

Analisis Beban Pendinginan Produk Makanan Menggunakan Cold Box Mesin Pendingin LUCAS NULLE TYPE RCC₂

Topan Rombe Buntu¹, Frans P. Sappu², Benny L. Maluegha³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Sam Ratulangi 95115

Topanrombel@gmail.com

ABSTRACT

Refrigeration machines have become an important necessity in modern society's lifestyle. To optimize the use of a refrigeration machine, the cooling capacity of the refrigeration machine must conform to the heat load to be tackled.

This research was aimed at analysing the cooling loads of several food products, that are eggplants, cucumbers, tomatoes, and beer by using the cold box of Lucas Nulle Type RCC₂ refrigeration machine in Mechanical Engineering Laboratory of Sam Ratulangi University. The required data in this research were the mass and temperature of the food products, and also the electrical current. The value of each data was obtained from three time experiments where each experiment was conducted in 60 minutes.

Data analysis, then, resulted the cooling loads and required power of each food product, as follows: for eggplants, the cooling load is 62.91 kJ with power of 241.23 Watt; cucumbers, cooling load 41.55 kJ, power 243.10 Watt; tomatoes, cooling load 60,36 kJ, power 235,62 Watt; and beer, cooling load 18,21 kJ, power 231,88 Watt.

key word: cooling load, Refrigeration machines , LUCAS NULLE TYPE RCC₂

ABSTRAK

Mesin pendingin telah menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan masyarakat modern. Agar sebuah mesin pendingin dapat dimanfaatkan secara optimal, kapasitas pendinginan dari mesin pendingin itu harus sesuai dengan beban kalor yang diatasinya.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis beban pendinginan beberapa produk makanan yaitu terong, ketimun, tomat, dan bir dengan menggunakan cold box mesin pendingin Lucas Nulle Type RCC₂ di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah massa dan temperatur produk makanan tersebut, serta besar arus listrik yang dibutuhkan. Besarnya nilai dari masing-masing data tersebut diperoleh dari tiga kali percobaan dimana masing-masing percobaan dilakukan selama 60 menit.

Analisis data kemudian menghasilkan beban pendinginan dan kebutuhan daya dari masing-masing produk makanan tersebut, sebagai berikut: untuk sayur terong, beban pendinginannya 62,91 kJ dengan daya sebesar 241,23 Watt; ketimun, beban pendinginan 41,55 kJ dengan daya 243,1 Watt; tomat, beban pendinginannya 60,36 kJ dengan 235,62 Watt; dan minuman bir, beban pendinginan 18,21 kJ dengan daya 231,88 Watt.

Kata kunci : beban pendingin, mesin pendingin, LUCAS NULLE TYPE RCC₂

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini mesin pendingin atau mesin refrigerasi sudah menjadi bagian yang penting dalam sektor perindustrian. Penggunaan mesin pendingin dikenal luas dalam industri perhotelan, industri obat dan makanan, pembangkit listrik, pengawet dan lain sebagainya.

Mesin refrigeran untuk kebutuhan pengkondisian udara saat ini berkembang dengan pesatnya diikuti dengan desain yang lebih menarik sesuai kebutuhan industri. Dalam masyarakat luas mesin pendingin seperti (*cold storage*), *freezer* dan kulkas digunakan untuk menjaga dan mempertahankan kondisi suatu produk dalam keadaan yang baik seperti pada keadaan semula.

Seperti halnya dengan penjual makanan dan buah-buahan ditoko-toko dan di pasar tradisional ataupun di pasar modern, penggunaan mesin pendingin dimaksudkan agar proses pembusukan produk makanan dan buah berlangsung lebih panjang. Dengan demikian dapat dihindari kerugian pada pihak penjual.

Penggunaan dan pemilihan mesin pendingin yang sesuai akan membantu menjaga kesegaran buah tersebut, mulai dari kapasitas hingga kualitas lemari pendingin dalam kaitannya daya energi listrik yang dibutuhkan dan terbuat dari apakah lemari pendingin itu. Mutu dari bahan juga mempengaruhi dalam penyimpanan dingin, suhu penyimpanan, perlakuan pra-pendinginan, sirkulasi udara dan cara penumpukan bahan adalah beberapa faktor yang sangat berpengaruh.

1.2 Rumusan Masalah

Pemilihan dan penggunaan mesin pendingin yang sesuai sangatlah berperan dalam proses pendinginan untuk menjaga produk dalam keadaan baik. Untuk itu hal yang perlu diketahui adalah berapakah beban pendinginan pada buah tomat, ketimun, sayur terong dan minuman bir?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk memperoleh beban pendinginan pada buah tomat, ketimun, sayur terong, dan minuman bir.

1.4 Pembatasan Masalah

Penulisan ini perlu adanya pembatasan masalah, antara lain:

1. Penelitian ini menggunakan mesin pendingin yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi sebagai alat bantu pengujian.
2. Proses pendinginan hanya dilakukan pada buah tomat, ketimun, sayur terong, dan minuman bir.
3. Data yang dipergunakan berdasarkan pengukuran yang dilakukan serta dilengkapi dengan literatur yang tersedia.
4. Perhitungan beban pendingin hanya dilakukan pada buah tomat, ketimun, sayur terong, dan minuman bir.
5. Tegangan dan faktor daya yang digunakan berdasarkan dari PLN 220 volt, 0,85.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui beban pendingin dari buah tomat, ketimun, sayur terong dan minuman bir.

- Untuk menambah pengetahuan penulis tentang penggunaan mesin pendingin dalam proses pendinginan dan pengawetan produk makanan dan minuman.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Mesin Pendingin

Mesin pendingin adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mendinginkan suatu ruangan dengan menggunakan fluida pendingin (refrigeran), atau peralatan yang berfungsi untuk memindahkan kalor dari suatu media.

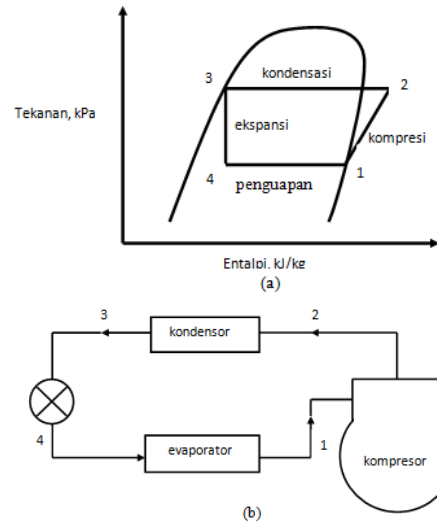
Prinsip kerja mesin pendingin adalah jika motor penggerak berputar maka akan memutar kompresor. Dengan berputarnya kompresor, suhu refrigeran maupun tekanannya akan naik. Hal ini disebabkan karena adanya proses kompresi, dimana molekul-molekul dari refrigeran bergerak lebih cepat. Gas dari refrigeran akan mengalir pada pipa-pipa kondensor menuju ke komponen mesin pendingin lainnya.

Pada bagian kondensor diusahakan adanya media pendinginan yang baik, sebab dengan adanya pendinginan yang baik pada bagian kondensor akan membantu memperlancar terjadinya proses kondensasi. Temperatur gas refrigeran akan turun sampai keseimbangan dicapai. Setelah terjadi keseimbangan proses kondensasi (pengembunan) gas refrigeran mengalir menelusuri saluran cairan tekanan tinggi menuju *refrigerant control* setelah melewati *drier strainer* (saringan).

2.2. Siklus Kompresi Uap Standar

Sistem pendingin merupakan suatu sistem di mana terjadi proses

daur kompresi uap standar, seperti ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 2.1 (a). Siklus kompresi uap standar dalam tekanan dan entalpi, (b). Diagram aliran

Proses daur kompresi uap standar yang ditunjukkan dalam gambar 2.1 diuraikan sebagai berikut:

Proses 1-2 adalah : Kompresi *isentropic* di sepanjang garis entropi konstan, mulai dari uap jenuh hingga tekanan pengembunan.

Proses 2 – 3 adalah : Merupakan penurunan panas lanjut dan pengembunan dengan tekanan tetap, yang merupakan garis lurus mendatar pada diagram tekanan entalpi,

Proses 3-4 adalah : Refrigeran dalam wujud cair jenuh mengalir melalui alat ekspansi. Refrigeran mengalami proses ekspansi pada entalpi konstan terjadi pada katup ekspansi. Selanjutnya refrigeran keluar dari katup ekspansi berwujud campuran uap – cair pada tekanan dan temperatur sama rendah. Proses 3 – 4 berlangsung pada entalpi konstan,

Proses 4-1 adalah : Proses pemasukan kalor secara isobarik

pada evaporator yang menyebabkan refrigeran menguap menjadi uap jenuh.

2.3 Komponen Mesin Pendingin

Mesin pendingin terdiri dari beberapa komponen dan memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses refrigerasi, dan terdapat empat komponen utama yaitu: kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi

2.3.1 Kompresor

Kompresor adalah unit mesin pendingin yang berfungsi untuk mensirkulasi refrigeran yang mengalir dalam unit mesin pendingin.

2.3.2 Kondensor

Kondensor mempunyai fungsi melepaskan panas yang diserap refrigeran di evaporator dan panas yang terjadi selama proses kompresi.

2.3.3 Katup Ekspansi

1. Katup Ekspansi Otomatik (*Automatic Expansion Valve*)

Katup ekspansi otomatis digunakan untuk mengatur jumlah refrigeran yang masuk pada evaporator dalam batas yang sama dengan kapasitas isap kompresor.

2. Katup Ekspansi Termostatik (*Thermostatic Expansion Valve*)

Katup ekspansi termostatik merupakan alat pengatur refrigeran yang paling banyak dipakai untuk sistem pendinginan. Katup ekspansi tersebut dapat mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dalam evaporator sesuai dengan beban evaporator yang maksimum pada

setiap keadaan beban evaporator yang berubah-ubah.

2.3.4 Evaporator

Evaporator adalah penukar kalor yang memegang peranan yang paling penting di dalam siklus pendinginan, yaitu mendinginkan media sekitarnya. Evaporator berfungsi untuk mendinginkan udara ruangan atau cairan.

2.4 Refrigeran

Refrigeran adalah suatu media (*fluida*) perambat panas yang menyerap panas dengan cara menguap pada temperatur dan tekanan rendah serta melepaskan panas dengan jalan mengembunkan pada temperatur yang dan tekanan yang tinggi.

2.5 Penerapan Pendinginan dan Pengkondisian udara

Salah satu langkah pertama dalam membuat perhitungan beban pendinginan adalah menentukan pada temperatur berapa produk atau ruangan harus dijaga dan pada batas temperatur berapa yang diharapkan. Batas temperatur digunakan untuk perencanaan berbagai tujuan tergantung dari keadaan negara yang ditempati.

Temperatur dari produk atau ruangan yang didinginkan sangat tergantung pada kondisi yang diinginkan. Dalam penggunaan mesin AC (*Air Conditioning*) temperatur yang paling umum adalah 80 °F (27 °C) dan kelembaban relatif 50 %. Perencanaan temperatur bola kering ini adalah sedikit lebih tinggi dari temperatur nyaman yang dirasakan untuk orang kebanyakan. Biasanya orang merasa nyaman pada batas temperatur 73 °F sampai 77 °F (23 °C sampai 25 °C) dan kelembaban relatif 25 % sampai 60 %. Produk makanan mempunyai

persyaratan tersendiri. Makanan beku biasanya disimpan pada batas temperatur antara 0 °F (– 18 °C) sampai – 10 °F (– 23 °C). Kondisi penyimpanan berbagai produk makanan bisa didapat pada tabel – tabel persyaratan penyimpanan makanan yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang misalnya ASHRAE.

2.6 Perhitungan Beban Pendingin

Beban pendinginan yang mungkin diberikan produk adalah :

- (1) Menurunkan temperatur
- (2) Kondensasi uap air produk
- (3) Pembekuan cairan
- (4) Mengeluarkan panas dari reaksi bila sebuah proses kimia sedang bekerja

Panas yang harus dipindahkan untuk menurunkan temperatur dari produk dari T_1 ke T_2 adalah

$$\dot{Q} = \dot{m} \int_{T_2}^{T_1} c dt \dots\dots\dots 2.1$$

dimana :

- \dot{Q} = kapasitas panas (btu/hr)
- \dot{m} = massa produk (lb/hr)
- c = panas spesifik (Btu/(lb)(°F)
- T = temperatur produk (°F)

2.7 Perhitungan Daya

2.7.1 Pengertian Daya

Daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP), *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt atau lbft/second. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian

arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Daya terbagi atas beberapa jenis diantaranya:

a. Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain – lain. Daya aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$P=V.I\cos\phi \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

- P = Daya (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- $\cos \phi$ = Faktor daya

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu TL dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah VAR. Daya Reaktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Q = V.I \sin\phi. \dots\dots\dots 2.4$$

c. Daya Semu

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.

2.8 Penyimpanan Bahan Pangan Suhu Rendah (Pendinginan Dan Pembekuan)

2.8.1 Prinsip dasar penyimpanan pada suhu rendah :

1. Menghambat pertumbuhan mikroba
2. Menghambat reaksi-reaksi enzimatis, kimiawi dan biokimiawi

Penyimpanan pada suhu rendah dapat menghambat kerusakan makanan, antara lain kerusakan fisiologis, kerusakan enzimatis maupun kerusakan mikrobiologis. Pada pengawetan dengan suhu rendah dibedakan antara pendinginan dan pembekuan. Pendinginan dan pembekuan merupakan salah satu cara pengawetan yang tertua.

Pendinginan atau refrigerasi ialah penyimpanan dengan suhu rata-rata yang digunakan masih di atas titik beku bahan. Kisaran suhu yang digunakan biasanya antara -1°C sampai $+4^{\circ}\text{C}$. Pada suhu tersebut, pertumbuhan bakteri dan proses biokimia akan terhambat. Pendinginan biasanya akan mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau beberapa minggu, tergantung kepada jenis bahan pangannya. Pendinginan yang biasa dilakukan di rumah-rumah tangga adalah dalam lemari es yang mempunyai suhu -2°C sampai $+16^{\circ}\text{C}$.

Pembekuan atau freezing ialah penyimpanan di bawah titik beku bahan, jadi bahan disimpan dalam keadaan beku. Pembekuan yang baik dapat dilakukan pada suhu kira-kira -17°C atau lebih rendah lagi. Pada suhu ini pertumbuhan bakteri sama sekali berhenti. Pembekuan yang baik biasanya

dilakukan pada suhu antara -12°C sampai -24°C . Dengan pembekuan, bahan akan tahan sampai beberapa bulan, bahkan kadang-kadang beberapa tahun.

Perbedaan antara pendinginan dan pembekuan juga ada hubungannya dengan aktivitas mikroba yaitu:

- a. Sebagian besar organisme perusak tumbuh cepat pada suhu di atas 10°C
- b. Beberapa jenis organisme pembentuk racun masih dapat hidup pada suhu kira-kira $3,3^{\circ}\text{C}$
- c. Organisme psikrofilik tumbuh lambat pada suhu $4,4^{\circ}\text{C}$ sampai $-9,4^{\circ}\text{C}$

Organisme ini tidak menyebabkan keracunan atau menimbulkan penyakit pada suhu tersebut, tetapi pada suhu lebih rendah dari $-4,0^{\circ}\text{C}$ akan menyebabkan kerusakan pada makanan. Jumlah mikroba yang terdapat pada produk yang didinginkan atau yang dibekukan sangat tergantung kepada penanganan atau perlakuan-perlakuan yang diberikan sebelum produk itu didinginkan atau dibekukan, karena pada kenyataannya mikroba banyak berasal dari bahan mentah/ bahan baku.

Setiap bahan pangan yang akan didinginkan atau dibekukan perlu mendapat perlakuan-perlakuan pendahuluan seperti pembersihan, blansing, atau sterilisasi, sehingga mikroba yang terdapat dalam bahan dapat sedikit berkurang atau terganggu keseimbangan metabolisemenya. Pada umumnya proses-proses metabolisme (transpirasi atau penguapan, respirasi

atau pernafasan, dan pembentukan tunas) dari bahan nabati seperti sayur-sayuran dan buah-buahan atau dari bahan hewani akan berlangsung terus meskipun bahan-bahan tersebut telah dipanen ataupun hewan telah disembelih. Proses metabolisme ini terus berlangsung sampai bahan menjadi mati dan akhirnya membusuk. Suhu dimana proses metabolisme ini berlangsung dengan sempurna disebut sebagai suhu optimum.

Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan makanan tidak dapat mematikan bakteri, sehingga pada waktu bahan beku dikeluarkan dan dibiarkan hingga mencair kembali, maka pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba dapat berlangsung dengan cepat. Penyimpanan dingin dapat menyebabkan kehilangan bau dan rasa beberapa bahan bila disimpan berdekatan. Misalnya : Mentega dan susu akan menyerap bau ikan dan bau buah-buahan, Telur akan menyerap bau bawang.

2.8.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pendinginan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pendinginan yaitu : Suhu, Kualitas bahan mentah, Sebaiknya bahan yang akan disimpan mempunyai kualitas yang baik, berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi,

- a. Perlakuan pendahuluan yang tepat
Misalnya, pembersihan/pencucian atau blansing.
- b. Kelembaban
Umumnya RH dalam pendinginan sekitar 80 – 95 %. Sayur-sayuran disimpan dalam

pendinginan dengan RH 90 – 95 %

- c. Aliran udara yang optimum
Distribusi udara yang baik menghasilkan suhu yang merata di seluruh tempat pendinginan, sehingga dapat mencegah pengumpulan uap air setempat (lokal).

2.8.3 Pengaruh Pendinginan Terhadap Makanan :

1. Penurunan suhu mengakibatkan penurunan proses kimia, mikrobiologi, dan biokimia yang berhubungan dengan kelayuan, kerusakan, pembusukan, dll.
2. Pada suhu kurang dari 0 °C, air akan membeku kemudian terpisah dari larutan dan membentuk es. Jika kristal es yang terbentuk besar dan tajam akan merusak tekstur dan sifat pangan, tetapi di lain pihak kristal es yang besar dan tajam juga bermanfaat untuk mereduksi atau mengurangi mikroba jumlah mikroba.

Pembentukan kristal es menjadi bagian penting dalam mekanisme pengawetan dengan pembekuan. Sebuah kristal es yang terbentuk misalnya, dapat menarik seluruh air bebas dalam sel bakteri. Kristal-kristal ekstra seluler dapat menyebabkan pembekuan isi sel melalui perforasi. Tanpa kristal es ekstra seluler, sel masih bisa bertahan (belum membeku) pada suhu – 25 °C, tetapi jika terdapat kristal es tersebut sel membeku pada – 5 °C.

2.8.4 Proses Pembekuan yang Terjadi pada Makanan

Perubahan bahan sampai membeku tidak terjadi sekaligus dari cairan ke padatan. Contohnya sebotol

susu yang disimpan pada ruang pembeku (*freezer*), maka cairan yang paling dekat dengan dinding botol akan membeku lebih dahulu. Kristal yang terjadi mula-mula ialah air murni (H₂O). Ketika air terus berkristal, susu menjadi lebih pekat terutama pada komponen protein, lemak, laktosa, dan mineral. Pekatan ini akan berkristal secara perlahan-lahan sebanding dengan proses pembekuan yang berlangsung pada makanan.

Pada proses pembekuan Mula-mula terjadi pembentukan kristal es yang biasanya berlangsung cepat pada suhu dibawah 0°C. Kemudian diikuti proses pembesaran dari kristal-kristal es yang berlangsung cepat pada suhu - 2°C sampai -7°C. Pada suhu yang lebih rendah lagi, maka pembesaran kristal-kristal es dihambat karena kecepatan pembentukan kristal es meningkat.

Pembekuan menyebabkan terjadinya :

- a. perubahan tekstur
- b. pecahnya emulsi lemak
- c. perubahan fisik dan kimia dari bahan

Perubahan yang terjadi tergantung dari komposisi makanan sebelum dibekukan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin UNSRAT dan waktu penelitian dilakukan sekitar bulan Juli sampai September 2016

3.2 Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa jenis makanan seperti buah tomat, ketimun, sayur terong, dan minuman bir.

3.2.2 Peralatan

Penelitian ini menggunakan mesin pendingin *LUCAS NULLE TYPE RCC2* yang berada di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat.



Gambar 3.1. Mesin Pendingin *LUCAS NULLE TYPE RCC2*

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Awal

- a. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu buah tomat, ketimun, sayur terong dan minuman bir. Bahan makanan yang akan diuji tidak cacat.
- b. Selanjutnya, peralatan yang akan digunakan yaitu mesin pendingin *LUCAS NULLE TYPE RCC2* dipersiapkan.

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan secara sistematis dan teratur dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

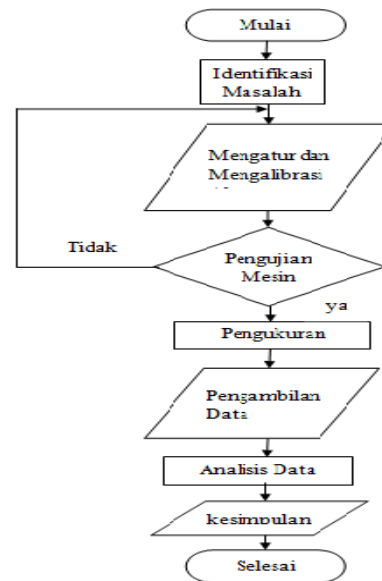
1. Tahap identifikasi masalah
Pada tahapan ini bahan makanan yang akan diuji beban pendinginannya dipersiapkan.
2. Tahap mengatur dan kalibrasi alat

Pada tahapan ini kita melakukan kalibrasi alat penelitian mulai dari pemeriksaan refrigeran pada mesin pendingin, dan alat ukur yang akan digunakan.

3. Tahap pengujian mesin
Tahap ini merupakan tahap pengujian mesin pendingin untuk memastikan kondisi mesin dalam keadaan baik untuk dipakai dalam penelitian.
4. Tahap pengukuran
Setelah pengujian mesin dilakukan, selanjutnya dilaksanakan pengukuran terhadap bahan penelitian sebelum dimasukkan ke dalam *cold box* yaitu pengukuran massa dan temperatur awal dari bahan tersebut.
5. Tahap pengambilan data
Pengambilan data dilakukan secara bergantian pada masing-masing produk. Produk makanan tersebut dimasukkan ke dalam *cold storage* kemudian dilakukan pengukuran tekanan, suhu produk, suhu ruangan *coldbox*, dan arus listrik setiap selang lima menit sebanyak 13 kali pada masing-masing produk yakni sayur terong, buah ketimun, buah tomat, minuman bir
6. Analisis
Data yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung beban pendingin dan daya pada masing-masing bahan.
7. Kesimpulan.

3.1

Diagram Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Data

Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi selama kurang lebih tiga bulan pengambilan data maka menghasilkan data percobaan sebagai berikut :

Tabel L5.1. Percobaan Sayur Terong

No	Waktu t (menit)	Percobaan I		Percobaan II		Percobaan III	
		Tb T(°C)	Arus (Ampere)	Tb T(°C)	Arus I (Ampere)	Tb T(°C)	Arus I (Ampere)
1	0	30,4	1,3	28,1	1,29	29,6	1,29
2	5	29,9	1,33	27,8	1,3	28,8	1,32
3	10	28,5	1,32	26,5	1,31	27,4	1,3
4	15	26,5	1,3	24,8	1,29	25,3	1,3
5	20	24,7	1,3	23,1	1,29	23,3	1,29
6	25	22,9	1,3	21,5	1,29	21,3	1,28
7	30	21,3	1,28	20	1,28	19,5	1,28
8	35	19,7	1,28	18,6	1,27	18	1,28
9	40	18,4	1,28	17,3	1,27	17,1	1,28
10	45	17,2	1,27	16,1	1,27	15,3	1,28
11	50	16,1	1,27	15	1,26	14,1	1,28
12	55	15,2	1,27	14,1	1,26	13,1	1,27
13	60	14,4	1,27	13,3	1,25	12,5	1,27

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung Jumlah rata-rata arus dari data hasil pengamatan Tabel 5.1. sampai Tabel 5.4, perhitungan rata-rata arus menggunakan rumus:

$$\bar{I} = \frac{\sum I}{n} \dots\dots\dots 4.1$$

Dimana:

\bar{I} = rata-rata arus

Σi = jumlah arus
 n = banyak percobaan yang dilakukan

Dari persamaan di atas dalam dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\bar{I} = \frac{16,73}{13}$$

$$\bar{I} = 1,29 \text{ Ampere}$$

Setelah mendapatkan nilai arus maka dilanjutkan ke perhitungan daya (watt) dengan menggunakan rumus :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos phi} \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :
 P = daya (watt)
 V = tegangan listrik (volt)
 I = arus (ampere)
 Cos phi = power faktor dari motor listrik,

Dari persamaan berikut dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$P = 220 \text{ volt} \times 1,29 \text{ ampere} \times 0,85$$

$$= 241,23 \text{ watt}$$

Sedangkan untuk temperatur

Dimana :
 ΔT = Perubahan suhu untuk terong ($^{\circ}\text{C}$)

Diperoleh :

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

$$= 30,4 - 14,4 = 16^{\circ}\text{C}$$

Setelah mendapatkan nilai rata-rata dari temperatur, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan beban pendingin pada produk percobaan dengan menggunakan rumus:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots 4.3$$

Dimana :
 Q = beban kalor buah, kJ
 m = massa dari buah, kg
 C_p = panas jenis, kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$

ΔT = perubahan suhu, $^{\circ}\text{C}$

4.2. Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan perhitungan yang dilakukan peneliti selama kurang lebih tiga bulan di laboratorium teknik mesin unstrat yang dimana data yang diambil selama 60 menit pada masing-masing produk sebanyak tiga kali pada masing-masing produk, dengan mengumpulkan data temperatur buah, arus, temperatur lingkungan dan tekanan refrigeran yang dimana nilai dari data yang di ambil untuk mendapatkan nilai beban pendinginan produk makanan, dan dapat kita lihat hasil dari perhitungan beban pendinginan dengan menggunakan rumus 4.3,

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

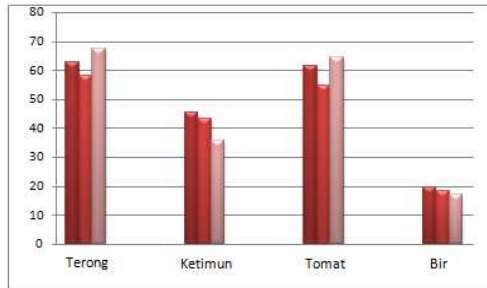
$$Q = 1 \text{ kg} \times 3,94 \text{ kJ/kg.}^{\circ}\text{C} \times 16^{\circ}\text{C}$$

$$= 63,04 \text{ kJ}$$

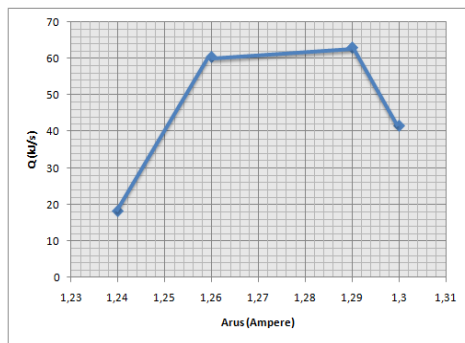
maka nilai beban pendinginan pada masing masing produk dapat kita lihat pada tabel 4.1 berikut ini,

Percobaan	Media	I (ampere)	\bar{I} (ampere)	m (kg)	C_p (kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$)	V (volt)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Q (kJ)	\bar{Q} (kJ)	P (watt)
I	Terong	1,29	1,29	1	3,94	220	16,00	63,04	62,91	241,23
II		1,28					14,80	58,31		
III		1,29					17,10	67,37		
I	Ketimun	1,28	1,30	1	4,1	220	11,10	45,51	41,55	243,1
II		1,29					10,60	43,46		
III		1,33					8,7	35,67		
I	Tomat	1,28	1,26	1	3,98	220	15,50	61,69	60,36	235,62
II		1,27					13,80	54,92		
III		1,24					16,20	64,48		
I	Bir	1,26	1,24	0,33	3,85	220	15,40	19,57	18,21	231,88
II		1,23					14,30	18,17		
III		1,24					13,30	16,90		

Setelah mendapatkan nilai beban pendinginannya dapat dibuat grafik untuk melihat statistik nilai pendinginan pada tiga kali percobaan pada gambar 4.1. dibawah ini,



Gambar 4.1. Grafik Nilai Beban Pendinginan



Gambar 4.2. Hubungan Q dan I

Maka Gambar 4.1. menunjukkan hasil dari pengolahan data pada masing-masing produk makanan, dimana nilai beban pendinginan untuk buah terong selama 3 kali percobaan adalah Q_1 adalah 63,04 kJ, Q_2 adalah 58,31 kJ, Q_3 adalah 67,37kJ, untuk buah ketimun Q_1 adalah 45,51 kJ, Q_2 adalah 43,46 kJ, Q_3 adalah 35,67 kJ, untuk buah tomat Q_1 adalah 61,69 kJ, Q_2 adalah 54,92 kJ, Q_3 adalah 64,48 kJ, dan untuk minuman bir Q_1 adalah 19,57 kJ, Q_2 adalah 18,17 kJ, Q_3 adalah 16,9 kJ. Gambar 4.2. menunjukkan grafik hubungan antara beban pendingin dan arus yang dimana I_1 adalah 1,29 amper, I_2 adalah 1,30 amper, I_3 adalah 1,26 amper, I_4 adalah 1,24 amper.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada beberapa

produk makanan seperti tomat, ketimun, terong dan minuman bir dengan menggunakan mesin pendingin *LUCAS NULLE TYPE RCC2* dan refrigeran R134a, maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Beban pendinginan dan daya untuk terong Q adalah 62,91 kJ, P adalah 241,23 watt
2. Beban pendinginan dan Daya untuk ketimun Q adalah 41,55 kJ, P adalah 243,1 watt
3. Beban pendinginan dan Daya untuk tomat, Q adalah 60,36 kJ, P adalah 235,62 watt
4. Beban pendinginan dan Daya untuk Bir dari Q adalah 18,21 kJ, P adalah 231,88 watt

5.2. Saran

1. Untuk lebih lanjut mahasiswa dapat melanjutkan penelitian mengenai efisiensi mesin pendingin *LUCAS NULLE Type RCC2*.
2. Saat akan pergantian freon, sebaiknya yang mahasiswa memperhatikan tata cara pergantian freon, jangan sampai freon terbuang-buang ke udara karena akan berdampak pada pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/teknik_pendingin/bab2/siklus_kompresi_uap_dalam_refrigerasi.pdf diakses pada hari jumat, 16 september 2016, 10:54
- Anonim.<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29137/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada hari kamis, 29 september 2016, 12:50

- Anonim.<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33678/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada hari Kamis, 29 September 2016, 13:55
- Anonim.<http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/105/jtptunimus-gdl-muhlasinc2-5218-2-bab2.pdf> diakses pada hari Kamis, 29 September 2016, 14:01
- Anonim.<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18229/3/Chapter%20II.pdf> diakses pada hari Kamis, 29 September 2016, 14:03
- Anonim.<https://wisuda.unud.ac.id/pdf/1219351005-3-BAB%20II.pdf> diakses pada hari Senin, 3 Oktober 2016, 12:39
- Anonim.<https://lordbroken.wordpress.com/2011/10/01/penyimpanan-bahan-pangan-suhu-rendah-pendinginan-pembekuan/> diakses pada hari Jumat, 13 Januari 2017, 13:05
- Anonim.http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html, diakses pada hari Senin, 16 Januari 2017, 00:57
- Luntungan, H. 2014. Mesin Pendingin dan Pemanas. Bahan Ajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Sitinjak, Y.D. 2013. Laju Pendinginan Pada Mesin Pendingin Menggunakan R-12 Dan Mc-12
- Silalahi, S.M. 2010. Komparasi Produksi Kondensat Pada Mesin Pendingin Unit SN 1016 – 10149011 Menggunakan Refrigeran R12 Dengan MC12
- Stoecker, W.F. 1980. *Refrigeration and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. New Delhi
- A.R. Trott and T. Welch. 2000. *Refrigeration and Air-Condition*. Third edition by Butterworth-Heinemann
- Yasin, Muhammad. 2013. Perancangan Cos Phi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega16
- LUCAS-NULLE LABSOFT. *Refrigeration technology*.