

Analisis Unjuk Kerja Pada Lemari Pendingin Jenazah dengan Refrigeran R134a

Norman Iskandar^a *, Khoirul Anwar^a

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH – Tembalang, Semarang 50275 Telp. (024) 7460059

*E-mail: norman.undip@gmail.com

Abstract

The higher the mobility and distribution of the population throughout the world, so when a family member dies, it is possible to postpone the burial or cremation to wait for relatives who live far outside the city or abroad. Especially with the current Covid-19 outbreak, where in some countries bodies waiting for the funeral and cremation processes are longer than normal conditions. Preservation of the human body is one of the techniques used to prevent the human body from being damaged and eventually decomposing. Previously, the preservation of the human body used more formalin. Preservation using formaldehyde gives side effects to the person who is preserving it, so that the mortuary freezer was developed. In this study the authors tested the mortuary freezer. Tests to determine the coefficient of performance (COP) of a 2-door mortuary freezer that uses R134a refrigerant as the working fluid. Testing is carried out based on references to national and international medical device authorities by taking sample data in the first two hours of testing. From the test results, the COP change from the first door reaches a maximum value of 19 in the 40th minute while at the second door the maximum value is COP 16.8 in the 110th minute. The COP of the first door is more stable than the second door.

Keywords: Covid-19, COP, mortuary freezer, refrigerant R134a

Abstrak

Semakin tingginya mobilitas dan persebaran penduduk ke seluruh dunia, maka ketika terjadi kematian terhadap salah seorang anggota keluarga ada kemungkinan perlunya dilakukan penundaan penguburan atau kremasi untuk menunggu kerabat yang berdomisili jauh di luar kota atau luar negeri. Apalagi dengan adanya wabah Covid-19 saat ini, dimana di beberapa negara jenazah menunggu untuk proses pemakaman dan kremasi lebih lama daripada kondisi normal. Pengawetan tubuh manusia merupakan teknik untuk memperlambat tubuh manusia tersebut mengalami kerusakan. Pengawetan tubuh manusia sebelumnya menggunakan formalin. penggunaan formalin memberikan efek samping kepada orang yang mengawetkan, sehingga kemudian dikembangkan *Mortuary Freezer* (lemari pendingin jenazah). Pada penelitian ini penulis melakukan pengujian terhadap *Mortuary Freezer* untuk mengetahui *coefficient of performance (COP)* atau koefisien unjuk kerja lemari pendingin mayat dua pintu yang menggunakan refrigeran R134a sebagai fluida kerja. Pengujian dilakukan berdasarkan referensi otoritas alat kesehatan nasional dan internasional dengan mengambil data sampel pada dua jam pertama pengujian. Dari Hasil Pengujian perubahan COP dari pintu pertama mencapai nilai maksimal 19 pada menit ke-40 sedangkan pada pintu kedua nilai maksimal COP 16,8 pada menit ke-110. COP pintu pertama lebih stabil dibandingkan pintu kedua.

Kata kunci: Covid-19, COP, lemari pendingin jenazah, refrigeran R134a

1. Pendahuluan

Semakin tingginya mobilitas dan penyebaran penduduk ke seluruh penjuru dunia, maka pada kematian salah seorang anggota keluarga ada kemungkinan perlunya dilakukan penundaan penguburan/kremasi untuk menunggu kerabat yang tinggal jauh di luar kota atau luar negeri. Kematian yang terjadi jauh dari tempat asalnya, terkadang perlu dilakukan pengangkutan jenazah dari satu tempat ke tempat lainnya. Kedua keadaan ini diperlukan pengawetan jenazah untuk mencegah pembusukan dan penyebaran kuman dari jenazah ke lingkungan [1]. Pengawetan tubuh manusia merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mencegah tubuh manusia tersebut mengalami kerusakan dan akhirnya membusuk. Pengawetan tubuh manusia pertama kali dimulai oleh budaya Mesir kuno yang dikenal sebagai mumifikasi. Selain budaya Mesir kuno, masih ada juga budaya di belahan dunia lainnya seperti di Amerika dan Asia yang melakukan pengawetan mayat seperti di Nevada, Amerika Utara [2]. Bukan hanya diluar negeri di Indonesia juga ada tradisi pengawetan mayat yang dilakukan oleh Suku Toraja di Sulawesi Selatan. Suku Toraja meyakini kematian adalah tonggak untuk mencapai kehidupan abadi yang paling agung sebelum menuju “punya”, yakni surga dalam istilah setempat. Selain itu merawat dan memuliakan jenazah kerabat juga dianggap dapat membawa berkah. Pengawetan mayat tidak hanya dilakukan untuk keyakinan dan pengangkutan ke suatu tempat, namun juga sebagai media pembelajaran. Dalam Pendidikan kedokteran,

ahli anatomi menggunakan tubuh manusia yang diawetkan untuk mengajar mahasiswa dengan memperlihatkan spesimen ataupun pembedahan yang dilakukan oleh mahasiswa itu sendiri. Pembedahan alat pendidikan mengungkapkan bahwa tubuh manusia memiliki sifat yang berbeda dan belum/tidak ada alternatif pengganti yang layak [1].

Tubuh manusia yang diawetkan digunakan di dunia medis sebagai media terpenting untuk pembelajaran materi anatomi oleh mahasiswa fakultas kedokteran. Bahan pengawet yang sering dipakai adalah formalin. Bahan pengawet ini mempertahankan bentuk tubuh supaya utuh dan terhindar dari kerusakan struktur tubuh. Formalin juga berfungsi untuk mencegah pengerasan berlebih, mencegah dari pengeringan akibat pengawetan dan melindungi dari timbulnya bakteri maupun jamur [3]. Masalah pada larutan pengawet adalah ditemukan adanya berbagai macam mikroorganisme pada rendaman larutan pengawet. Pada tahun 2011, di laboratorium anatomi fakultas kedokteran Universitas Srinakharinwirot di Thailand, menemukan adanya koloni jamur ini tumbuh dari jenis airborne fungi karena pintu masuk laboratorium anatomi tersebut dekat dengan aliran udara luar. Tujuh belas jamur teridentifikasi dengan dua jenis airborne fungi tidak dikenali. Lingkungan tertentu dapat mendorong pertumbuhan jamur pada larutan pengawet mayat [4]. Formalin jika tertelan dapat menyebabkan gastritis, inflamasi organ pencernaan lainnya, bahkan kematian. Pada penelitian dari International Agency for Research Cancer (IARC), menetapkan bahwa terdapat kemungkinan efek karsinogenik dari formaldehida pada manusia [5]. Pada penelitian para pekerja dibidang patologi, anatomi, kremasi mayat dan pekerja lain yang terpapar formaldehid dikatakan bahwa zat formaldehid dapat meningkatkan risiko terkenanya kanker otak, leukemia, kanker rongga hidung dan sinus paranasal serta kanker nasofaring [6].

Di zaman yang sudah maju pesat ini dengan perkembangan iptek yang berkembang pesat, perkembangan ilmu di bidang kedokteran pun ikut berkembang. Penelitian ini dilakukan untuk menguji Mortuary Freezer dua pintu dan mendapatkan nilai koefisien prestasi dari masing-masing pintu kemudian membandingkannya. Setelah dibandingkan diharapkan dapat dilakukan optimasi pada pendingin jenazah ini.

2. Material dan metode penelitian

Pengujian *Mortuary Freezer* dilakukan di laboratorium kalibrasi yang dimiliki oleh CV. Bartec Utama Mandiri. Pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup yang menggunakan sistem pendingin ruangan normal, dari hal tersebut ditentukan temperatur dan kelembapan ruangan menggunakan Digital Hygrometer. Temperatur ruangan didefinisikan sebesar 25°C +/- 5°C dan kelembapan relative 50%RH +/- 20%RH dengan voltase instalasi listrik medis 220V +/- 10%. Pengujian. Proses pengujian yang dilakukan sesuai dengan referensi dari pemerintah dan pihak terkait, referensi tersebut antara lain: (1) Permenkes RI No. 54 Tahun 2015 tentang Pengujian dan/atau Kalibrasi Alat Kesehatan; (2) SN IEC62253:2014, Pengujian Berkala dan Pengujian Setelah Perbaikan pada Peralatan Elektromedis; (3) KAN-G-01, Guide to the evaluation and expresseion of uncertainty in measurement, KAN, 2016; (4) AS 2853: Refrigerator – Temperatur Controlled Performance Testing and Grading.

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini diantaranya adalah *thermometer digital multi channel (Thermocouple Type T)*, *Electrical Safety Analyzer*, *Thermo hygrometer*, *Pressure Gauge*, *Data Logger*, *Refrigerant Flow Meter* dan Refrigerant R134a serta *Mortuary Freezer 2 Pintu*. Adapuns pesifikasi *mortuary freezer* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mortuary Freezer 2 pintu

No.	Specifiacion	Type
1	Construction	Stainless steel sheet (body) Polyurethane foam (Insulation)
2	Dimension (2 Doors)	2460mm x 810mm x 1310mm (P x L x T)
3	Single Chamber Size	1900mm x 570mm x 395mm (P x L x T)
4	Condensor	Germany EBM condenser fan
5	Compressor	2 units
6	Capillary Pipe	Alloy C12200/ASTM B280 0.25" x 0.76 mm x 15 m
7	Refrigerant	R134a
8	Power Supply	AC 220 V, 50/60 Hz
9	Features	LED Display, Alarm, Lock and Password Protection

2.2 Proses Pengujian dan Pengolahan Data Mortuary Freezer

Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini, yaitu untuk mencari nilai koefisien prestasi dari masing-masing pintu pada *mortuary freezer*, maka terlebih dahulu ditentukan bagian pintu 1 dan pintu 2. Gambar 1. dibawah ini menunjukkan pembagian pintu 1 dan pintu 2 dari *mortuary freezer* yang diuji.



Gambar 1. Penentuan Pintu 1 dan Pintu 2 Mortuary Freezer [7]

Setelah ditentukan bagian pintu 1 dan pintu 2 semua peralatan disusun sebagaimana referensi pengujian alat elektromedis. Pengujian dilakukan selama 16 jam. Hasil data logger yang dihasilkan adalah data setiap menit pengujian. Data yang diambil untuk dianalisis adalah data pengujian 2 jam pertama sebagai sampel. Data hasil pengujian yang didapatkan adalah temperature evaporator, tekanan pada posisi 2 keluar kompresor dan temperatur keluar dari kondensor. Dari data hasil pengujian tersebut digunakan untuk mencari data *properties* dari refriegran R134a yang digunakan saat pengujian. Data *properties* pengujian dicari menggunakan perangkat lunak komputer yang disebut REFPROP (*Reference Fluid Properties*). Kemudian dilakukan analisis terhadap kerja kompresor, kapasitas refrigerasi, dan *Coefficient of Performance* (COP).

3. Hasil dan Pembahasan

Selama pengujian data logger secara otomatis menyimpan data dari pengujian per menit. Setelah pengujian selesai dilakukan, data *logger* disambungkan ke perangkat komputer untuk melihat hasil pengujian. Pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini menunjukkan data hasil pengujian pada 2 jam pertama pengujian.

Tabel 2. Data Hasil Uji Pintu Satu

Waktu (Menit)	T.evap (°C)	P ₂ (bar)	T.excond (°C)
0	29	0,6	26
10	8,9	0,6	27
20	2,6	1	28
30	-0,7	1,4	28
40	-2,9	3,2	29
50	-4,6	5	30
60	-6,2	5,4	32
70	-7,5	6,1	34
80	-8,6	6,6	35
90	-9,5	7,1	38
100	-10,2	7,4	39
110	-10,8	7,7	42
120	-11,3	8,2	44

Tabel 3. Data Hasi Uji Pintu Dua

Waktu (menit)	T.evap (°C)	P ₂ (bar)	T.excond (°C)
0	27	0,6	26
10	2,1	1,0	28
20	-4,3	5,1	30
30	-6,7	5,6	32
40	-7,6	6,2	34
50	-7,6	6,6	35
60	-6,6	7,0	38
70	-5,1	7,0	39
80	-3,5	6,0	36
90	-2,1	4,0	34
100	-1,6	3,2	32
110	-0,8	2,0	31
120	0,2	1,0	29

3.1 Analisis Pada Pintu 1

Dari data Tabel 2 dicari data *properties* dari refrigeran R134a ada dua cara untuk mencari data *properties* yang pertama yaitu menggunakan tabel termodinamis dari literatur terkait dan yang kedua dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Pada penelitian ini, penulis menggunakan perangkat lunak komputer. Di bawah ini diperlihatkan data *properties* refrigeran data hasil uji pintu 1 pada Tabel 4.

Tabel 4. Data *Properties* R134a Pintu 1

No	h_1 (kJ/kg)	s_1 (kJ/kg.K)	h_{2s} (kJ/kg)	s_2 (kJ/kg.K)	h_2 (kJ/kg)	h_3 (kJ/kg)	s_3 (kJ/kg.K)	h_4 (kJ/kg)
1	263,00	0,904	218,00	0,921	195,836	85,75	0,321	85,75
2	252,50	0,914	222,00	0,933	206,978	86,83	0,326	86,83
3	248,60	0,918	227,60	0,936	217,257	88,61	0,330	88,61
4	247,00	0,912	234,46	0,932	228,284	88,61	0,330	88,61
5	245,20	0,919	250,48	0,919	253,081	89,83	0,335	89,83
6	243,50	0,922	259,34	0,922	267,142	91,49	0,340	91,49
7	243,00	0,923	262,88	0,923	272,672	94,39	0,349	94,39
8	242,51	0,923	265,00	0,923	276,077	97,31	0,358	97,31
9	242,40	0,924	266,30	0,924	278,072	98,75	0,360	98,75
10	242,00	0,925	273,94	0,925	289,672	103,21	0,377	103,21
11	241,94	0,927	275,42	0,927	291,910	104,98	0,381	104,98
12	241,80	0,920	272,90	0,920	288,218	109,19	0,396	109,19
13	241,50	0,920	271,25	0,920	285,903	112,22	0,405	112,22

Tabel 5. Hasil Kalkulasi Pintu 1

Waktu (menit)	W_c (kW)	Q_{in} (ton)	COP
0	4,030	3,013	2,639
10	2,731	2,816	3,639
20	1,881	2,720	5,104
30	1,123	2,693	8,463
40	0,473	2,641	19,716
50	1,419	2,584	6,430
60	1,780	2,526	5,008
70	2,014	2,468	4,326
80	2,140	2,442	4,027
90	2,860	2,359	2,911
100	2,998	2,328	2,741
110	2,785	2,254	2,857
120	2,664	2,198	2,912

Setelah didapatkan data *properties* dari refrigeran dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kerja kompresor, kapasitas refrigerasi dan koefisien prestasi mesin. Perhitungan dilakukan berdasarkan asumsi termodinamis yaitu: (1) Setiap komponen yang dianalisa bekerja sebagai control volume pada kondisi steady; (2) Tidak ada *pressure drop* melalui evaporator dan kondensor; (3) Kompresor beroperasi secara adiabatic dengan efisiensi 67%; (4) Massa alir yang diatur sebesar 0,06 kg/s; (5) Energi kinetik dan energi potensial diabaikan. Massa alir sebesar 0,06 kg/s diatur menggunakan refrigeran meter sedangkan efisiensi kompresor 67% didapatkan dari data spesifikasi kompresor yang digunakan perusahaan. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan siklus ideal yaitu dengan memperhitungkan efisiensi dari kompresor. Perhitungan dilakukan menggunakan Ms. Excel dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 5.

3.2 Analisis Pada Pintu 2

Data hasil pengujian pada Tabel 3 di atas digunakan untuk mencari nilai data *properties* seperti entalpi dan entropi, sehingga bisa di dapatkan nilai kerja kompresor, kapasitas refrigerasi dan koefisien prestasi. Dengan menggunakan perangkat lunak dan cara yang sama pada pintu 1 didapatkan data *properties* dari refrigeran R134a ditunjukkan pada

Tabel 6. dibawah ini.

Tabel 6. Data Properties R134a Pintu 2

No	h_1 (kJ/kg)	s_1 (kJ/kg.K)	h_{2s} (kJ/kg)	s_2 (kJ/kg.K)	h_2 (kJ/kg)	h_3 (kJ/kg)	s_3 (kJ/kg.K)	h_4 (kJ/kg)
1	252,50	0,9079	214,36	0,9188	195,57	85,75	0,3208	85,75
2	248,42	0,9182	226,42	0,9244	215,58	88,61	0,3302	88,61
3	244,26	0,9180	258,46	0,9236	265,45	91,49	0,3396	91,49
4	243,62	0,9223	260,72	0,9239	269,14	94,39	0,3490	94,39
5	242,88	0,9228	262,98	0,9246	272,88	97,31	0,3584	97,31
6	242,88	0,9312	266,89	0,9543	278,72	98,76	0,3611	98,76
7	243,74	0,9222	272,44	0,9476	286,58	103,21	0,3772	103,21
8	245,64	0,9234	273,68	0,9468	287,49	104,98	0,3814	104,98
9	245,48	0,9102	263,24	0,9204	271,99	100,25	0,3678	100,25
10	245,98	0,9212	256,35	0,9312	261,46	97,31	0,3584	97,31
11	246,11	0,9198	247,88	0,9402	248,75	94,39	0,3490	94,39
12	247,00	0,9201	240,89	0,9340	237,88	93,21	0,3408	93,21
13	248,34	0,9122	228,90	0,9212	219,33	89,92	0,3352	89,92

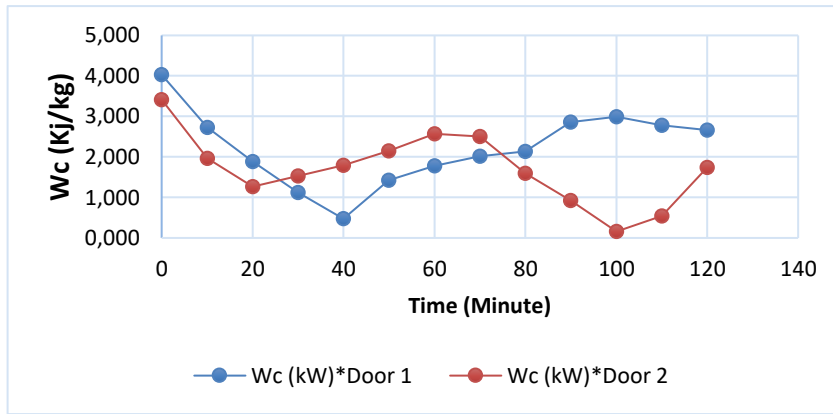
Tabel 7. Hasil Kalkulasi Pintu 2

Waktu (menit)	W_c (kW)	Q_{in} (ton)	COP
0	3,416	2,835	2,929
10	1,970	2,717	4,867
20	1,272	2,597	7,208
30	1,531	2,537	5,847
40	1,800	2,475	4,852
50	2,150	2,450	4,022
60	2,570	2,389	3,281
70	2,511	2,391	3,361
80	1,590	2,469	5,479
90	0,929	2,527	9,605
100	0,159	2,579	5,784
110	0,547	2,614	16,864
120	1,741	2,693	5,460

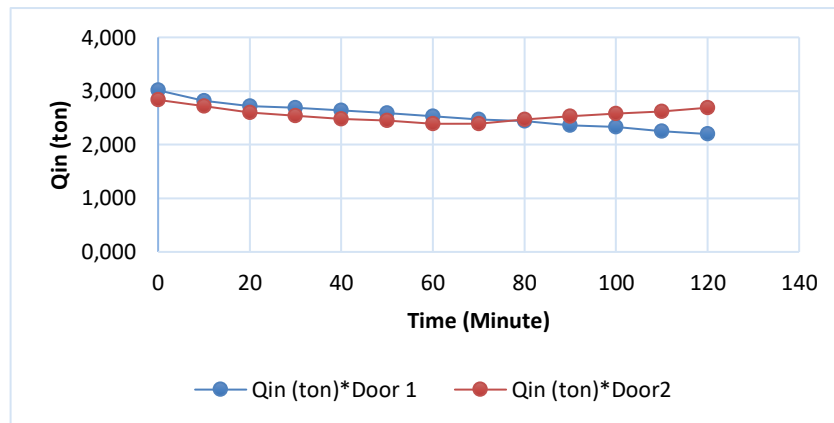
Sama hal nya proses yang dilakukan pada pintu 1, setelah data *properties* dari refrigeran di dapat, selanjutnya dilakukan analisis nilai kerja kompresor, kapasitas refrigerasi dan koefisien refrigerasi. Dengan menggunakan metode penghitungan dan asumsi yang sama hasil analisis ditabulasikan pada Tabel 7.

3.3 Komparasi Hasil Analisis Pintu 1 dan Pintu 2

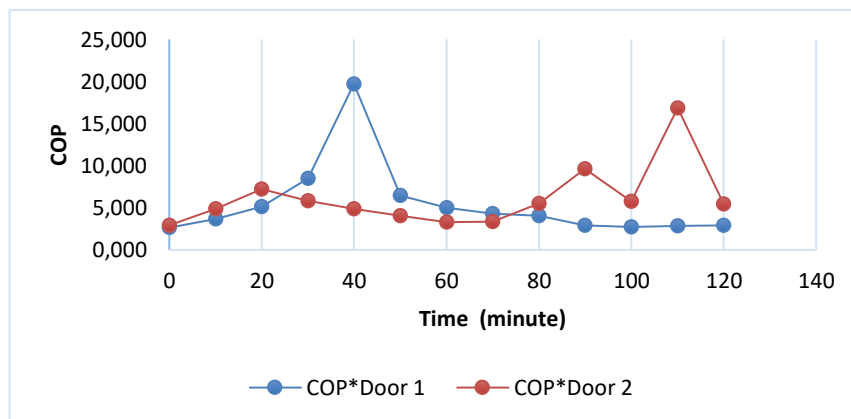
Komparasi atau membandingkan hasil analisis pintu 1 dan pintu 2 digunakan untuk membandingkan perbedaan nilai hasil analisis pada setiap pintu. Sehingga bisa dilakukan perbaikan terhadap kestabilan suhu pada setiap pintu bisa sama. *Mortuary freezer* yang tidak stabil tidak cukup mampu untuk membuat mayat atau jenazah tetap awet. Komparasi paling mudah untuk dipahami dengan memberikan visualisasi grafik antar kedua pintu. Komparasi dari kerja kompresor, kapasitas refrigerasi dan koefisien prestasi akan ditunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4 berikut ini.



Gambar 2. Grafik perbandingan kerja kompresor pintu 1 dan pintu 2.



Gambar 3. Grafik perbandingan kapasitas refrigerasi pintu 1 dan pintu 2.



Gambar 4. Grafik perbandingan COP pintu 1 dan pintu 2

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian mortuary freezer dua pintu yang dilakukan dihasilkan kesimpulan yaitu perubahan Coefficient of Performance (COP) terhadap waktu pada pintu 1 mengalami kenaikan mulai dari awal pengujian sampai menit ke 40 mencapai maksimal dengan nilai 19. Kemudian turun pada menit ke 50 dan mulai stabil ke menit selanjutnya. Perubahan Coefficient of Performance (COP) terhadap waktu pada pintu 2 sangat tidak stabil. Terjadi kenaikan dan penurunan yang signifikan pada COP pintu 2. Nilai maksimal COP yang terjadi adalah 16,8 dan Coefficient of Performance (COP) dari pintu 1 lebih stabil dibandingkan COP dari pintu 2 pada rentang 0-120 menit pengujian dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Mayer, R.G., 2014, "An introduction to the American society of embalmers," <http://www.amsocembalmers.org/html/intro.html>, diakses: 16 Maret 2020.
- [2] Nabil, S., 2016, "Perbedaan Penggunaan Formalin 10% dan Alkohol 70% Sebagai Bahan Pembalseman Pada Derajat Perubahan Posmortem Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan Galur Wistar Setelah 0-6 Jam Kematian," Fakultas Kedokteran, Universitas Hangtuah, Surabaya.
- [3] Coleman, 1998, "Cairan Pengawetan Kadaver Dengan Formalin," School of Molecular BioScience, Birmingham.
- [4] Universitas Srinakharinwirot Laboratory, 2011, "Airborne Fungi Growth on Formalin," Bangkok..
- [5] Abdollai, 2014, "Efek Karsinogenik dari Adelhida Pada Manusia," Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- [6] Cengel, A., Boles, M.A., 2006, "Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th ed," McGraw-Hill, North Carolina.
- [7] CV. Bartec Utama Mandiri, "Alat Kesehatan Morturay Freezer."