan temperatur awal yang sama yaitu 30 °C atau setara dengan temperatur lingkungan. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi debit air *spray* tegangan pompa 9, 12, dan 15 volt. Kondisi air sebelum disirkulasikan berada pada temperatur 30 °C. Pengujian ini dilakukan sebagai pembandingan dari awal disirkulasikan hingga menjadi es kristal sehingga dengan demikian potensi penurunan temperatur air hingga menjadi es pada masing-masing debit air *spray* dengan tegangan 9,12, dan 15 volt dapat diketahui berdasarkan kondisi awal sebelum diinginkan.

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur temperatur awal pada tampungan air yang akan disirkulasikan dengan temperatur maksimal 30°C atau setara temperatur lingkungan. Ada 6 titik ukur pada masing masing alat tersebut Hal ini dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur di dalam alat tersebut. Keenam titik ukur temperatur pada alat tersebut diberi simbol masing – masing adalah T1, T2, T3, T4, T5, dan T6. Selain itu juga terdapat energi meter pada alat tersebut untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang terpakai selama pengujian berlangsung untuk ketiga jenis variasi tegangan tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa data temperatur dan RH untuk masing – masing variasi tegangan tersebut. Untuk fluktuasi data temperatur pada setiap pengujian dapat dilihat pada gambar 4 hingga gambar 6 berikut. Gambar 4 merupakan grafik data temperatur pada tegangan 9 volt, gambar 5 untuk grafik temperatur pada tegangan 12 volt, dan gambar 6 untuk grafik temperatur pada tekanan 15 volt.

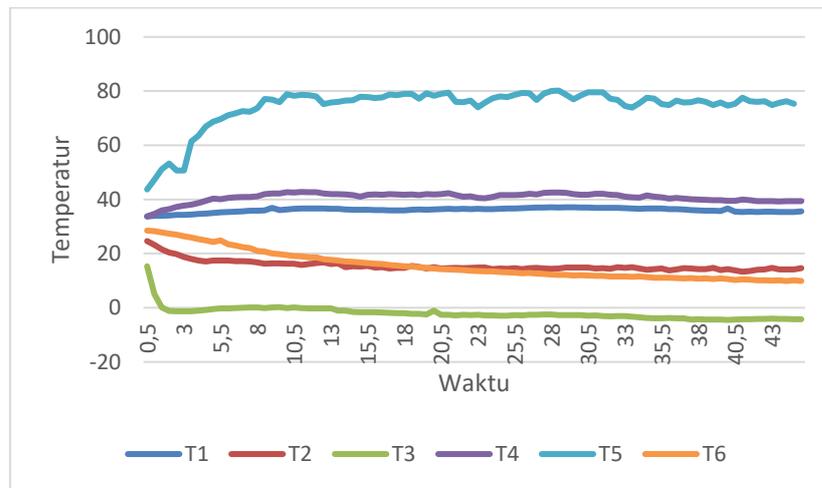


Gambar 4. Grafik temperatur hasil pengujian pada tegangan 9 volt

Keterangan grafik :

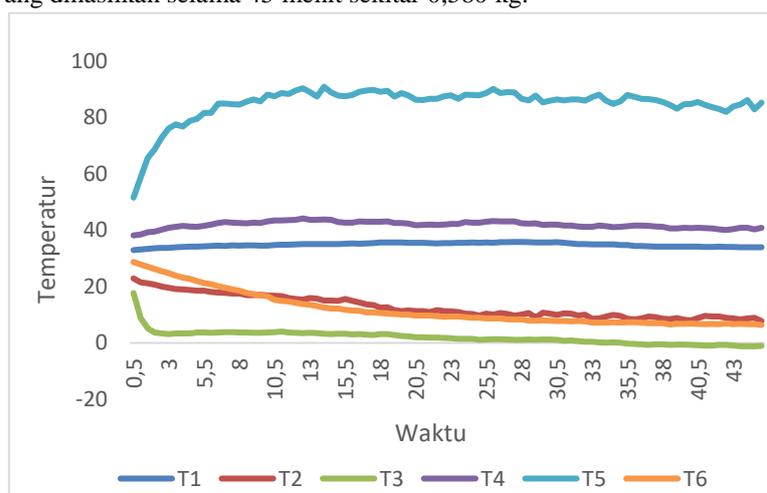
T1 = Temperatur lingkungan T4 = Temperatur out kondensor
 T2 = Temperatur out evaporator T5 = Temperatur in kondensor
 T3 = Temperatur in evaporator T6 = Temperatur air

Terlihat pada gambar 4 di atas, titik temperatur lingkungan nilainya semakin naik dan beberapa rentang waktu kemudian turun hal ini terjadi pada perubahan cuaca lingkungan yang tidak menentu, ketika disiang hari panas yang diakibatkan dari radiasi sinar matahari yang mengarah langsung ke mesin es *tube* yang dapat mengakibatkan temperatur lingkungan menjadi tinggi. Temperatur in evaporator pada tegangan 9 volt akan cepat mengalami penurunan temperatur hal ini disebabkan proses pada air *spray* sedikit demi sedikit, sehingga sirkulasi air melambat dan air dapat menempel di evaporator atau *freezing*. Kondisi ini sangat mempengaruhi banyaknya hasil es yang diperoleh dari mesin es *tube* ini. Pada pengujian grafik di atas (gambar 4) es yang dihasilkan selama 45 menit sekitar 0,700 kg.



Gambar 5. Grafik temperatur hasil pengujian pada tegangan 12 volt

Sedangkan pada gambar 5 di atas (data temperatur pada tegangan 12 volt) akan mengalami sedikit penurunan temperatur hal ini disebabkan proses pada air *spray* semakin cepat, sehingga sirkulasi air semakin cepat dan air akan cepat turun kepenampungan kembali. Kondisi ini mempengaruhi banyaknya es yang dihasilkan. Pada pengujian grafik di atas (gambar 5) es yang dihasilkan selama 45 menit sekitar 0,580 kg.



Gambar 6. Grafik temperatur hasil pengujian pada tegangan 15 volt

Sedangkan pada gambar 6 diatas (data temperatur pada tegangan 15 volt), nilai temperatur pada evaporator mengalami penurunan yang lambat hal ini disebabkan pada proses air *spray* yang dihembuskan terlalu cepat, sirkulasi air terus mengalir sehingga air mudah terjatuh dan tidak menempel pada evaporator (*freezing*). Kondisi ini mempengaruhi kurang optimalnya proses kerja mesin es *tube* sehingga hasil es yang diperoleh sedikit. Pada pengujian grafik di atas (gambar 6) es yang dihasilkan selama 45 menit sekitar 0,370 kg.

Temperatur evaporator pada tegangan 9 volt (gambar 4), menunjukkan bahwa debit aliran *spray* ini merupakan tegangan yang sesuai untuk mesin es *tube* ini, bila dibandingkan dengan debit aliran *spray* pada tegangan 12 volt (gambar 5) dan 15 volt (gambar 6). Namun, pada tegangan 9 volt merupakan data yang efisien pada ketiga data ini. Hal ini dapat dilihat dari temperatur evaporator yang paling rendah dan hasil panen es yang lebih banyak.

Selain dalam bentuk grafik, analisa lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui efektivitas dari mesin es *tube* tersebut terutama dilihat dari segi operasionalnya yang dapat menjadi pertimbangan bagi penjual es *tube* atau es batu kristal. Hasil olah data tersebut dirangkum dalam bentuk tabel. Tabel 1 berikut ini merupakan *resume* dari sekian banyak data temperatur yang telah diukur tersebut pada tabel berikut ini.

Tabel 1. *Resume* Data Hasil Pengukuran

No	Parameter data	Tegangan Uji		
		9 volt	12 volt	15 volt
1	Waktu pengujian (menit)	45	45	45
2	Temp. rata-rata lingkungan (°C)	35	36	35
3	Temp. Evaporator (°C)	-5,5	-4,25	-1,06
4	Temp. Kondensor (°C)	46	43	39
5	Efek refrigerasi (kJ/kg)	145	150	156
6	Kerja kompresi (kJ/kg)	37	34	28
7	Efek kondensasi (kJ/kg)	182	184	184
8	COP Actual	3,91	4,41	5,57
9	COP Carnot	5,19	5,68	6,78
10	Effisiensi (%)	75	77	82
11	Laju aliran massa air (liter/m)	1,4	1,7	3,2
12	Jumlah panen es (kg)	0,700	0,580	0,370
13	Daya listrik terukur (Watt)	381,04	384,33	391,55
14	Pemakaian daya listrik (kWh)	0,2857	0,2882	0,2936
15	Biaya operasional per kilogram (Rp)	634,56	765,85	1223,07

Terlihat pada tabel 1 diatas, variasi debit aliran *spray* pada tegangan 9,12,dan 15 volt, dengan rata-rata temperatur lingkungan yang tidak stabil, hal ini disebabkan radiasi sinar matahari yang tidak menentu. Berdasarkan Tabel waktu pengujian 45 menit, pada tegangan 9 volt dengan debit aliran air sekitar 1,4 liter/menit temperatur evaporator mencapai -5,5°C dan temperatur kondensor 46°C dengan menghasilkan jumlah es 0,700 kg. Untuk tekanan 12 volt dengan debit aliran air sekitar 1,7 liter/menit temperatur evaporator mencapai -4,25°C dan temperatur kondensor 43°C dengan menghasilkan jumlah es 0,580 kg, dan untuk tekanan 15 volt dengan debit aliran air sekitar 3,2 liter/menit temperatur evaporator mencapai -1,06°C dan temperatur kondensor 39°C dengan menghasilkan jumlah es 0,370 kg. Pada ketiga tegangan, Hal ini menunjukkan semakin rendah debit aliran air maka temperatur evaporator dan temperatur kondensor akan menurun dan menghasilkan jumlah es yang lebih banyak.

Selain itu, pada tabel tersebut efisiensi mesin es *tube* memiliki nilai tertinggi pada tegangan 15 volt yaitu sebesar 82%. Sedangkan pada tegangan 12 volt dan 15 volt memiliki nilai efisiensi masing-masing sebesar 77% dan 75%. Hal ini berarti semakin tinggi tegangan uji mesin *ice tube* tersebut maka semakin tinggi juga nilai efisiensinya meskipun jumlah produksi es kristal (*ice tube*) makin sedikit. Sehingga dalam pengujian kali ini, variasi tegangan pompa 9V merupakan variasi yang paling optimal untuk dapat diterapkan pada mesin es krista tersebut. Namun demikian, mengingat temperatur evaporator yang dicapai pada variasi 9V dengan debit air 1,4 liter /menit ini masih

berada pada kisaran $-5,5^{\circ}\text{C}$ maka jika tegangan atau debitnya diperkecil lagi untuk mencapai temperatur -10°C maka kemungkinan produksi es nya akan lebih banyak lagi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Irawan (2019) tentang mesin es *cube*, dimana pada temperatur evaporator -10°C tersebut jumlah produksi es *cube* meningkat sekitar 30% jumlahnya dibandingkan dengan sebelumnya (Irawan, 2019).

Untuk pemakaian daya listrik pada penggunaan mesin es *tube* tersebut nilai tertingginya juga didapat pada uji tegangan 15 volt yaitu sekitar 0,2936 kWh/panen es. Sedangkan pada tegangan 9 volt dan 12 volt nilainya adalah 0,2857 kWh/panen dan 0,2882 kWh/panen. Dengan demikian, didapat biaya operasional perkilogram *ice tube* sebesar Rp. 634.56,- untuk tegangan 9 volt, Rp. 765.85,- untuk tegangan 12 volt, dan Rp. 1223.07,- untuk tegangan 15 volt. Biaya operasional pada ketiga variasi tegangan tersebut masih relative terjangkau untuk mesin es *tube* rumahan. Sehingga dapat diterapkan untuk masyarakat yang mempunyai usaha sebagai pendingin minuman dan makanan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pada perancangan, proses pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan tersebut, dapat diambil beberapa kesimpulan seperti berikut ini, yaitu :

- Tegangan untuk debit aliran air *spray* yang efektif untuk mesin *ice tube* yaitu tegangan 9 volt karena memiliki laju aliran 1,4 liter/menit dengan temperatur evaporator $-5,5^{\circ}\text{C}$ dan hasil produksi es terbanyak.
- Biaya operasional pada mesin *ice tube* masih relatif terjangkau Sehingga dapat diterapkan untuk masyarakat yang mempunyai usaha sebagai pendingin minuman dan makanan. Pada pengujian ketiga variasi tegangan tersebut dapat diketahui biaya operasional adalah sekitar Rp. 634.56-hingga Rp. 1223.07- per kilogramnya.
- Semakin tinggi tegangan yang digunakan mesin *ice tube* maka akan semakin naik efisiensi kinerja mesin tersebut, konsumsi energi listrik dan biaya operasional perkilogramnya akan semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- <https://www.klikmania.net/bisnis-es-batu-kristal/Tips Memulai Bisnis Es Batu kristal: Analisa Tempat, Jenis Mesin, Hingga Menentukan Target Pasar. by Syarif Sabirin>
- <https://blog.indonetwork.co.id/prospek-bisnis-dari-mesin-es-tube/> BY RAESINDY 25/10/2021
- <https://www.tptumetro.com/2020/08/perbandingan-elektrik-defrost-dengan.html> by Ahmad Wahyudi
- <https://www.grahamesin.com/mesin-es-tube.html>
- Holman, J.P (1994). Perpindahan Kalor, Edisi Keenam, Alih Bahasa Ir. E. Jasjfi, Msc, Erlangga, Jakarta: Penerbit Erlangga
- FI Irawan, RR Rafsanjani. OPTIMASI ALAT *ICE CUBE MAKER* KAPASITAS 60 KG. Jurnal PETRA | Volume 6, No.1, Januari-Juli 2019 | EISSN: 2654 – 508X. Politeknik Sekayu, Sekayu. Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *available online* : jurnal.polsky.ac.id