DESAIN SISTEM *COOL BODYBAG* UNTUK APLIKASI KANTONG JENAZAH PROSES *RESCUE*

ARIEL ERNEST LEIWAKABESSY
NRP. 04211740000029

PEMBIMBING:
SUTOPO PURWONO FITRI, S.T., M. ENG., PH.D.
DR. IR. AGOES SANTOSO, M. SC., M. PHIL.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2021

COOLING BODYBAG SYSTEM DESIGN FOR RESCUE PURPOSE

ARIEL ERNEST LEIWAKABESSY
NRP. 04211740000029

SUPERVISORS :
SUTOPO PURWONO FITRI, S.T., M.ENG., PH.D.
DR. IR. AGOES SANTOSO, M.SC., M.PHIL.

DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2021

"Dengan ini kami menyatakan bahwa kami telah membaca Tugas Akhir ini dan dalam penilaian kami Tugas Akhir ini cukup memadai dari segi ruang lingkup dan kualitas untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik."

Tanda Tangan : .....
Pembimbing I : Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP./NPP. 197510062002121003
Tanggal : 26 AGUSTUS 2021

Tanda Tangan : .....
Pembimbing II : Dr. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.
NIP./NPP. 196809281991021001
Tanggal : 26 AGUSTUS 2021

Disahkan oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:

Tanda Tangan : .....
Nama : Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D.
NIP./NPP. 197903192008011008
Tanggal : 26 AGUSTUS 2021

DESAIN SISTEM *COOL BODYBAG* UNTUK APLIKASI KANTONG JENAZAH PROSES *RESCUE*

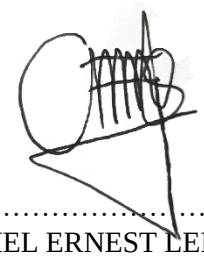
ARIEL ERNEST LEIWAKABESSY

Tugas Akhir diajukan untuk memenuhi
salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Agustus 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

“Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul *Desain Sistem Cool Bodybag Untuk Aplikasi Kantong Jenazah Proses Rescue* ini adalah hasil penelitian saya sendiri kecuali kutipan yang tercantum dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini belum diterima untuk gelar apapun dan tidak secara bersamaan diserahkan untuk pencalonan gelar lainnya.”



Tanda Tangan : ……..……
Nama : ARIEL ERNEST LEIWAKABESSY
NRP. : 04211740000029
Tanggal : 23 AGUSTUS 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGHARGAAN

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir yang berjudul "DESAIN SISTEM *COOL BODYBAG* UNTUK APLIKASI KANTONG JENAZAH PROSES *RESCUE*" ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Peneliti menyadari bahwa tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Peneliti berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini dan secara khusus pada kesempatan ini peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan anugerahnya kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tua, Kakak, dan saudara-saudara penulis yang telah membantu dalam berbagai hal untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan pengarahan, saran dan pertimbangan bagi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. selaku pembimbing pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan pengarahan, saran dan pertimbangan bagi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc selaku Kepala Laboratorium MMS yang juga memberi dukungan baik dari moral, hingga memberikan bantuan pandangan terkait penelitian penulis.
7. Teman-teman BADRIKARA'17 yang selalu memberikan semangat dan doa serta dukungan penuh untuk peneliti agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Semoga segala bantuan yang diberikan sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dibalas oleh kebaikan di masa yang akan datang. Aamiin.

Peneliti menyadari tugas akhir ini masih banyak kekurangan dari berbagai sisi, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan akan peneliti terima dengan senang hati. Semoga tugas akhir ini dapat menjadi alat yang besar dalam upaya kita meningkatkan kualitas pendidikan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Kematian dapat terjadi pada setiap orang. Kematian juga disebabkan oleh beberapa penyebab seperti kecelakaan, bencana alam, wabah penyakit, dan masih banyak lagi. Penanganan terhadap jenazah yang telah meninggal pun berbeda-beda. Tergantung penyebab kematian dan kondisi terakhirnya. Kondisi jenazah pun diharapkan dapat dijaga dengan baik sebelum ia dikuburkan. Penelitan sebelumnya banyak membahas bagaimana menyimpan sesuatu ke tempat yang jauh tetapi pembusukan dapat diperlambat dengan cara dibekukan. Contohnya penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2017) tentang studi penggunaan ice gel propylene glycol sebagai media pendingin coolbox kapal ikan tradisional. Pada penelitian kali ini, penulis ingin mengembangkan sebuah kantong jenazah yang dapat mendinginkan sebuah jenazah agar pembusukan berjalan lebih lambat. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah bodybag dengan sistem proteksi berupa 3 lapis material seperti Geomembrane HDPE, Foamed aluminium foil, dan super absorber pad yang mampu meminimalisir penyebaran penyakit ke lingkungan luar. Pada sisi pendinginannya, bodybag ini akan dialirkan udara dingin dari mortuary freezer menggunakan pipa secara plug and play. Beban panas pendinginan berasal dari jenazah yang didinginkan. Hasil perhitungan beban panas pendinginan terhadap 6 jenazah sebesar 34215,9 kJ. Kapasitas compressor yang dimiliki oleh mortuary freezer sebesar 1692,58 Watt. Sehingga melalui perhitungan lebh lanjut, mortuary freezer ini dapat mendinginkan 6 jenazah ke suhu 0°C secara bersamaan dalam waktu 6 jam. Adapum perhitungan Benefit Cost Ratio mendapatkan angka di 1,0833.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Death can happen to anyone. Death is also caused by several causes such as accidents, natural disasters, disease outbreaks, and many more. The handling of the bodies that have died is also different. It depends on the cause of death and the final condition. The condition of the body is also expected to be well maintained before he is buried. Previous research has discussed how to store things far away but spoilage can be slowed by freezing. For example, the research conducted by Saputra (2017) on the study of the use of propylene glycol ice gel as a cooling medium for traditional fishing boat coolboxes. In this study, the author wants to develop a body bag that can cool a corpse so that decomposition runs more slowly. In this final project, a bodybag is designed with a protection system in the form of 3 layers of material such as Geomembrane HDPE, Foamed aluminum foil, and a super absorber pad that can minimize the spread of disease to the outside environment. On the cooling side, this bodybag will flow cold air from the mortuary freezer using a plug and play pipe. The cooling heat load comes from the cooled corpse. The results of the calculation of the cooling heat load on the 6 bodies were 34215,9 kJ. The compressor capacity of the mortuary freezer is 1692,58 Watt. So that through further calculations, this mortuary freezer can cool 6 bodies to a temperature of 0oC simultaneously within 6 hours. As for the calculation of the Benefit Cost Ratio, the number is 1,0833.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

PENGHARGAAN x
ABSTRAK xii
ABSTRACT xiv
DAFTAR ISI xvi
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR GAMBAR xx
DAFTAR SINGKATAN xxii
DAFTAR SIMBOL xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Penelitian 1
1.2 Pernyataan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 4
2.1 Pendahuluan 4
2.2 Studi Terkait 4
2.3 Teori Dasar 5
2.3.1 Faktor Pembusukan Jenazah 5
2.3.2 Teknologi Insulasi 8
2.3.3 Bodybag (Kantong Jenazah) 9
2.3.4 Phase Change Material (PCM) 14
2.3.5 Geomembrane HDPE (High Density Polyethilene) 15
2.3.6 Simple Additive Weighting (SAW) Method 16
2.3.7 Mass Flow Rate 17
2.3.8 Perpindahan Panas Pada Pendinginan Jenazah 17
2.3.9 Break Event Point 20
2.3.10 Benefit Cost Ratio 21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 24
3.1 Pendahuluan 24
3.2 Diagram Alur Penelitian 24
3.3 Literature Review 25
3.4 Identifikasi dan Perumusan Masalah 26
3.5 Studi Literature 26
3.6 Pengumpulan Data 26
3.7 Pemilihan Menggunakan Metode Pembobotan 26
3.8 Perhitungan dan Analisa Data 26
3.9 Perancangan Sistem Proteksi dan Pendingin Kantong Jenazah 26
3.10 Analisa Kinerja Sistem Proteksi dan Pendingin 27
3.11 Kesimpulan dan Saran 27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1 Studi Literature 28
4.1.1 Thermo-electric Cooler (TEC) 28
4.1.2 Instan Cooling Powder 30
4.1.3 Instant Coldpack 31
4.1.4 Es Kering/ Dry Ice 32
4.1.5 Mortuary Freezer 33
4.1.6 Table Perbandingan 34
4.2 Perhitungan dan Analisa Data 34
4.2.1 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 75 kg dan suhu pendinginan 0°C 34
4.2.2 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 70 kg dan suhu pendinginan 0°C 36
4.2.3 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 65 kg dan suhu pendinginan 10°C 38
4.2.4 Tabel Hasil Kebutuhan Massa Media Pendinginan 40
4.3 Pemilihan Media Pendinginan Berdasarkan Metode Simple Addtive Weighting (SAW) 41
4.4 Perancangan Sistem Proteksi dan Pendingin Kantong Jenazah 44
4.5 Analisa Kinerja Sistem Pendingin 47
4.6 Prosedur Penggunaan Bodybag 50
4.7 Analisa Kelayakan Ekonomi 54
4.7.1 Break Even Point (BEP) 54
4.7.2 Benefit Cost Ratio (BCR) 58
BAB 5 60
5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran 60
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Bahan Insulasi (Ilyas, 1983) 9
Tabel 2. Kriteria Konsep Rescue Cooling Bodyag.....28
Tabel 3. Metode pendinginan sisi panas TEC 29
Tabel 4. Perbandingan media pendinginan.....34
Tabel 5. Kebutuhan Massa Dry Ice 40
Tabel 6. Kebutuhan Massa Es Batu.....41
Tabel 7. Kebutuhan Massa Ice Gel.....41
Tabel 8. Pemilihan media pendingian dengan metode SAW 43
Tabel 9. Spesifikasi Mopec Mortuary KH400.....47
Tabel 10. Perbandingan Variasi beban pendinginan 48
Tabel 11. Rician Harga Material Bodybag.....55
Tabel 12. Biaya Varibel.....55
Tabel 13. Gaji Karyawan.....56
Tabel 14. Biaya Tetap.....56
Tabel 15. BEP Table.....56
Tabel 16. Investment cost.....58

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (A) 11
Gambar 2. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (B) 11
Gambar 3. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (C) 12
Gambar 4. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (D) 12
Gambar 5. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (F).....13
Gambar 6. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (E).....13
Gambar 7. Klasifikasi Material PCM 14
Gambar 8. Geomembrane HDPE 15
Gambar 9. Grafik BEP 21
Gambar 10. Instant Cooling Powder 30
Gambar 11. Instant Coldpack 31
Gambar 12. Dry Ice/ es kering.....32
Gambar 13. *Mortuary Freezer*.....33
Gambar 14. Ukuran bodybag.....44
Gambar 15. Lapisan dalam bodybag 45
Gambar 16. Komponen pendinginan saat tidak digunakan (Left), Komponen pendinginan saat digunakan (Right) 46
Gambar 17. Mopec Mortuary KH400 47
Gambar 18. Spesifikasi exhaust fan 50
Gambar 19. Grafik BEP 57

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SINGKATAN

TEC	=	*Thermo-electric Cooler*
BEP	=	*Break Even Point*
BCR	=	*Benefit Cost Ratio*
HDPE	=	*High Density Polyethilene*
LDPE		*Low Density Polyethilene*
PCM	=	*Phase Change Material*
PU	=	*Polyurethane*
IMO	=	*International Maritime Organization*
HRP	=	*Human Remains Pouch*
BSL	=	*Bio-Safety Level*
SAW	=	*Simple Additive Weighting*
TVC	=	*Total Variable Cost*
TFC	=	*Total Fixed Cost*
TR	=	*Total Revenue*
IRR	=	*Internal Rate of Return*
WACC	=	*Weighted Average Cost of Capital*
APD	=	Alat Perlindungan Diri

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

$\dot{m}$	=	laju aliran massa (kg/s)
ρ	=	Massa Jenis (kg/m^3)
v	=	Kecepatan (m/s)
A	=	Luas penampang (m^2)
Q	=	*Energy Transferred* (kJ)
m	=	Massa (kg)
c	=	*Specific Heat Capacity* (kJ/kg°K)
ΔT	=	Temperature
V	=	Volume (m^3)
U	=	Koefisien perpindahan kalor keseluruhan (W/m^{2}K)
k	=	konduktivitas termal material (W/mK)
hi	=	koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian dalam (W/m^{2}K)
ho	=	koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian luar (W/m^{2}K)
Qe	=	Kapasitas Pendinginan (Watt)
M	=	Mol (gr/mol)
P	=	Tekanan (Pa)
R	=	Konstanta gas universal (0,082)
Q_f	=	Panas spesifik yang dipindahkan (kJ)
C_p	=	Panas Spesifik di atas pembekuan
t_1	=	Temperature akhir
t_2	=	Temperature awal
Qtrans	=	Panas transmisi (kJ)
Ai	=	Luas permukaan dalam
Ao	=	Luas permukaan luar
L	=	Panas laten media pendingin
Q_l	=	Kalor laten
Q_s	=	Kalor sensibel

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.058 pulau dengan total wilayah 735.355 mil persegi dimana wilayah Indonesia dua pertiganya merupakan daerah perairan dan laut yang menjadikan negara Indonesia negara maritime (Andiri, 2015). Hal tersebut menjadikan kapal sebagai alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut penumpang dan barang dalam jumlah yang besar.

Kapal menjadi salah satu pilihan berbagai kalangan masyarakat Indonesia untuk melakukan perjalanan laut, Perjalanan menuju ke suatu tempat melalui jalur laut atau menggunakan kapal bukanlah memakan waktu yang sedikit. Seringkali masyarakat lebih memilih kapal sebagai alat transportasinya karena harganya yang lebih murah dan terjangkau jika dibandingkan menggunakan pesawat terbang. Walaupun waktu yang ditempuh lebih lama, tetapi jumlah barang yang dapat diangkut atau dibawa menggunakan kapal cenderung lebih banyak jika dibandingkan dengan pesawat terbang.

Keselamatan menjadi salah satu hal yang penting diperhatikan saat melakukan perjalanan jauh menggunakan kapal. Kecelakaan dalam perjalanan sangat mungkin terjadi di atas kapal. Kecelakaan tersebut dapat terjadi secara tidak kesengajaan. Hal tersebut tidak hanya mengakibatkan cedera pada penumpang kapal tetapi juga dapat menyebabkan kematian. Seseorang yang meninggal saat perjalanan menggunakan kapal tentu harus mendapatkan perlakuan yang khusus.

Ada beberapa perlakuan yang dilakukan kepada jenazah penunpang kapal ayng tengah melakukan perjalanan. Menurut ILO *Seafarer's Service Regulation*, *Circular letter* International Maritime Organization (IMO) No.2976 Tanggal 2 Juli 2009, ada beberapa perlakuan terhadap penumpang yang meninggal dunia saat melakukan perjalanan menggukanan kapal laut. Jika jenazah tersebut berpotensi menyebarkan penyakit berbahaya bagi penumpang yang lain, maka jenazah tersebut akan dilarung ke laut. Selain itu, jenazah juga dapat disimpan di dalam kamar pendingin, jika ada, sampai tiba di pelabuahn berikutnya. Jenazah juga dapat dikremasi dan abunya diberikan kepada pihak keluarga.

Pembuangan jenazah penumpang kapal yang tidak mempunyai kamar pendingin dirasa kurang manusiawi, walaupun sebelumnya sudah adanya aturan

yang telah ditetapkan sebelumnya. Para keluarga korban/jenazah pastinya ingin melihat jenazah tersebut untuk terakhir kalinya. Selain itu, keluarga korban/jenazah ingin mengetahui penyebab dari jenazah tersebut meninggal dunia sebelum terjadinya pembusukan.

Jenazah yang baru saja meninggal pasti akan membusuk dalam beberapa waktu. Proses pembusukan optimal terjadi pada suhu 21,1°-37,8°C dan dihambat pada suhu dibawah 10°C dan di atas 37,8°C (Rahmawati, 2010). Selain itu ada beberapa faktor yang juga mempengaruhi cepat lambatnya waktu pembusukan seperti mikroorganisme, kelembaban, umur, suhu, keadaan saat mati, dan penyebab kematian. Kegiatan untuk memperlambat proses pembusukan mayat sangat dibutuhkan saat ini. Hal itu terjadi untuk mengungkap apa yang sebenarnya terjadi sebelum jenazah tersebut meninggal dunia. Maka, teknologi untuk memperlambat pembusukan mayat pun semakin hari semakin berkembang.

Pada masa sekarang, teknologi telah berkembang dengan cepat dan semakin canggih. Tidak hanya itu, tetapi saat ini teknologi telah merambah ke berbagai aspek dalam kehidupan kita. Mulai di bidang pendidikan, industry, kesehatan hingga bidang keselamatan. Teknologi dirancang sederhana tetapi dapat dipakai dan membantu kehidupan manusia. Tidak terkecuali teknologi yang diterapkan pada perlakuan jenazah yang terus menerus meningkat seiring bertambahnya waktu.

Permasalahan yang muncul yaitu bagaimana caranya agar pembusukan jenazah penumpang yang meninggal di atas kapal atau jenazah korban kecelakaan dapat dibekukan agar pembusukan berjalan lebih lambat sehingga jenazah tersebut dapat dikembalikan kepada keluarganya dan dapat dilakukan tindakan autopsi untuk mengungkap penyebab kematiannya.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain sistem proteksi dan pendinginan dari sebuah kantong jenazah/bodybag. Media pendinginan pun menggunakan media dry ice. Dry ice atau es kering dirasa cocok digunakan sebagai media pendigan karena ia mempunya titik beku yang sangat rendah dan lebih praktis. Titik beku dari es kering itu sendiri berada di suhu -78,3°C. Selain itu, akan digunakan material High-density polyethylene (HDPE) sebagai material utama karena sifatya yang lebih kuat daripada material yang digunakan pada kantong jenazah pada umunyanya. Selain HDPE, ada beberapa material tambahan lainnya seperti super absorber polyurethane (PU), lapisan lembaran kapas, dan dua pembungkus plastic transparan sebagai material pada sistem proteksinya.

1.2 Pernyataan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana desain dan komponen-komponen utama pada cooling bodybag yang berguna untuk proses rescue dan pencegahan virus & penyakit menular pada jenazah?
2. Bagaimana sistem pendinginan yang diaplikasikan pada cooling bodybag untuk pembekuan jenazah?
3. Bagaimana analisa benefit cost ratio untuk desain cooling body bag kantong jenazah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas ahkir ini adalah sebagai berikut.

1. Mendesain cooling bodybag yang sangat praktis dan ergonomis untuk digunakan pada saat proses rescue dan pencegahan virus & penyakit menular pada jenazah.
2. Merancang kinerja sistem pendinginan optimal yang diaplikasin pada cooling bodybag untuk pembekuan jenazah.
3. Menghitung nilai benefit cost ratio yang sesuai untuk desain cooling bodybag kantong jenazah.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup Penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aplikasi proses rescue jenazah baik yang terjadi di darat maupun di lautan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan desain sistem cool bodybag yang dapat membekukan jenazah saat melakukan proses rescue/evakuasi.
2. Penelitian ini dapat membantu tenaga medis/pihak kepolisian untuk melekukan proses identifikasi/ autopsi.
3. Penelitian ini dapat membantu mengurangi bau dan meminimalisir penyebaran penyakit yang bisa saja disebarkan oleh jenzah.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pembusukan adalah suatu proses yang terjadi ketika seseorang sudah meninggal dunia atau telah menjadi jenazah. Faktor-faktor yang mempengaruhi cepat lambatnya proses pembusukan bisa berasal dari faktor internal dan faktor internal. Pembusukan suatu jenazah dapat diperlambat dengan cara diturunkan temperaturenya atau dibekukan. Maka dibutuhkan sebuah alat yang dapat membekukan jenazah saat proses evakuasi sehingga jenazah tersebut masih bisa dilakukan autopsi sebelum mengalami pembusukan. Alat ini dapat berupa kantong jenazah yang dipadukan dengan media pendingin yang dapat membekukan jenazah dengan desain yang ergonomis dan memiliki sistem proteksi yadapat mengurangi penularan penyakit dari tubuh jenazah ke lingkungan di luar kantong jenazah.

2.2 Studi Terkait

- Tobing, N. A. H. L. (2020). PENGGUNAAN PCM JENIS PARAFIN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN PADA COOL BOX UNTUK MEMPERTAHANKAN KESEGARAN SAYURAN.

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan coolbox dengan insulasi PCM yang berasal dari 2 jenis paraffin, yaitu paraffin padat dan paraffin cair. Kedua paraffin tersebut dipadukan dengan metode pemanasan untuk mendapatkan titik leleh yang diinginkan sebagai media pendinginannya. Setelah mendapat komposisi paraffin yang diinginkan, maka paraffin tersebut diuji coba ke dalam coolbox dengan beban sayuran bersuhu lingkungan. Sebelumnya, paraffin telah diturunkan suhunya mencapai 0°C. Hasilnya, penelitian tersebut dapat menurunkan dan menjaga temperature sayuran di bawah 20 ^{o}C selama 2 jam saja. Tetapi dengan kondisi fisik sayuran yang tetap segar.

- Saputra, A. C. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Ice Gel Propylene Glycol Sebagai Media Pendingin Coolbox Kapal Ikan Tradisional (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Pada penelitian ini, dilakukan kombinasi antara Ice Gel dan es basah sebagai media pendinginan yang akan digunakan untuk coolbox kapal ikan tradisional.

Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan massa antara ice gel dan es basah. Hasil pada penelitian ini menunjukan bahwa perbandingan es basah 3:1 ice gel mendapatkan temperature pendinginan yang rendah dengan waktu pendinginan yang lebih lama yaitu 1530 menit.

- Sharma, S. D., Kitano, H., & Sagara, K. (2004). Phase change materials for low temperature solar thermal applications. *Res. Rep. Fac. Eng. Mie Univ*, *29*(1), 31-64

Pada jurnal ini dijabarkan secara detail macam-macam dari jenis Phase Change Material. Tidak hanya itu, jurnal ini juga memberikan informasi mengenai sifat-sifat kimiawi dari masing-masing PCM, memberikan informasi tentang kelebihan dan kekurangan dari setiap material PCM, dan Penggunaan PCM pada masing-masing aplikasinya serta inovasi-inovasi terkait penggunaan PCM.

- Patel, M., Khatri, S., Shree, J.R., Patil, A.S., Agrawal, P., Sinha, A., Dubey, M., Mittal, R. and Agarwal, A.K., (2020). Conceptual design of a body bag for preventing infections and safe disposal of deceased from covid-19 virus. *Transactions of the Indian National Academy of Engineering*, *5*(2), pp.429-435.

Artikel ini berisi tentang konsep sebuah bodybag yang cocok untuk digunakan kepada jenazah korban Covid-19. Konsep desain bodybag ini dirancang sedemikian rupa agar virus dan bakteri yang terkandung dalam jenazah tidak mudah keluar dari bodybag tersebut. Hasil dari artikel ini yaitu rancangan desain bodybag yang dapat menahan virus dan bakteri jenazah tetap di dalam body bag. Selain itu, jenazah tetap dapat dikenali karena adanya bagian transparan yang berada pada wajah sehingga untuk mengenali jenazah tersebut tidak perlu membuka bodybag.

2.3 Teori Dasar

2.3.1 Faktor Pembusukan Jenazah

Proses pembusukan bergantung pada variasi waktu kematiannya, tetapi pada wilayah beriklim sedang akan tampak setelah 3 hari kematian pada mayat tanpa pembekuan (Dahlan, 2000). Pada proses pembusukan, jenazah mengalami perusakan struktur tubuh karena enzim dan bakteri yang terkandung di dalam tubuh jenazah tersebut. Proses pembusukan yang diakibatkan oleh enzim berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi dan berlangsung lebih lama pada suhu yang lebih rendah. Sehingga suhu yang sangat rendah dapat melambatkan kerja

enzim dan suhu yang sangat tinggi dapat menghilangkan aktifitas dari enzim itu sendiri. Selain itu, pembusukan juga diakibatkan oleh aktivitas bakter. Proses ini akan terjadi setelah 48 jam setelah kematian jenazah.

Menurut Dahlan (2000), terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya proses pembusukan yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

A. Faktor Internal

1. Umur

Jenazah seseorang yang berumur lebih tua akan mengalami pembusukan lebih lama jika dibandingkan dengan jenazah yang berumur lebih muda. Hal ini dikarenakan pada tubuh seseorang yang lebih tua memiliki kandunga lemak yang lebih sedikit. Lemak dalam tubuh merupakan tempat dimana mikroorganisme dapat berkembang.

2. Jenis kelamin

Jenazah seseorang yang memiliki jenis kelamin wanita akan sedikit lebih cepat mengalami pembusukan daripada berjenis pria karena komposisi lemak subkutan pada wanita lebih banyak sehingga dapat mempercepat proses pembusukan.

3. Kondisi tubuh

Kondisi tubuh seseorang juga akan berpengaruh pada saat mengalami pembusukan. Jenazah yang memiliki lemak lebih banyak akan mengalami proses pembusukan lebih cepat daripada orang yang mempunyai sedikit lemak. Lemak memberikan tempat untuk mikroorganisme dapat berkembang dengan baik.

4. Penyebab kematian

Jenazah seseorang yang memiliki penyakit kronis ataupun infeksi akan membusuk lebih cepat jika dbandingkan dengan jenazah seseorang yang meninggal secara tiba-tiba. Pada mayat yang mati karena infeksi akan lebih cepat membusuk juga karena adanya bakteri (Upayogi, 2019).

5. Luka pada bagian luar tubuh

Jenazah seseorang yang permukaan kulitnya mengalami luka, terpotong, yang dapat menyebabkan mikroorganisme dari lingkuangan luar masuk ke dalam tubuh jenazah akan membusuk lebih cepat. Mikroorganisme yang berasal dari luar akan masuk ke dalam tubuh melalui bagian tubuh yang terbuka tersebut dan akan berkembang di sana. Semakin banyak mikroorganisme yang terdapat pada jasad seseorang, semakin cepat pula proses pembusukan tersebut.

B. Faktor Eksternal

1. Temperature lingkungan dan tekanan atmosfer

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembusukan ialah temperature. Tekanan atmosfer dan temperatur yang tinggi dapat mempercepat proses pembusukan. Proses pembusukan paling optimal terjadi pada suhu 21^0 C – 38^0 C. Pada suhu dibawah 0^0 C atau diatas 45^0 C, proses pembusukan menjadi lebih lambat karena terhambatnya pertumbuhan organisme (Upayogi, 2019).

2. Kelembaban

Proses pembusukan memerlukan kelembaban udara yang pas. Semakin tinggi kelembaban udara dimana jenazah itu berada, makan semakin cepat pula proses pembusukan terjadi. Udara lingkungan yang kering dapat memeperlambat proses pembusukan dari jenazah itu sendiri.

3. Udara

Tingkat oksigen pada udara juga mempengaruhi cepat lambatnya proses pembusukan itu berlangsung. Oksigen dibutuhkan oleh bakteri aerob yang mempunyai peran dalam proses pembusukan. Kandungan oksigen yang berkurang akan memperlambat terjadinya proses pembusukan.

4. Medium dimana mayat berada

Tempat dimana jenazah tersebut berada juga sangant mempengaruhi cepat lambatnya proses pembusukan. Jenazah yang berada di udara akan lebih cepat membusuk jika disbandingkan dengan jenazah

yang berada di dalam air. Jenazah yang berada dia atas permukaan tanah akan lebih cepat membusuk dibandingkan dengan jenazah yang berada di dalam tanah. Hal ini disebabkan karena jumlah bakteri yan glebih banyak dan kelembaban permuakaan tanah yang lebih tinggi.

5. Invansi hewan dan serangga

Hewan dan serangga yang berada di sekitar lingkungan jenazah juga menjadi faktor penyebab pembusukan jenazah. Serangga seperti lalat akan merusak dan membawa masuk mikroorganisme yang dapat mempecepat pembusukan mayat. Semakin banyak mikroorganisme yang dibawa hewan atau serangga tersebut maka semakin cepat pula proses pembusukan itu terjadi.

Pada temperature udara di bawah 4°C, tidak terjadi proses pembusukan pada jenazah. Pada suhu dibawah 4^{0}C-12^{0}C perkembangan bakteri menjadi lebih lambat. Suhu 15^{0} C sampai 370C merupakan saat yang sangat baik untuk bakteri berkembang biak (Upayogi, 2019). Tubuh jenazah yang hangat serta memiliki kelembaban yang cukup menjadikan proses pembusukan menjadi lebih cepat.

2.3.2 Teknologi Insulasi

Insulasi adalah teknik atau cara yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas. Untuk mereduksi aliran energy, material harus mempunyai resistan yang tinggi. Secara umum udara merupaka insulator yang bagus untuk mengahambat panas. Insulasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seerti insulasi termal, insulasi bangunan indulasi akustik, insulasi material, insulasi listrik, dan insulasi pipa. Jenis insulasi yang akan dibahas ialah insulasi termal.

Ada beberapa tipe penyekatan pasn dalam penerapan insulasi.

1. *Resistive insulation*
   Tipe insulasi ini dilakukan untuk menyekat panas dengan cara mengandalkan nilai resistansi pada proses konduksi.
2. *Reflective insulation*
   Tipe insulasi ini menyekat panas dengan cara mereduksi kemampuan material untuk menyerap panas secara radiasi. Panas yang dihantarkan dalam bentuk gelombang inframerah akan dihambat atau bahkan diserap. Material dengan warna putih dapat

merefleksikan panas secara maksimal sedangkan material berwarna hitam bekerja sebaliknya

3. *Capasitive insulation*
   Tipe insulasi ini memiliki karakter yang cukup berbeda dibandingkan dengan insulasi yang lainnya. Insulasi ini dapat menunda aliran panas atau dengan kata lain menyerap panas dalam beberapa saat yang nantinya akan dilepaskan lagi.

Aliran kalor atau panas dapat dikendalikan dengan cara memanfaatkan sifat-sifat material yang dapat menjadi insulasi. Insulasi terbaik didapatkan dari material dengan konduktivitas termal yang rendah, tahan air, tahan larutan, tahan bahan kimia, ringan, ekonomis, tidak berbahaya, dan tidak beracun. Beberapa bahan yang memiliki insulasi yang baik seperti ijuk, bubuk gergaji, *styrophore-foam*, *polyurethane*, *foam glass*, dan *expanded polystyrene*, PVC, FRPs. Berikut ada perandingan beberapa material insulasi :

Tabel 1. Perbandingan Bahan Insulasi (Ilyas, 1983)

Sifat Bahan	Lempeng Gabus	Foam Glass	Poly-styrene	Poly-urethane
Densitas (kg/m^3)	100-150	145	15-30	40
Konduktivitas panas	0,032	0,046	0,030	0,020
Ketebalan (mm)	130	NA	120	90
Ketahanan thd air	Cukup	Sempurna	baik	baik
Ketahanan thd api	Jelek	sangat baik	jelek	jelek
Kekuatan kompresi (kg/m^3)	5.000	30.000	2.000	3.000
Biaya pasang	agak tinggi	agak tinggi	agak tinggi	tinggi

2.3.3 Bodybag (Kantong Jenazah)

Kantong jenazah, juga dikenal dengan kantong mayat atau Human Remains Pouch (HRP) adalah kantong tidak berpori yang dirancang untuk menampung tubuh manusia. Selain itu digunakan untuk menyimpan dan mentransportasikan mayat. Bodybag/ kantung jenazah biasanya digunakan untuk menyimpan jenazah sebelum dilakukan penanganan lebih lanjut. Kantong jenazah biasanya digunakan untuk membawa jenazah tentara dalam peperangan modern, proses evakuasi bencana alam atau kecelakaan dalam skala besar oleh pihak Kepolisian dan Basarnas.

Biasanya, kantong jenazah tidak dirancang untuk dicuci dan digunakan kembali. Akibatnya kantung jenazah secara rutin dibuang dan dibakar setelah digunakan.

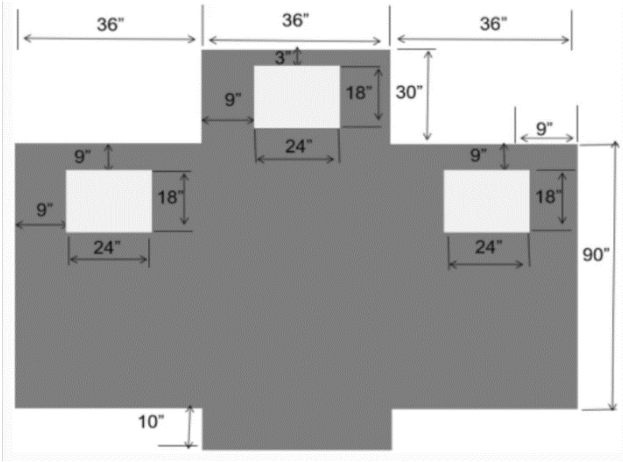
Pada saat ini, kantung jenazah terbuat dari bahan plastic yang cukup tebal. Dimensi dari kantong jenazah ini biasanya 36 inci x 90 inci. Sebagian besar memiliki beberapa pegangan di setiap sudutnya untuk mempermudah dalam pembawaannya. Umumnya, kantong jenazah berwarna hitam. Ada juga yang berwarna putih yang lebih memudahkan dalam proses pengidentifikasian jenazah. Kantong jenazah umumnya terbuat dari plastic tebal dengan dilengkapi resleting sebagai tempat memasukan dan mengeluarkan jenazah. Bentuk dari resletingnya pun bermacam-macam, mulai dari lurus di tengah, jalur resleting berbentuk J atau berbentuk D. Bahannya yang terbuat dari plastic membuat kantong jenazah ini dapat ditulis menggunakan spidol untuk memberikan informasi, biasanya terjadi pada saat merescue jenazah korban kecelakaan besar.

Tidak jarang desain kantong saat ini memiliki beberapa masalah seperti bocor sehingga menyebabkan cairan yang berasal dari tubuh jenazah keluar dari kantung jenazah. Selain cairan, bau akibat pembusukan mayat juga dapat menyebar dari lubang bocoran tersebut. Bisa saja cairan dan bau tersebut dapat menularkan penyakit kepada orang-orang di sekitat kantung jenazah tersebut.

Patel (2020) dalam artikelnya menulis ada 5 kriteria dalam pendesainan kantong jenazah saat ini yaitu tahan terhadap kebocoran, anti air/water-proof, kuat, desain yang ergonomis, dan memiliki celah untuk melihat wajah jenazah agar tidak perlu membuka kantung untuk mengetahui siapa di dalam kantong jenazah tersebut. Diharapkan desain seperti ini dapat mengurangi penularan penyakit dari jenazah kepada orang-orang yang berada di sekitar kantong jenazah.

Dalam artikelnya, Patel (2020) menuliskan desain kantong jenazah berlapis 6 memberikan beberapa keunggulan sebagai berikut.

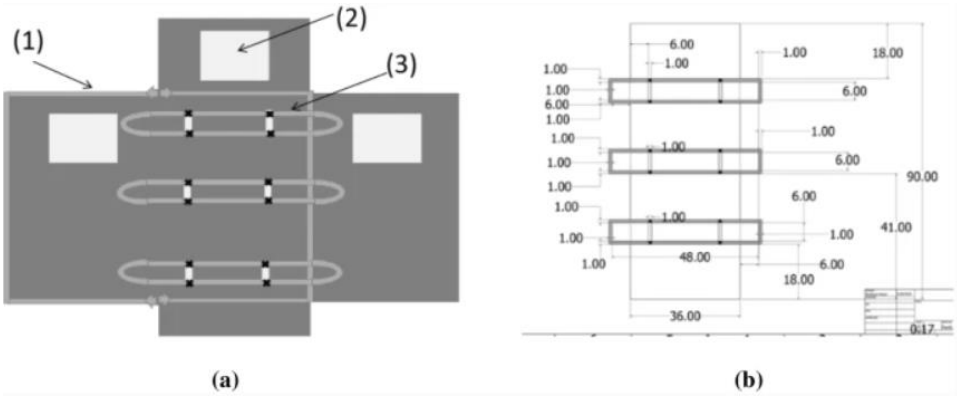
1. Desain khusus dirancang untuk jenazah yang membutuhkan Bio-Safety Level (BSL) 3 dan 4.
2. Kantong jenazah pada umumnya bisa saja mengandung cairan yang berasal dari jenazah. Hal ini menjadi alasan kantong jenazah ini dirancah menggunakan lapisan bantalan di dasar kantong berupa super absorber polyurethane (PU), lapisan lembaran kapas, dan dua pembungkus plastic transparan.
3. Ketentuan khusus dibuat agar dapat melihat wajah jenazah. Dengan ketentuan ini, kantong jenazah tidak perlu dibuka, setelah dikemas dan didesinfeksi oleh petugas kamar jenazah di rumah sakit.
4. High-density polyethylene (HDPE) digunakan untuk konstruksi kantong jenazah karena memiliki kekuatan Tarik yan glebih unggul dibandingkan dengan low-density polyethylene (LDPE) yang digunakan dalam produksi kantong jenazah saat ini. HDPE memiliki kapasitas penahan beban yang lebih baik untuk kantong jenazah.



Gambar 1. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (A)

Sumber : *springer.com*

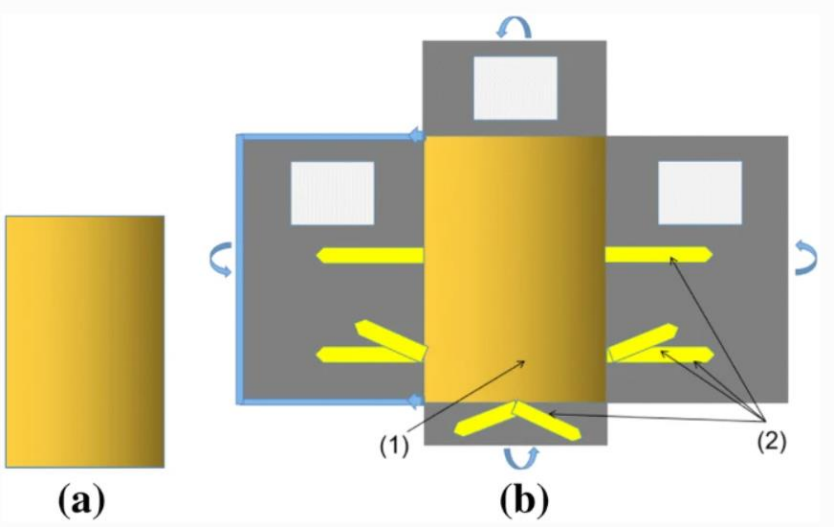
Dapat dilihat pada gambar A bahwa ada 3 potongan berbentuk persegi yang dipergunakan sebagai tempat untuk melihat wajah dari jenazah tanpa membuka kantung jenazah tersebut.



Gambar 2. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (B)

Sumber : *springer.com*

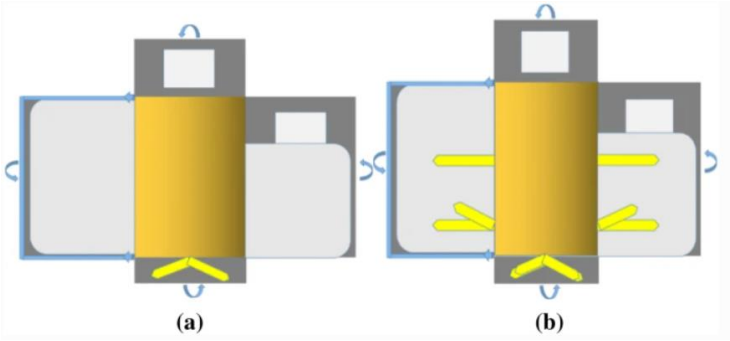
Pada gambar B menunjukan desain pola dari resleting dengan jalur berbentuk U dengan pola pemasangan strip sebagai pegangan pada saat mengangkat kantong jenazah.



Gambar 3. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (C)

Sumber : *springer.com*

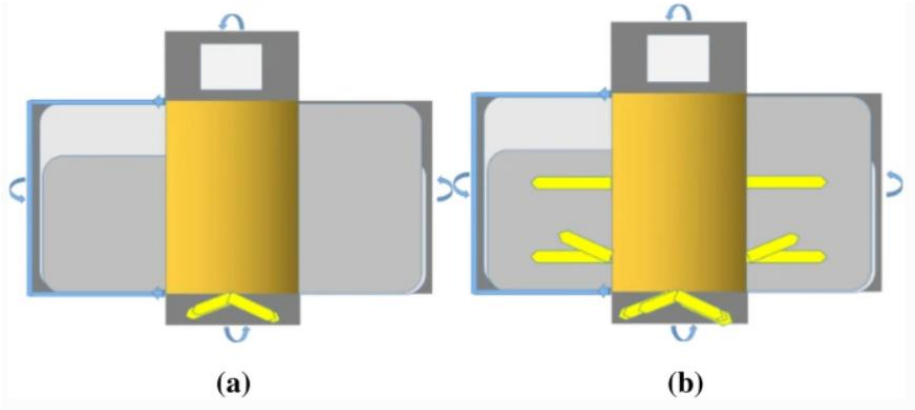
Pada gambar C, ditunjukan pola pemotongan busa PU yang diletakan di dasar kantong jenazah. Bersamaan dengan itu, perekat Velcro dipasang sesuai dengan tempat yang telah ditentukan oleh gambar. Perekat Velcro adalah bahan untuk merekatkan kain dengan kain. Fungsi perekat Velcro pada kantong ini ialah untuk merekatkan busa PU dengan bahan HDPL sebagai kontruksi kantong jenazah ini.



Gambar 4. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (D)

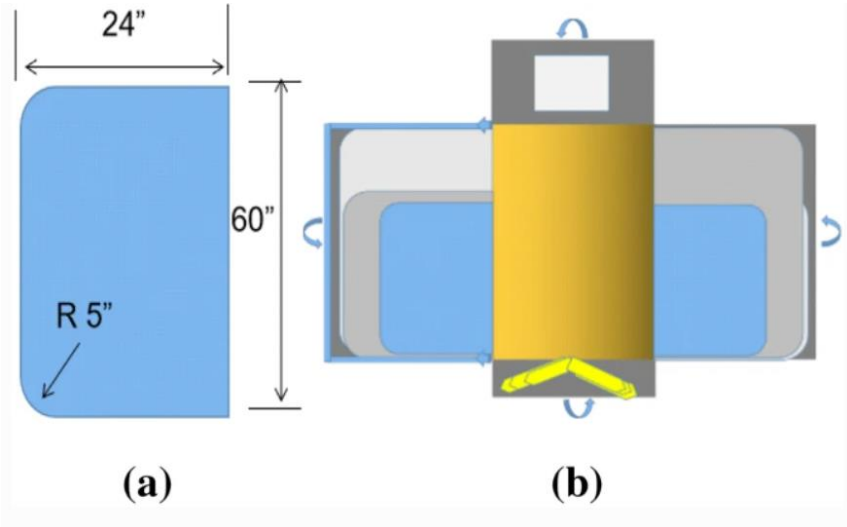
Sumber : *springer.com*

Pada gambar D dapat dilihat terdapat desain dari 2 pasang lembaran plastic trasnparan. Lapisan pertama ditempatkan di kedua sisi lapisan busa PU (a). Selanjutnya, lapisan plastic selanjutnya dipasang di setiap sisi seperti yang ditunjukan oleh gambar E. Dengan demikian, dua pasang lapisan plastic dapat mencegah keluarnya gas yang berasal dari tubuh jenazah di dalamnya.



Gambar 6. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (E)

Sumber : *springer.com*



Gambar 5. Pola Rancangan Konsep Desain Bodybag (F)

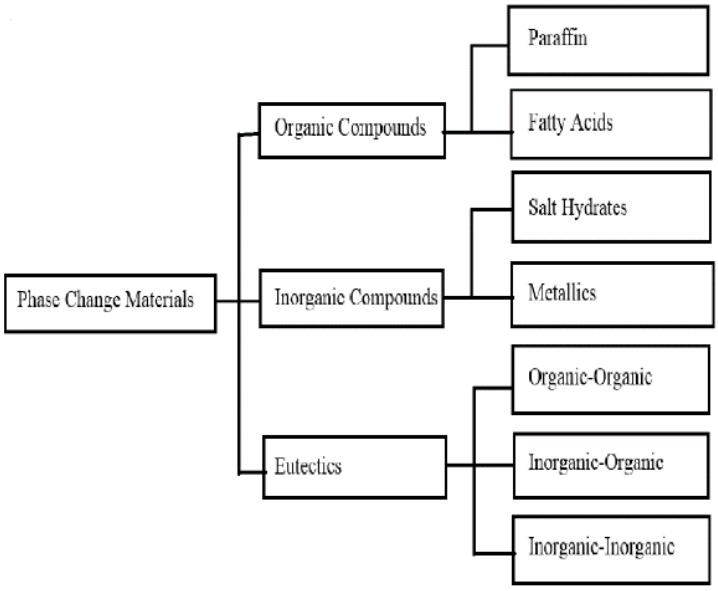
Sumber : *springer.com*

Pada Gambar F dapat dilihat adalah pola dan peletakan dari lapisan kapas. Lapisan kapas ini harus menutupi tubuh di bawah leher.

2.3.4 Phase Change Material (PCM)

Phase Change Material (PCM) adalah sebuah bahan yang mengalami perubahan fasa seperti padat-cair, lebih dikenal sebagai siklus pembekuan – pelelehan (Fransisco, 2020). PCM ini digunakan sebagai pendingin passive untuk menyerap kalor dengan memanfaatkan panas laten. Salah satu contoh sederhana dari PCM ialah air sebagai material penyimpan energi panas. Apabila temperature lingkungan ataupun suatu benda lebih tinggi daripada air maka lingkungan atau benda tersebut akan didinginkan akibat panas mengalir dari lingkungan atau benda ke air yang mempunyai temperature lebih rendah.

Sejumlah energy yang dibutuhkan untuk merubah fase zat disebut pana laten (Saputra, 2017). PCM akan menyerap atau melepaskan panas laten ketika memadat atau berubah fasa. Sedangkan, ketika meleleh, PCM menjadi media peyimpanan panas sensible. Berikut klasifikasi pemanfaatan material dalam perpindahan panas.



Gambar 7. Klasifikasi Material PCM

Sumber : *sharma et al, 2009*

Pada gambar tersebut dapt dilihat bahwa Material PCM dibagi menjadi Organik, Anorganik, dan Eutektik. Secara umum, masing-masing klasifikasi tersebut mempunyai beberapa kelemahan dan kelebihan.

PCM Organik mempunyai beberapa kelebihan seperti tersedia secara luas dalam berbagai temperature operasi, mempunyai panas lebut yang tinggi, dapat didaur ulang, memiliki kestabilan kimia yang bagus, dapat dioperasikan dengan berbagai material. Sedangkan kelemahannya ialah memiliki konduktifitas termal yang rendah, memiliki perubahan volume yang besar, dan mudah terbakar.

PCM Anorganik mempunyai beberapa kelebihan seperti memiliki panas lebut yang tinggi, konduktifitas termal yang tinggi, memiliki perubahan volume yang rendah, dan tersedia dengan harga yang murah. Sedangkan kekurangannya ialah mengalami supercooling, mengalami korosi.

PCM Eutatik memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki temperature leleh yang tinggi dan memiliki densitas termal yang tinggi. Sedangkan kekurangannya ialah data-data termal properties dari PCM klasifikasi ini masih sedikit.

2.3.5 Geomembrane HDPE (High Density Polyethilene)

Geomembrane Geomembrane adalah material dari bahan HDPE (High Density Polyethylene) yang fungsi utamanya sebagai material pelapis. Material ini sangat tahan terhadap bahan kimia, asam tinggi dan limbah sehingga sangat sesuai untuk aplikasi pelindung air, tanah terhadap berbagai macam limbah. Geomembrane tersedia dalam berbagai bentuk, baik dalam tingkat kekasaran permukaan hingga tersedia dalam berbagai ketebalan.

Gambar 8. Geomembrane HDPE

Sumber : Google.com

Geomembrane dapat digunakan dalam berbagai kegiatan, seperti :

1. Sebagai wadah persediaan air
2. Sebagai wadah cairan buangan
3. Sebagai wadah air siap minum
4. Sebagai wadah penyimpanan air di bawah tanah
5. Untuk keperluan dekoratiff dalam pembuatan kolam
6. Untuk landfill biogas, dan banyak lain

Kelebihan dari geomembrane ini ialah tahan terhadap larutan kimia, daya tahan terhadap elongasi/kemuluran akibat deformasi tanah dasar, tahan terhadap retak/pecah, dapat dikombinasikan dengan berbagai desain struktur, indek leleh yang relative tinggi, geomembrane tahan terhadap suhu ekstrim hingga 110 ^{o}C dan -70 ^{o}C.

Geomembrane yang dijual di pasaran biasaya berwarna hitam pekat dan dikemas dalam bentuk gulungan besar. Geomembran ini dibuat dari biji plastik HDPE. Kelebihannya yang kedap terhadap air membuat ia banyak digunakan sebagai pelapis kedap air pada dasar tambak.

2.3.6 Simple Additive Weighting (SAW) Method

Simple Additive Weighting (SAW) yang juga dikenal sebagai metode kombinasi linier berbobot atau penilaian adalah teknik keputusan multi-atribut yang sederhana dan paling sering digunakan. Metode ini didasarkan pada rata-rata tertimbang. Skor evaluasi dihitung untuk setiap alternatif dengan mengalikan nilai skala yang diberikan pada alternatif atribut tersebut dengan bobot kepentingan relatif yang diberikan langsung oleh pengambil keputusan diikuti dengan menjumlahkan produk untuk semua kriteria. Keuntungan dari metode ini adalah bahwa itu adalah transformasi linier proporsional dari data mentah yang berarti bahwa urutan relatif besaran skor standar tetap sama. Proses SAW terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Menentukan kriteria-kriteria yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan, yaitu Ci.
2. Menentukan rating kecocokan setiap alternatif pada setiap kriteria.
3. Membuat matriks keputusan berdasarkan kriteria(Ci), kemudian melakukan normalisasi matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atribut (atribut keuntungan ataupun atribut biaya) sehingga diperoleh matriks ternormalisasi R.
4. Hasil akhir diperoleh dari proses perankingan yaitu penjumlahan dari perkalian matriks ternormalisasi R dengan vektor bobot

sehingga diperoleh nilai terbesar yang dipilih sebagai alternatif terbaik (Ai) sebagai solusi.

2.3.7 Mass Flow Rate

Mass flow rate atau laju aliran massa ialan jumlah massa yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran massa dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho VA \quad (1)$$

Dimana :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

A = Luas penampang (m^2)

2.3.8 Perpindahan Panas Pada Pendinginan Jenazah

2.3.8.1 Beban Produk

Beban Produk ialah panas spesifik yang harus dibuang untuk menurunkan temperature jenazah awal ke temperature penyimpanana yang diinginakan. Panas dilepaskan oleh jenazah untuk menyeimbangkan temperature jenazah itu sendiri. Beban produk dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_f = m_f \, c_f \, (t_2 - t_1)$$

Dimana :

Q_f = Panas spesifik jenazah yang dipindahkan

M_f = Massa Jenazah

C_p = Panas Spesifik jenasah di atas pembekuan

t2 = temperature awal jenazah

t1 = temperature pembekuan jenazah

2.3.8.2 Beban Transmisi

Beban transmisi ialah beban yang timbul karena adanya perbedaan antara temperature bagian dalam sistem pendingin dengan udara luar. Kuantitas panas yang dihantarkan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : letak, jenis material, dan kondisi udara sekitar. Beban transmisi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{trans} = U\ A\ \Delta T$$

Dimana :

Qtrans = laju transmisi panas melalui lapisan bodybag

A = luas bidang perpindahan panas

ΔT = Beda temperature antara udara luar dan temperature dalam

U = koefisien perpindahan manas menyeluruh

2.3.8.3 Pengukuran Luas Permukaan Bodybag

Kecepatan dari pelelehan/ laju pelelehan dari media pendingin sangat dipengaruhi oleh luas dari permukaan bodybag itu sendiri. Semakin luas permukaannya maka semakin cepat pula laju pelelehannya. Luas permukaan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$A = \frac{A_i + A_o}{2}$$

Dimana :

Ai = Luas permukaan dalam

Ao = Luas permukaan luar

2.3.8.4 Beban Infiltrasi

Ketika membuka ataupun kantong jenazah, pastinya ada udara luar yang masuk ke dalam kantong atau sistem pendinginanan tersebut. Hal tersebut dapat mempenaruhi temperature dan kelembaban di dalmnya. Panas dan kelembaban tersebut menjadi beban bagi sistem pendingin untuk menjaga temperature tetap pada temperature penyimpanan. Beban ini cukup sulit

untuk diperhitungkan sehingga digunakan asumsi secara umum sebesar 15% dari beban total penerimaan panas permukaan (Ilyas, 1983).

2.3.8.5 Kebutuhan Media Pendingin

Es umum digunakan untuk media pendinginan karena es dapat menyerap energy panas dalam jumlah besar dan cepat. Selain itu media pendinginan dalam bentuk ice gel mudah dalam penggunaan, mudah didapat, dan dapat digunakan berkali-kali. Oleh karena itu perlu diketahui total ice gel yang dibutuhkan untuk mempertahankan temperature pada titik beku atau 0^oC. Perhitungan kebutuhan media pendinginan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$m_i = \frac{C_{p1}\, t1}{L}\, m_f$$

Dimana:

m_i = massa ice gel

m_f = massa jenazah (massa rata-rata manusia)

C_p = panas spesifik jenazah

T1 = temperature awal jenazah

L = panas laten media pendingin

Perhitungan kemampuan dari sebuah media pendingin dalam menyeram panas terdiri dari kalor laten dan kalor sensible. Kedua kalor tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q_{laten} = \frac{mL}{t}$$

Dimana :

Q1 = kalor laten

M = massa pendingin

T = waktu pendinginan

L = panas laten media pendinginan

$$Q_{sensibel} = \frac{mC\ P1\ (t2 - t1)}{t}$$

Dimana :

Qs = kalor sensibel

M = massa pendingin

Cp = panas spesifik jenazah di atas pembekuan

T = waktu pendinginan

Setelah kalor sensible dan kalor laten telah dhitung, maka kemampuan media pendingian dalam menyerap atau memindahkan panas dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_r = Q_{sensibel} + Q_{laten}$$

Berdasarkan persamaan diatas, kebutuhan media pendingin ice gel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

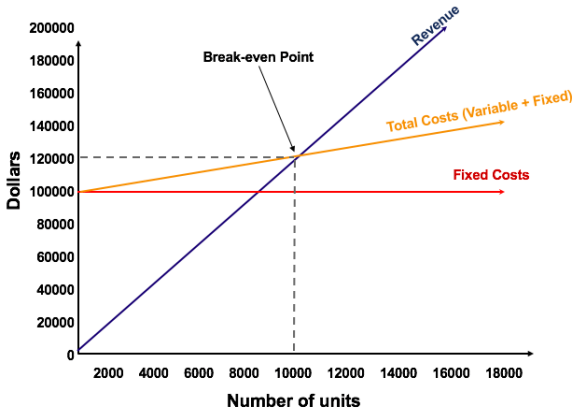
$$Total = \frac{Qtotal}{Qr}$$

2.3.9 Break Event Point

Analisis Break-Event Point adalah alat yang berguna untuk mempelajari hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, dan pengembalian. BEP menentukan kapan suatu investasi akan menghasilkan pengembalian positif dan dapat ditentukan secara grafis atau dengan matematika sederhana. Analisis BEP menghitung volume produksi pada harga tertentu yang diperlukan untuk menutupi semua biaya. Analisis BEP menghitung harga yang diperlukan pada tingkat produksi tertentu untuk menutupi semua biaya. Untuk menjelaskan bagaimana analisis BEP bekerja, perlu untuk menentukan item biaya.

Biaya tetap, yang timbul setelah keputusan untuk melakukan suatu kegiatan usaha dibuat, tidak secara langsung berhubungan dengan tingkat produksi. Biaya tetap termasuk, tetapi tidak terbatas pada, penyusutan

peralatan, biaya bunga, pajak dan biaya overhead umum. Total biaya tetap adalah jumlah dari biaya tetap.



Gambar 9. Grafik BEP

Biaya variabel berubah dalam hubungan langsung dengan volume output. Mereka mungkin termasuk harga pokok penjualan atau biaya produksi seperti biaya tenaga kerja dan listrik, pakan, bahan bakar, kedokteran hewan, irigasi dan biaya lain yang berhubungan langsung dengan produksi komoditas atau investasi dalam aset modal. Total biaya variabel (TVC) adalah jumlah dari biaya variabel untuk tingkat produksi atau output tertentu. Biaya variabel rata-rata adalah biaya variabel per unit output atau TVC dibagi dengan unit output.

Metode analisis grafik membantu pembaca memahami konsep BEP. BEP ditemukan lebih cepat dan lebih akurat dengan rumus berikut:

$$B\text{-}E = F / (S\text{-}V)$$

Dimana :

B-E = Break-even point (Total produksi)
F = Total Biaya Tetap
V = Biaya Variabel
S = Pendapatan per penjualan 1 unit

2.3.10 Benefit Cost Ratio

Rasio manfaat-biaya (BCR) adalah rasio yang digunakan dalam analisis biaya-manfaat untuk meringkas hubungan keseluruhan antara biaya relatif dan manfaat dari proyek yang diusulkan. BCR dapat dinyatakan dalam

istilah moneter atau kualitatif. Jika sebuah proyek memiliki BCR lebih besar dari 1,0, proyek tersebut diharapkan memberikan nilai sekarang bersih yang positif bagi perusahaan dan investornya.

Rasio manfaat-biaya (BCR) adalah indikator yang menunjukkan hubungan antara biaya relatif dan manfaat dari proyek yang diusulkan, dinyatakan dalam istilah moneter atau kualitatif.

- Jika sebuah proyek memiliki BCR lebih besar dari 1,0, proyek tersebut diharapkan memberikan nilai sekarang bersih yang positif bagi perusahaan dan investornya.
- Jika BCR proyek kurang dari 1,0, biaya proyek lebih besar daripada manfaatnya, dan itu tidak boleh dipertimbangkan.

Rasio manfaat-biaya (BCR) paling sering digunakan dalam penganggaran modal untuk menganalisis keseluruhan nilai uang untuk melakukan proyek baru. Namun, analisis biaya-manfaat untuk proyek besar mungkin sulit dilakukan dengan benar, karena ada begitu banyak asumsi dan ketidakpastian yang sulit diukur. Inilah sebabnya mengapa biasanya ada berbagai hasil BCR potensial.

BCR juga tidak memberikan gambaran tentang berapa banyak nilai ekonomi yang akan dibuat, sehingga BCR biasanya digunakan untuk mendapatkan gambaran kasar tentang kelayakan suatu proyek dan seberapa besar tingkat pengembalian internal (IRR) melebihi tingkat diskonto. , yang merupakan biaya modal rata-rata tertimbang (WACC) – biaya peluang dari modal tersebut.

BCR dihitung dengan membagi total manfaat tunai yang diusulkan dari suatu proyek dengan total biaya tunai yang diusulkan dari proyek tersebut. Sebelum membagi angka, nilai sekarang bersih dari masing-masing arus kas selama umur proyek yang diusulkan – dengan mempertimbangkan nilai terminal, termasuk biaya penyelamatan/perbaikan – dihitung.

Keterbatasan utama BCR adalah bahwa hal itu mengurangi proyek menjadi angka sederhana ketika keberhasilan atau kegagalan investasi atau ekspansi bergantung pada banyak faktor dan dapat dirusak oleh kejadian tak terduga. Cukup mengikuti aturan bahwa di atas 1,0 berarti sukses dan di bawah 1,0 berarti kegagalan adalah menyesatkan dan dapat memberikan rasa nyaman yang salah dengan sebuah proyek. BCR harus digunakan sebagai alat dalam hubungannya dengan jenis analisis lain untuk membuat keputusan yang tepat.

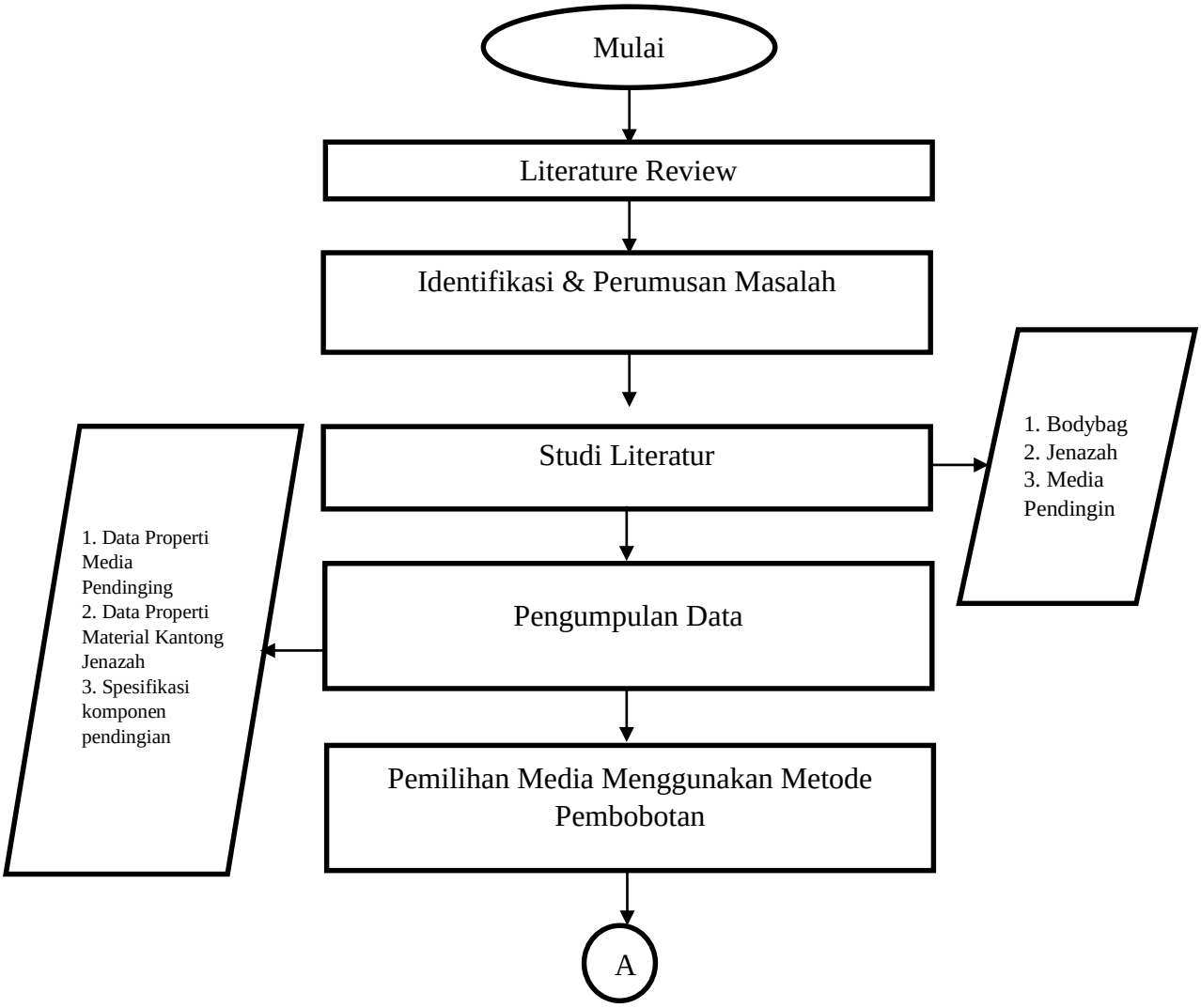
BAB 3

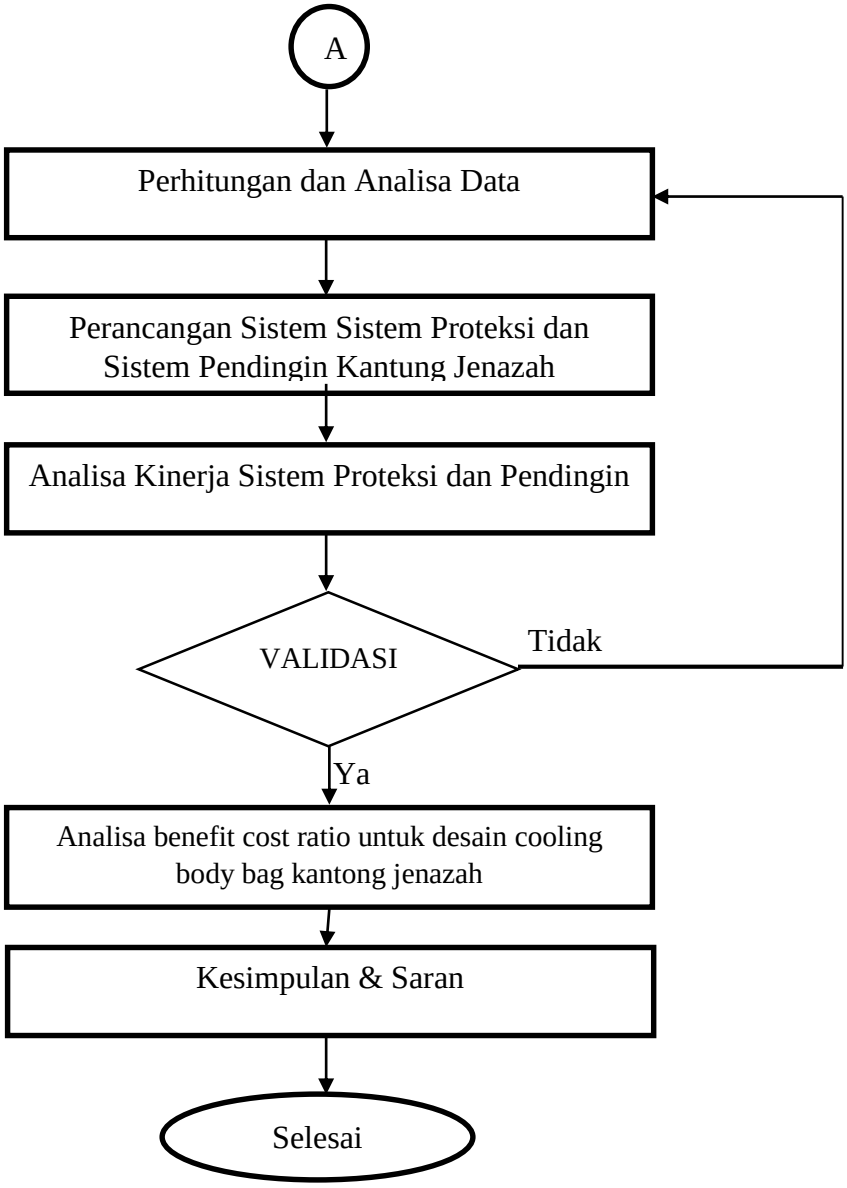
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada Metodologi Penelitian ini, peneliti akan melakukan beberapa tahap yang berguna untuk mendapatkan hasil penelitian yang diharapkan. Penelitian akan dilakukan dimulai dari pembacaan literature hingga penarikan simpulan.

3.2 Diagram Alur Penelitian





3.3 Literature Review

Pada tahap ini akan dilakukan pembacaan referensi-referensi yang sesuai dengan minat peneliti untuk menemukan masalah yang nantinya

akan menjadi topik permasalahan dalam penelitain ini. Adapun referensi yang dibaca bisa berasal dari tugas akhir, jurnal, artikel, dan berita.

3.4 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini akan dilakukan pengidentifikasian dan perumusan masalah yang ada. Permasalahan yang diambil adalah desain sistem cool-bodybag untuk aplikasi kantong jenazah proses rescue.

3.5 Studi Literature

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan referensi/materi yang merupakan tahap pembelajaran mengenai teori – teori dasar dan teori – teori penunjang yang akan dibahas. Studi literatur berguna untuk mengumpulkan dan menambah informasi tentang tugas akhir yang akan dikerjakan. Sumber yang diambil pada tahap ini berasal dari tugas akhir, jurnal, artikel, dan bahan bacaan yang berhubungan dengan permasalahan ini.

3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data akan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai data diantaranya informasi mengenai data property ice gel, data property bahan material kantong jenazah, dan data fisis contoh jenazah.

3.7 Pemilihan Menggunakan Metode Pembobotan

Pada tahap ini akan dilakukan pembobotan terhadap beberapa media pendinginana yang telah dipilih. Pembobotan tersebut didasarkan atas beberapa kriteria konsep kantong jenazah yang telah ditetapkan sebelumnya. Kriteria yang digunakan ditentukan dari sisi proteksi dan sisi pendinginan.

3.8 Perhitungan dan Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan data-data yang telah diperoleh. Data-data yang didapat akan dipakai pada perhitungan yang dapat berguna dalam menjalanka tahap selanjutnya.

3.9 Perancangan Sistem Proteksi dan Pendingin Kantong Jenazah

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan sistem proteksi dan sistem pendinginan dari kantong jenazah itu sendiri. Sistem proteksi yang akan dirancang berkaitan dengan bahan/material dari kantong itu sendiri

3.10 Analisa Kinerja Sistem Proteksi dan Pendingin

Setelah perancangan sebuah sistem dibuat, akan dilakukan validasi berdasarkan kinerja sistem proteksi dan pendinginan dari cooling bodybag tersebut. Apabila sudah memenuhi kriteria yang dicapai maka dapat dilanjutkan pada tahap kesimpulan dan saran. Apabila masih terdapat ketidaksesuaian, maka kembali ke tahap perancangan sistem.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dibuat kesimpulan dari keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas permasalahn yang ada. Selain itu juga akan diberikan saran yang berkaitan dengan penelititan ini.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Studi Literature

Tabel 2. Kriteria Konsep Rescue Cooling Bodyag

Sistem Proteksi	Sistem Pendinginan
Kuat Menahan Beban Berat	Praktis
Tahan Kebocoran	Sederhana
Kedap Udara	Mudah Dalam Penggunaan
Kedap air	Tahan Lama
Terdapat Celah untuk melihat ke dalam kantong tanpa membukanya	Dipakai hanya sekali pakai
Anti bacterial dan Virus	Mudah dalam penyimpanan

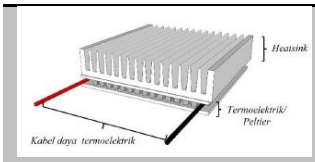
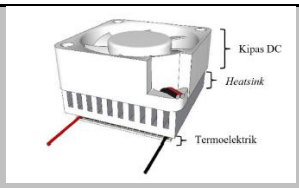
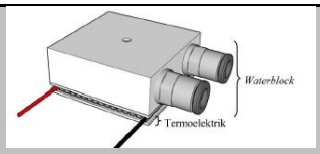
Pada penelitian ini, penulis mencoba untuk mencari beberapa metode yang mungkin cocok digunakan sebagai media pendingina pada bodybag. Penulis mendapatkat beberapa metode antara lain seperti Thermo-electric Cooler (TEC), Ice Gel, Instant cooling powder, Instant Coldpack, dan dry ice. Selain itu, penulis juga menganalisa material yang cocok untuk bodybag berdasarkan kajian pustaka yang telah dipelajari sebelumnya.

4.1.1 Thermo-electric Cooler (TEC)

Thermoelectric cooler (TEC) atau yang dikenal dengan termoelektrik pendingin merupakan suatu rangkaian semikonduktor dengan memanfaatkan efek *Peltier* telah digunakan sebagai perangkat pendingin mini pada beberapa penerapan sistem pendingin (Amrullah, 2015). TEC terdiri dari sisi dingin dan sisi panas. Pendingin termoelektrik beroperasi sesuai dengan efek Peltier. Efeknya menciptakan perbedaan suhu dengan mentransfer panas antara dua sambungan listrik. Ketika arus mengalir melalui persimpangan kedua konduktor, panas dihilangkan pada satu persimpangan dan pendinginan

terjadi. Panas disimpan di persimpangan lainnya. Semakin baik metode pendinginan pada sisi panas, maka sisi dingin dapat menghasilkan suhu rendah yang lebih baik. Adapun beberapa metode pendinginan sisi panas sebagai berikut :

Tabel 3. Metode pendinginan sisi panas TEC

Heatsink	**Heatsink dengan Fan**	**Waterblock**
		
• Suhu terendah pada sisi dingin yang dicapai 28 °C. • Suhu terpanas pada sisi dingin 78,8°C. • Heatsink tidak bisa secara cepat menyerap panas, sehingga lama kelamaan panas terakumulasi dan menyebabkan termoelektrik menjadi sangat panas	• Suhu terendah pada sisi dingin yang dicapai ialah 28°C. • Suhu tertinggi pada sisi dingin yag dicapai ialah 32°C • Metode ini lebih stabil dalam menjaga suhu di sisi dingin. • Penelitian yang sama juga pernah dilakukan dengan metode ini dengan luasan permukaan heatsink yang lebih luas. Hasilnya, suhu pada sisi dingin dapat dicapai lebih rendah 14°C	• Komponen yang dibutuhkan ialah pompa air, block air, cairan pendingin, selang, kipas, heatsink. • Suhu pendinginan paling rendah ialah 6,3°C, suhu yang paling tinggi sbesar 8,2°C • Pada sisi panas, suhu tertinggi yang dicapai ialah 35,5°C • Metode ini meningkatkan kinerja penyerapan kalor pada proses pendiginan thermoelectric

Kelebihan dari TEC ini bila digunakan sebagai metode pendiginan yang pada bodybag ialah ringkas dalam penggunaannya. Akan tetapi memiliki banyak kekurangan seperti harganya yang mahal sehingga tidak ekonomis,

TEC ini dirasa kurang cocok untuk bodybag yang biasanya hanya digunakan sekali pakai.

4.1.2 Instan Cooling Powder

Gambar 10. Instant Cooling Powder

Sumber : Google.com

Instan cooling powder merupakan terobosan baru di dunia pendinginan. Instant cooling powder ditemukan oleh grup perusahaan bernama Frosty Tech. Benda tersebut berupa bubuk instan yang jika dicampurkan dengan air apa saja akan bereaksi dan menghasilkan suhu yang diklaim lebih dingin dari es batu. Setelah beberapa saat, campuran tersebut aka berubah menjadi gel yang dapat mempertahankan suhu dingin lebih lama.

Kelebihan dari bubuk ini sebagai media pendiginan pada bodybag ialah praktis dalam penggunaan dan pengaplikasiannya. Akan tetapi, penulis mengalami kendala saat mencari informasi lebih lanjut saat menghubungi perusahan tempat bubuk tersebut dibuat sehingga penulis memutuskan untuk tidak menggunakan bubuk tersebut sebagai media pendinginannya

4.1.3 Instant Coldpack

Gambar 11. Instant Coldpack

Sumber : Google.com

Instant coldpack ialah sebuah benda yang dapat digunakan sebagai media pendinginan dalam waktu singkat dan cepat. Instant coldpack terdiri dari 2 sisi yang dipisahkan oleh sekat tipis. Kedua sisi tersebut mengandung bahan kimia pendingin (Ammonium nitrat/Urea) dan air. Cara kerja dari instant coldpack yaitu dengan cara meremas kemasannya agar sekat yang memisahkan kedua sisi robek dan kedua bahan dapat tercampur. Saat itulah proses kimiawi terjadi dan instant coldpack dapat menghasilkan suhu dingin.

Kelebihan instant coldpack jika diaplikasikan sebagai media pendingina bodybag ialah praktis dalam penggunaannya dan ekonomis. Namun terdapat kekurangan seperti jika bodybag yang di dalamnya terdapat instant coldpack ditumpuk dan disimpan dalam waktu yang lama maka ditakutkan sekat pemisah kedua bahan tersebut akan pecah dan proses pendingian terjadi. Hal ini menyebabkan bodybag tersebut tidak tahan lama jika disimpan dalam waktu yang lama dan bertumpuk

4.1.4 Es Kering/ Dry Ice

Gambar 12. Dry Ice/ es kering

Sumber : Google.com

Dry ice/es kering ialah senyawa karbondioksida yang membeku di suhu -79°C. Dry es ini tidak meninggalkan kelembaban karena ia langsung menyublim dari fasa padat ke fasa gas. Dibandingkan dengan es batu biasa, dengan bobot yang sama, es kering dapat mendinginkan 170% lebih banyak. Konsenstrasi CO_2 dalam keadaan gas dapat memperlambat pertumbuhan jamur dan bakteri.

Kelebihan es kering jika digunakan sebagai media pendingan pada bodybag ialah praktis, harganya yang murah dan mudah didapatkan. Selain itu gas CO_2 dapat memperlambat proses pertubuhan jamur dan bakteri yang dapat membusukan tubuh jenazah. Kelemahan dari penggunaan es kering ini ialah penulis harus meneliti lebih lanjut material apa yang digunakan sebagai material bodybag yang dapat menahan suhu ekstrim dari es kering tersebut saat digunakan.

4.1.5 Mortuary Freezer

Gambar 13. *Mortuary Freezer*

Mortuary Freezer atau lemari kamar mayat adalah lemari berpendingin suhu rendah yang digunakan untuk menyimpan mayat untuk waktu yang singkat atau lama. Lemari penyimpanan berpendingin mayat ini banyak digunakan di rumah sakit, kereta api, bandara, kamp bencana & tentara dan rumah sakit tentara dll. Lemari dingin ini juga disebut dengan nama lain seperti freezer kamar mayat, , lemari es kamar mayat dan kamar mayat dll. Biasanya suhu lemari penyimpanan kamar mayat tetap antara 1°C hingga 5°C tetapi dalam beberapa kasus bisa menjadi sisi beku seperti 0°C, -10°C dan bahkan -20°C yang juga dapat dirancang sebagai pilihan.

Kelebihan mortuary freezer sebagai pemasok udara untuk mendinginkan bodybag ialah memiliki suhu yang stabil dan dapat mendinginkan jenazah di dalam body bag untuk waktu yang cukup lama. Kelemahan dari penggunaan mortuary freezer ialah tidak semua kapal memiliki mortuary freezer untuk menyimpa jenazah, hanya kapal-kapal tertentu seperti kapal penumpang yang memiliki alat seperti ini.

4.1.6 Table Perbandingan

Tabel 4. Perbandingan media pendinginan

No	Item	Kriteria BodyBag					Suhu Terendah	Harga
		Tahan Bocor	**Kedap udara**	**Tahan Disimpan Lama**	**Praktis**	**Sederhana**		
1	Es Batu	V	V	X	V	X	0	$
2	*Ice Gel Pack*	V	X	V	V	V	x < 0	$$
3	*Thermoelectric Cooler*	X	V	X	X	X	-2 < x < 8	$$$$$
4	*Instant Cooling Powder*	V	X	V	V	V	x < 0	?
5	*Instant Cold Pack*	X	X	X	V	V	0 > x	$$$
6	*Dry Ice*	V	X	X	V	V	-78	$$
7	*Mortuary Freezer (Plug & Play)*	V	X	V	V	V	Bergantung pada suhu kerja mortuary	$$$

4.2 Perhitungan dan Analisa Data

Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan beban pendinginan terhadap jenazah dan kebutuhan jumlah media pendinginan dalam satu bodybag. Variasi yang dilakukan yaitu pada massa jenazah di 65 kg, 70 kg, dan 75 kg. Selain itu, variasi juga dilakukan pada suhu pendingina pada 0°C, 5°C, dan 10°C.

4.2.1 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 75 kg dan suhu pendinginan 0°C

- Q cooling load = Q product load + Q infiltration + Q transmission
- Q product load = Q cadaver + Q air
- Q cadaver = m x c x ΔT

Explanation :

Q = Energy Transferred (kJ)

m = Mass of cadaver = 75 kg

c = Specific Heat Capacity = 3,5 kJ/kg °K (Average)

ΔT = Temperature Difference = 32°C = 36 + 273 = 305 K

= 0°C = 0 + 273 = 273 K

= 32 K

- Q cadaver = m x c x ΔT

  = 75 x 3,5 x 32

  = **8400 kJ**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT
- V cadaver = Mass of Cadaver/Density of Cadaver

  = 75 kg / 985 kg/m3

  = 0,07614 m3 = 76,14 Liter

- V air inside Bodybag = (p x l) = 200 cm x 80 cm

  = Dianggap persegi panjang = 190 cm x 70 cm x 5 cm

  = 80500 cm^3 = **80,5 Liter**

- V air inside Bodybag = 80,5 Liter - 76,14 Liter

  = 4,35787 Liter

- Mass of air inside Bodybag = volume air inside of Bodybag X density of air

  = 4,35787 x 0,00123

  = **0,005536 kg**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT

  = 0,0164328 x 1 x 32

  = **0,17153 kJ**

- Q product load = Q cadaver + Q air

  = 9450 + 0,5258496

  = **8400,17 kJ**

- Q transmission = U x A x ΔT

  = (A x ΔT) / 1/h0 + x1/k1 + x2/k2 + 1/h0

= ((2(p x l) x 36) / 1/0,026 + 0,005/3,469 + 0,04/0,043 + 1/0,026

= (3,2 x 36)/ 77,8548

= 14,7 kJ

- Q Cooling Load = Q product + Q transmission

  = 8400,17 + 14,7

  = **8414,87 kJ**

- Massa es kering yang dibutuhkan dihitung berdasarkan kalor laten dari perubahan fasa es kering. Dalam perhitungan ini menggunakan asumsi sebagai berikut :

  - Heat load berasal dari cadaver dengan massa 75 kg (average)
  - Bodybag digunakan di lingkungan dengan temperature 30° C. Sehingga:

    Q cooling load = Q dry ice

    8414,87 = m x Lf (Latent heat of dry ice, 573,1)

    8414,87 = m x 573,1

    mass of dry ice = 8414,87/ 573,1

    = **14,68 kg**

Ft^3

4.2.2 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 70 kg dan suhu pendinginan 0°C

- Q cooling load = Q product load + Q infiltration + Q transmission
- Q product load = Q cadaver + Q air
- Q cadaver = m x c x ΔT

Explanation :

Q = Energy Transferred (kJ)

m = Mass of cadaver = 70 kg

c = Specific Heat Capacity = 3,5 kJ/kg °K (Average)

ΔT = Temperature Difference = 32°C = 36 + 273 = 305 K

= 0°C = 0 + 273 = 273 K

= 32 K

- Q cadaver = m x c x ΔT

  = 70 x 3,5 x 32

  = **7840 kJ**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT
- V cadaver = Mass of Cadaver/Density of Cadaver

  = 70 kg / 985 kg/m3

  = 0,07107 m3 = 71,066 Liter

- V air inside Bodybag = (p x l) = 200 cm x 80 cm

  = Dianggap persegi panjang = 190 cm x 70 cm x 5 cm

  = 80500 cm^3 = **80,5 Liter**

- V air inside Bodybag = 80,5 Liter – 71,066Liter

  = 9,43 Liter

- Mass of air inside Bodybag = volume air inside of Bodybag X density of air

  = 9,43 x 0,00123
  = **0,0116 kg**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT

  = 0,0116 x 1 x 32

  = **0,37132 kJ**

- Q product load = Q cadaver + Q air

  = 7840 + 0,3713

  = **7840,37 kJ**

- Q transmission = U x A x ΔT

  = (A x ΔT) / 1/h0 + x1/k1 + x2/k2 + 1/h0

= ((2(p x l) x 36) / 1/0,026 + 0,005/3,469 + 0,04/0,043 + 1/0,026

= (3,2 x 36)/ 77,8548

= 14,7 kJ

- Q Cooling Load = Q product + Q transmission

  = 7840,37 + 14,7

  = **7855,07 kJ**

- Massa es kering yang dibutuhkan dihitung berdasarkan kalor laten dari perubahan fasa es kering. Dalam perhitungan ini menggunakan asumsi sebagai berikut :

  - Heat load berasal dari cadaver dengan massa 70 kg (average)
  - Bodybag digunakan di lingkungan dengan temperature 30° C. Sehingga:

    Q cooling load = Q dry ice

    7855,07 = m x Lf (Latent heat of dry ice, 573,1)

    7855,07 = m x 573,1

    mass of dry ice = 7855,07/ 573,1

    = **13,7063 kg**

4.2.3 Beban pendinginan dan Massa Es kering Dengan Massa Jenazah 65 kg dan suhu pendinginan 10°C

- Q cooling load = Q product load + Q infiltration + Q transmission
- Q product load = Q cadaver + Q air
- Q cadaver = m x c x ΔT

Explanation :

Q = Energy Transferred (kJ)

m = Mass of cadaver = 65 kg

c = Specific Heat Capacity = 3,5 kJ/kg °K (Average)

ΔT = Temperature Difference = 32°C = 36 + 273 = 305 K

= 0°C = 0 + 273 = 273 K

= 32 K

- Q cadaver = m x c x ΔT

  = 65 x 3,5 x 32

  = **7280 kJ**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT
- V cadaver = Mass of Cadaver/Density of Cadaver

  =65 kg / 985 kg/m3

  = 0,06599 m3 = 65,9898 Liter

- V air inside Bodybag = (p x l) = 200 cm x 80 cm

  = Dianggap persegi panjang = 190 cm x 70 cm x 5 cm

  = 80500 cm^3 = **80,5 Liter**

- V air inside Bodybag = 80,5 Liter – 65,9898 Liter

  = 14,5102 Liter

- Mass of air inside Bodybag = volume air inside of Bodybag X density of air

  = 14,5102 x 0,00123
  = **0,01785 kg**

- Q air inside bodybag = m x c x ΔT

  = 0,01785 x 1 x 32

  = **0,57112 kJ**

- Q product load = Q cadaver + Q air

  = 7280 + 0,57112

  = **7280,57112 kJ**

- Q transmission = U x A x ΔT

  = (A x ΔT) / 1/h0 + x1/k1 + x2/k2 + 1/h0

= ((2(p x l) x 36) / 1/0,026 + 0,005/3,469 + 0,04/0,043 + 1/0,026

= (3,2 x 36)/ 77,8548

= 14,7 kJ

- Q Cooling Load = Q product + Q transmission

  = 7280,57112 + 14,7

  = **7295,27 kJ**

- Massa es kering yang dibutuhkan dihitung berdasarkan kalor laten dari perubahan fasa es kering. Dalam perhitungan ini menggunakan asumsi sebagai berikut :

  - Heat load berasal dari cadaver dengan massa 65 kg (average)
  - Bodybag digunakan di lingkungan dengan temperature 30° C.

  Sehingga:

  Q cooling load = Q dry ice

  7295,27 = m x Lf (Latent heat of dry ice, 573,1)

  7295,27 = m x 573,1

  mass of dry ice = 7295,27/ 573,1

  = **12,7295 kg**

4.2.4 Tabel Hasil Kebutuhan Massa Media Pendinginan

Tabel 5. Kebutuhan Massa Dry Ice

Dry Ice		**Massa Jenazah (Kg)**		
		65	70	75
Suhu (° C)	0	12,729	13,706	14,683
	5	10,743	11,568	12,392
	10	8,759	9,431	10,102

Tabel 6. Kebutuhan Massa Es Batu

	Ice	Massa Jenazah (Kg)		
		65	70	75
Suhu (° C)	0	17,231	21,137	25,044
	5	16,085	19,731	23,377
	10	14,934	18,235	21,711

Tabel 7. Kebutuhan Massa Ice Gel

	Ice Gel	Massa Jenazah (Kg)		
		65	70	75
Suhu (° C)	0	23,232	25,015	26,789
	5	19,609	21,114	22,618
	10	15,986	17,213	18,439

Berdasarkan table tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pendinginan menggunakan es kering membutuhkan massa yang paling sedikit dibandingkan dengan media pendingin yang lain. Akan tetapi, hal itu tetap dirasa kurang efektif mengingat bodybag yang dirancang haruslah ergonomis. Semisal tetap dilakukan pendinginan menggunakan es kering, maka akan membutuhkan tenaga lebih bagi pengangkat kantong jenazah untuk memindahkannya. Mereka harus mengangkat jenazah ditambah dengan es kering yang jumlahnya tidak sedikit.

Maka dari itu, peneliti memutuskan untuk mengguanakn opsi terakir sebagai pilihannya, yaitu dengan menggunakan sistem plug & play terhadap mortuary freezer / loker penyimpanan mayat. Konsep dasar dari sistem ini ialah dengan mengalirkan udara dingin yang berada di dalam *mortuary freezer*. Udara akan dilalui melalui sebuah pipa menuju bodybag.

4.3 Pemilihan Media Pendinginan Berdasarkan Metode Simple Addtive Weighting (SAW)

Pada metode ini, langkah pertama yang dilakukan ialah mencatat beberapa media pendinginan yang akan dipilih. Selain itu, dipilih juga pemilihan bebrapa kriteria yang akan diberi penilaian dari masing-masing media pendinginan. Tidak

lupa juga diberi pembobotan pada setiap kriteria. Kemudian dilakukan penentuan kriteria mana yang merupakan benefit dan kriteria yang merupakan cost. Langkah selanjutnya ialah melakukan normalisasi untuk mendapatkan nilai preferensi yang akan menjadi acuan dalam pemilihan media pendinginan.

Media pendinginan yang akan diperhitungkan antara lain es batu, ice gel pack, instant cold pack, TEC, instant cooling powder, dry ice, dan mortuary freezer. Kriteria yang dipakai ialah tahan bocor, tahan disimpan dalam waktu lama, praktis, dan sederhana. Untuk penilaian masing-masing media pendinginan dapat dilakukan berdasarkan referensi atau permasalahan yang pernah terjadi sebelumnya. Kemudian, pembobotan kriteria adalah tahan kebocoran (30%), tahan disimpan dalam waktu lama (10%), praktis (35%), dan sederhana (25%). Maka hasil dari pemilihan dengan metode SAW adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Pemilihan media pendingian dengan metode SAW

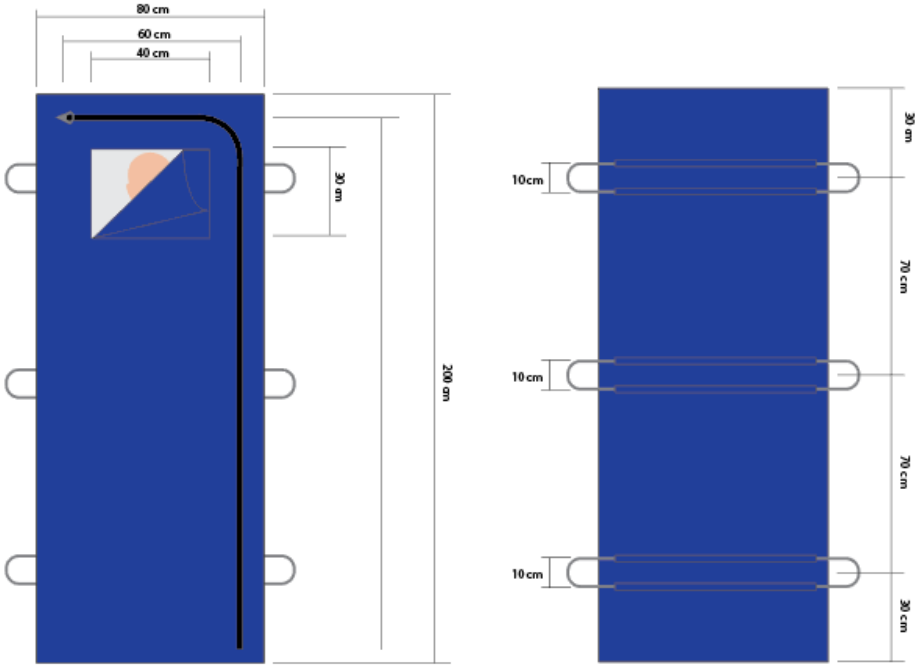
		Sistem Pendinginan Terbaik				Normalisasi				Preferensi
No	Item	**Tahan Bocor**	**Tahan Disimpan Lama**	**Praktis**	**Sederhana**	**Tahan Bocor**	**Tahan Disimpan Lama**	**Praktis**	**Sederhana**	
1	Es Batu	50	50	80	70	0,56	0,56	0,94	0,93	0,78
2	Ice Gel Pack	75	80	80	75	0,83	0,89	0,94	0,87	0,88
3	Instant Cold Pack	60	50	85	80	0,67	0,56	1,00	0,81	0,81
4	TEC	90	75	65	65	1,00	0,83	0,76	1,00	0,90
5	Instant Cooling Powder	80	85	80	75	0,89	0,94	0,94	0,87	0,91
6	Dry Ice	90	50	75	75	1,00	0,56	0,88	0,87	0,88
7	Mortuary Freezer	85	90	85	80	0,94	1,00	1,00	0,81	0,94

Dapat dilihat bahwa Mortuary freezer mendapatkan nilai preferensi paling besar dari antara media pendinginan yang lainnya. Hal ini menunjukan media pendinginan dengan model plug & play cocok dengan kriteria yang telah ditentukan.

4.4 Perancangan Sistem Proteksi dan Pendingin Kantong Jenazah

a. Sistem Proteksi

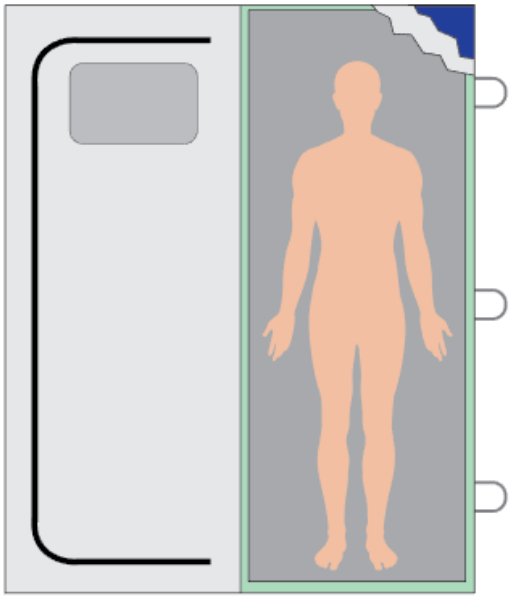
Dalam merancang sistem proteksi maupun sistem pendingin dari bodybag, hal pertama yang harus dilakukan ialah menentukan ukuran dari bodybag itu sendiri. Dalam tugas akhir ini, peneliti mengacu pada ukuran universal bodybag/ kantong jenazah yaitu dengan panjang 200 cm dan lebar 80 cm. Material utama bodybag ini ialah geomembrane HDPE dengan ketebalan 0,3 mm yang memilik beberapa kelebihan untuk menunjang sistem proteksi bodybag ini. Di dalam bodybag ini juga terdapat 2 lapisan yaitu foamed aluminium foil setebal 0,3 mm yang juga berguna dalam perancangan sistem pendinginan bodybag ini. Kemudian terdapat juga selembar alas super absorber pad yang berfungsi menyerap cairan yang berasal dari jenazah.



Gambar 14. Ukuran bodybag

Adapun beberapa komponen yang peneliti lengkapi untuk melengkapi sistem proteksi dari bodybag ini seperti zipper yang berfungsi membuka dan

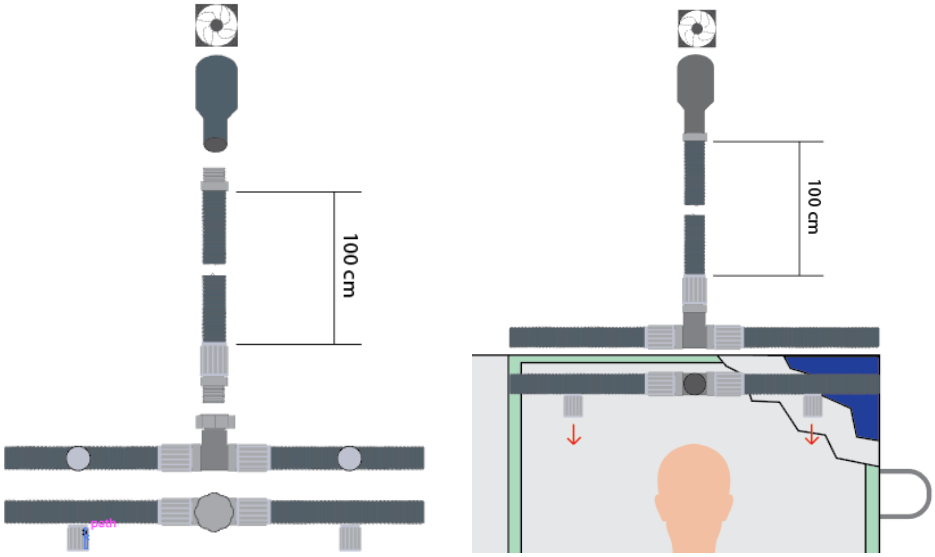
menutup bodybag, Velcro tape yang berguna untuk merekatkan super absorber pad ke permukaan dalam bodybag agar pad tidak mudah bergeser, 3 tali yang terpasang pada bodybag untuk memudahkan orang/ petugas memindahkan bodybag. Selain itu terdapat juga jendela yang terbuat dari mika transparan yang berfungsi sebagai tempat melihat isi dari bodybag tersebut tanpa membuka kantong jenazah.



Gambar 15. Lapisan dalam bodybag

b. Sistem Pendinginan

Dalam perancangan ini, peneliti menggunakan *mortuary freezer* dengan kapasitas 4 jenazah dalam 1 *mortuary* sesuai dengan kapasitas yang terdapat pada kapal penumpang pada umumnya. Pertama-tama, peneliti menggambar desain bodybag dan mortuary pada AutoCad sesuai dengan ukuran spesifikasi yang telah ditentukan. Pipa HDPE flexible Ducting Pipe disambungkan dari pintu mortuary menuju bodybag. Pada bodybag, sambung pipa berada di atas bodybag.



Gambar 16. Komponen pendinginan saat tidak digunakan (Left), Komponen pendinginan saat digunakan (Right)

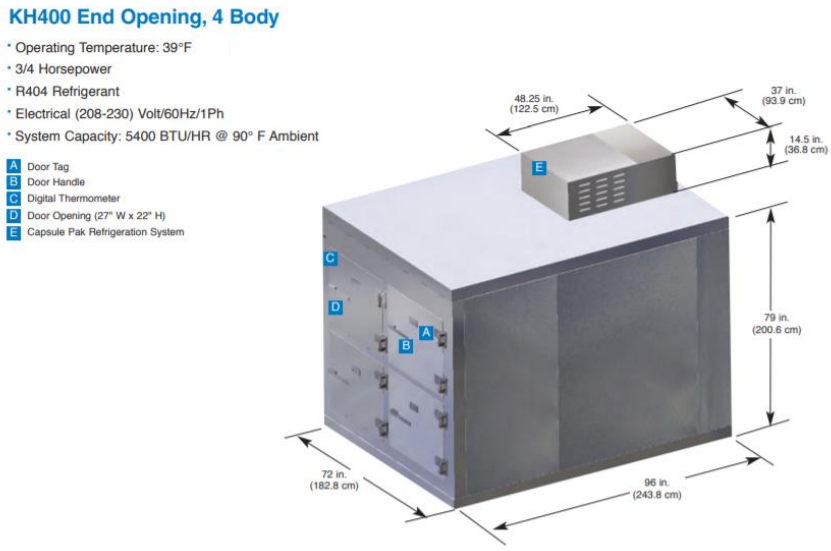
Pada pendesainan lubang ventilasi pada pintu mortuary, peneliti menggunakan ukuran sebesar 2 inch. Hal tersebut dilakukan menyesuaikan ukuran diameter fan yang dipakai untuk mengalirkan udara dari dalam morgue ke dalam bodybag. Udara akan dialirkan oleh exhaust fan menuju pipa berdiameter 1 inch. Sebelum menuju pipa, udara akan melewati reducer yang berfungsi menyambung pipa berdiameter 2 inch dengan 1 inch. Setelah itu, udara akan melewati tee joint sebagai percabangan dari pipa di dalam bodybag. Semua komponen akan disambungkan oleh konektor.

4.5 Analisa Kinerja Sistem Pendingin

Dalam analisa ini, peneliti menggunakan *mortuary freezer* dengan kapasitas 4 jenazah dalam 1 *mortuary*. *Mortuary* yang dipilih adalah Morpec Mortuary freezer dengan type KH400 .Berikut adalah spesifikasi dari mortuary freezer yang dipilih.

Tabel 9. Spesifikasi Mopec Mortuary KH400

Product	**KH400**
Type	End Opening
Door Style	2 Wide x 2 High
Body Capacity	4
Dimensions (L, W, H)-in	72 x 96 x 79
Electrical	208/230v 1ph 60hz
Refrigeration System H.P.	¾ H.P.
Compressor Capacity BTU/HR @90ºF ambient	5400 BTU/HR
Door Opening Size (W, H) - In	(4 ea.) 27 x 22
Shipping Weight	1578 lbs



Gambar 17. Mopec Mortuary KH400

Pada perhitungan beban panas pendinginan, didapatkan hasil sebesar 5702,65 kJ. Hasil itu merupakan beban panas untuk mendinginkan 1 jenazah ke suhu 0°C. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan 6 buah jenazah dengan konfigurasi 4 buah jenazah di dalam *mortuary freezer* dan 2 buah jenazah di dalam bodybag. Maka total beban panas pendinginan yang digunakan ialah :

Qcooling load Total = 5702,65 x 6

Qcooling load Total = 34215,9 kJ

Variasi dilakukan dengan membedakan jumlah jenazah yang akan didinginkan sehingga beban panas pendinginan dari masing-masing variasi pun berbeda. Kapasitas kompresor pada Mopec Mortuary KH400 ini ialah sebesar 5400 BTU/HR yang apabila dikonversi ke dalam satuan Watt akan menjadi 1692,58 Watt. Berikut adalah table perbandingan perbedaan beban panas pendinginan dari 1 jenazah hingga 6 jenazah dan dengan asumsi bahwa pendinginan untuk mencapai 0°C membutuhkan waktu 6 jam.

Tabel 10. Perbandingan Variasi beban pendinginan

Jumlah mayat	Qload (kJ)	Qe (Watt)	Lama Pendinginan sampai 0°C
1	5702,64619	264,011	6 Jam
2	11405,2924	528,023	6 Jam
3	17107,9386	792,034	6 Jam
4	22810,5847	1056,05	6 Jam
5	28513,2309	1320,06	6 Jam
6	34215,8771	1584,07	6 Jam

4.4.1. Mass Flow Rate

Mass flow rate atau laju aliran massa ialan jumlah massa yang mengalir melalui suatu penampang persatuan waktu disebut laju aliran massa dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho VA$$

Dimana :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

A = Luas penampang (m^2)

Dikarenakan udara yang dialirkan ialah udara dingin bersuhu 0°C, Maka massa jenisnya berbeda dengan massa jenis udara normal. Maka dari itu perlu dicari dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{M\ x\ P}{R\ x\ T}$$

Dimana :

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

M = Mol (gr/mol) = 28,8 gr/mol

P = Tekanan (ATM) = 1 ATM

R = 0,082

T = Temperature (K) = 273 K

Maka :

$$\rho = \frac{M\ x\ P}{R\ x\ T}$$

$$\rho = \frac{28{,}8\ x\ 1}{0{,}082\ x\ 273}$$

$$\rho = 1{,}28652 \text{ kg/m}^3$$

Kemudian untuk menghitung mass flow rate, perlu diketahui beberapa parameter seperti luas permukaan penampang (pipa) dan kecepatan aliran udara. Pada tugas akhir ini, peneliti menggunakan pipa fleksible aluminium dengan diameter 4 inch (10,16 cm) dan fan dengan ukuran 4 inch. Berikut adalah spesifikasi dari exhaust fan yang digunakan :

120x120x25 mm

46~80 CFM

Specifications

Model	P/N	Bearing	Rating Voltage	Freq.	Power Current	Power Consumption	Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise	Weight
		● VAPO ○ BALL ◎ Sleeve	(VAC)	(Hz)	(AMP)	(WATTS)	(RPM)	(CFM)	(Inch-H_2O)	(dB(A))	(g)
SP101AT	1122HSL.GN	◉	115	50/60	0.21/0.19	19/18	2000/2300	64/78	0.13/0.16	43/46	330
SP101AT	1122HST.GN	◉	115	50/60	0.21/0.19	19/18	2000/2300	64/78	0.13/0.16	43/46	330
SP103AT	1122LSL.GN	◉	115	50/60	0.14/0.13	14/13	1600/1800	46/53	0.11/0.12	35/38	330
SP103AT	1122LST.GN	◉	115	50/60	0.14/0.13	14/13	1600/1800	46/53	0.11/0.12	35/38	330
SP101AT	1122HBL.GN	○	115	50/60	0.21/0.19	19/18	2150/2500	66/80	0.14/0.17	44/48	330
SP101AT	1122HBT.GN	○	115	50/60	0.21/0.19	19/18	2150/2500	66/80	0.14/0.17	44/48	330
SP103AT	1122LBL.GN	○	115	50/60	0.12/0.11	12.5/11.5	1700/1900	47/54	0.12/0.13	37/40	330
SP103AT	1122LBT.GN	○	115	50/60	0.12/0.11	12.5/11.5	1700/1900	47/54	0.12/0.13	37/40	330

Gambar 18. Spesifikasi exhaust fan

Maka Mass Flow Rate yang didapat sebesar :

$$\dot{m} = \rho VA$$

$$\dot{m} = 1{,}28652 \text{ x } 1{,}16 \text{ x } 0{,}0081$$

$$\dot{m} = 0{,}01209 \text{ kg/s}$$

4.6 Prosedur Penggunaan Bodybag

4.5.1. PROSEDUR PELIPATAN BODYBAG

1. Lipat tali pengangkat bodybag kea rah dalam sehingga bodybag lebih rapi saat pelipatan.
2. Lipat bagian bawah bodybag ke arah belakang dimana garis pelipatan dibawah tali pengangkat tengah agar lebih memudahkan saat pelipatan.
3. Letakan komponen lainnya di bagian atas bodybag.

4. Lipat lagi bagian bawah bodybag ke belakang hingga menutupi komponen. Kemudian masukan bodybag ke dalam plastik kemasan. Bodybag siap untuk disimpan. Bodybag tidak dapat dilipat secara vertical karena terdapat komponen pendiginan di bagian atas dan dalam bodybag. Hal itu dilakukan untuk mencegah kerusakan komponen pada saat penyimpanan

4.5.2. PROSEDUR PENYIMPANAN BODYBAG

1. Kantong Jenazah disimpan dalam keaadan terlipat dan dibungkus dengan plastik.
2. Diikutsertakan juga instrument pendukung seperti petunjuk pengoperasian.
3. Penggunaan Kantong Jenazah dengan sistem pendingin ini dapat digunakan setelah mortuary/loker penyimpanan jenazah telah penuh.
4. Simpan kantong jenazah pada ruang medis agar lebih mudah dicari saat kondisi membutuhkan

4.5.3. PROSEDUR ALAT PERLINDUNGAN DIRI (APD) PETUGAS

1. Penanganan terhadap jenazah tidak menularkan penyakit
   - Petugas/orang yang akan menangani jenazah harus dilengkapi dengan Alat Pelindung Diri (APD) standar seperti masker bedah dan sarung tangan.

2. Penanganan terhadap jenazah dengan membawa penyakit menular

   Dalam wabah penyakit menular, penting untuk memahami cara penularan penyakit. beberapa penyakit dapat ditularkan melalui udara, sementara yang lain ditularkan melalui kontak langsung dengan cairan tubuh. Memahami cara penularan akan membantu petugas untuk melindungi diri mereka dari penyakit yang dibawa oleh jenazah.

   - Petugas/orang yang akan menangani jenazah harus dilengkapi dengan Alat Pelindung Diri (APD) untuk menutupi mata, mulut, dan hidung.
   - Menggunakan *face shield* atau *goggles*.
   - Kenakan masker medis/bedah tahan cairan dengan desain terstruktur yang tidak menempel di mulut.
   - Kenakan sarung tangan ganda (bukan lateks).

- Kenakan pakaian pelindung tubuh selain pakaian dinas biasa (mis. baju bedah).
    - Pakaian pelindung tubuh ini harus berupa gaun dan celemek sekali pakai. Gaun pelindung sekali pakai harus terbuat dari kain yang telah diuji ketahanannya terhadap penetrasi oleh darah atau cairan tubuh atau terhadap patogen yang ditularkan melalui darah.
    - Pilihan celemek harus, dalam urutan preferensi: celemek tahan air sekali pakai.
- Kenakan sepatu bot tahan air (misalnya sepatu bot karet/permen karet).
- Kenakan penutup kepala yang menutupi kepala dan leher. Penutup kepala harus terpisah dari gaun sehingga dapat dilepas secara terpisah.

4.5.4. PROSEDUR PENGGUNAAN BODYBAG PADA JENAZAH DI KAPAL

1. Perlakuan terhadap jenazah
    a. Jenazah tidak membawa penyakit menular
        1. Luka pada tubuh jenazah ditutup menggunakan plester anti air
        2. Lubang yang terdapat pada tubuh jenazah ditutup menggunakan kassa.

    b. Jenazah dengan pennyakit menular
        - Jenazah didesinfeksi menggunakan cairan disinfektan guna membunuh kuman, bakteri, dan virus yang menempel padatubuh jenazah.
        - Luka pada tubuh jenazah ditutup menggunakan plester anti air
        - Lubang yang terdapat pada tubuh jenazah ditutup menggunakan kassa.
        - Jika diperlukan, bungkus jenazah menggunakan plastik agar penyakit yang dibawa oleh jenazah tidak gampang ditularkan.

2. Melakukan pengecekan terhadap kantong jenazah yang akan digunakan. Pengecekan tersebut meliputi :

a. Tidak adanya kerusakan seperti kebocoran atau robek
b. Zipper berfungsi dengan baik
c. Kelengkapan komponen
d. Tali pengangkat masih berfungsi dengan baik

3. Tahap penempatan jenazah ke dalam kantong jenazah
    a. Minimal ada 2 petugas yang dapat memindahkan jenazah ke dalam kantong
    b. Tempatkan kantong jenazah di samping tubuh dan buka zipper.
    c. Pegang jenazah di lengan dan kaki dan tempatkan tubuh di kantong mayat
    d. Tutup kantong jenazah
    e. Disinfeksi bagian luar kantong jenazah.

4. Tahap Penggunaan Bodybag
    a. Pindahakan kantong dengan cara memegang tali pengangkat yang telah disediakan pada kantong jenazah secara bersamaan.
    b. Letakan kantong jenazah sedekat mungkin dengan morgue/mortuary. Pastikan kantong jenazah diletakan jauh dari cahaya matahari, tertutup dan aman.
    c. Buka dan sambungkan selang dari kantong jenazah kepada lubang pendinginan yang terletak pada pintu mortuary.
    d. Sambungkan dan rapatkan selang ke lubang dengan menggunakan clamp.
    e. Pastikan clamp terpasang di atas lapisan karet yang terdapat pada sisi lubang sehingga udara dingin yang dialirkan tidak bocor.
    f. Jangan membuka kantong jenazah hingga tiba pada tempat tujuan.

4.5.5. PROSEDUR AKHIR

1. Sebelum APD dilepas, diwajibkan untuk mencuci tangan terlebih dahulu atau menggunakan handsanitizer.
2. Melepas sarung tangan secara hati-hati dengan cara menggulung dari luar kedalam.
3. Seluruh APD dilepas dan dibuang ke tempat sampah medis.
4. Dilarang untuk melepas masker di ruangan pelepasan APD karena ditakutkant dapat terkontaminasi.
5. Setelah keluar dari ruang pelepasan APD, masker dapat diganti menggunakan masker yang baru. Tidak lupa untuk cuci tangan atau

menggunakan handsanitizer serta mendesinfeksi sepatu yang digunakan menggunakan caira disinfektan sebelum beraktifitas kembali.

4.5.6. PROSEDUR TRANSPORTASI JENAZAH

- Petugas yang memindahkan kantong jenazah diwajibkan menggunakan Alat Perlindungan Diri (APD) sesuai dengan kondisi jenazah yang akan dipindahkan.
- Lepas clamp dan selang dari lubang yang terdapat pada mortuary.
- Tutup ujung selang.
- Angkat kantong jenazah secara bersamaan dengan cara mengangkat tali yang telah disediakan pada kantong jenazah.
- Bersihkan dan desinfeksi semua bagian ruangan oleh pasien yang meninggal; terutama area yang kotor oleh cairan tubuh.

4.5.7. PROSEDUR PEMUSNAHAN BODYBAG

- Setelah kantong jenazah telah dipakai, lipat kantong dan kumpulkan.
- Kantong jenazah yang telah dipakai tidak dapat dipakai kembali untuk menghindari penularan penyakit.
- Simpan limbah kantong pada wadah yang kuat, dan anti bocor sebagai tempat sampah medis.
- Penyimpanan limbah paling lama 48 jam (pada musim hujan), dan 24 jam (pada musim panas)
- Sampah medis yang di angkut keluar Rumah Sakit harus menggunakan angkutan khusus.
- Sampah medis/limbah kantong ini dapat dihancurkan di incinerator.

4.7 Analisa Kelayakan Ekonomi

4.7.1 Break Even Point (BEP)

Pada penelitian ini, penulis menghitung juga biaya yang dibutuhkan untuk membangun satu buah bodybag ini. Berikut table perhitungan material bodybag:

Tabel 11. Rician Harga Material Bodybag

No	Material	Harga
1	Lembar HDPE Geomembrane	Rp 44.800,00
2	Foamed Aluminium Foil	Rp 38.400,00
3	Super Absorber Pad	Rp 12.000,00
4	Velcro Tape	Rp 7.000,00
5	Zipper	Rp 4.800,00
6	Mika Transparan	Rp 2.880,00
7	2 Inch Exhaust Fan	Rp 25.000,00
8	1 inch Tee Joint	Rp 10.000,00
9	HDPE flexible ducting pipe	Rp 65.300,00
10	All connector	Rp 40.000,00
11	Tali Pengangkat	Rp 24.000,00
	Total	Rp 274.180,00

Dapat dilihat pada table tersebut bahwa perkiraan harga untuk membangun 1 buah rescue cooling bodybag sebesar Rp 274.180,00. Untuk selanjutnya, akan dilakukan perhitungan terhadap biaya variable yang lain seperti baiya operasional yang meliputi biaya listrik, air, telepon, dan internet.

Tabel 12. Biaya Varibel

No	Biaya Variabel	Harga
1	Biaya Bahan Baku	Rp 264.180
2	Biaya Listrik	Rp 100.000
3	Biaya Air	Rp 8.000
4	Biaya telepon	Rp 5.000
5	Biaya Internet	Rp 45.000
	Total	Rp 422.180
	Penjualan per Unit	Rp 500.000

Dari table tersebut, dapat diketahui bahwa biaya variable dari pembuatan 1 buah bodybag sebesar Rp 422.180. Maka, untuk menetapkan harga penjualan per unit sekaligus pendapatan dari satu buah bodybag, peneliti membulatkan

harga penjualan menjadi Rp 500.000. Langkah selanjutnya sebelum menentukan BEP adalah dengan menentukan biaya tetap yang terdiri dari gaji karyawan dan sewa tempat produksi.

Tabel 13. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jenis Pekerjaan	Jumlah	Hitungan per Alat	Upah
1	Karyawan Produksi	Pembuatan Material	2	Rp 125.000	Rp 250.000
2	Karyawan Packing	Pengemasan Bodybag beserta komponen	2	Rp 125.000	Rp 250.000
		Total			Rp 500.000

Tabel 14. Biaya Tetap

No	Biaya Tetap	Total	
1	Biaya Sewa	Rp	1.000.000
2	Gaji Karyawan	Rp	500.000
	Total	**Rp**	**1.500.000**

Biaya tetap atau *fixed cost* merupakan biaya yang nilainya tidak berubah meski ada perubahan operasional bisnis. Perubahan yang dimaksud adalah ada atau tidaknya aktivitas operasional perusahaan untuk memproduksi barang pada periode tertentu. Misalnya biaya tenaga kerja, biaya sewa, atau biaya penyusutan peralatan. Pada analisa ini, biaya tetap yang diperoleh berasal dari gaji karyawan dan sewa tempat dengan total biaya sebesar Rp. 1.500.000,00.

Tabel 15. BEP Table

Unit(q)	FC	VC	TC	TR	BEP
0	Rp 1.500.000	Rp -	Rp 1.500.000	Rp -	-Rp 1.500.000
5	Rp 1.500.000	Rp 2.110.900	Rp 3.610.900	Rp 2.500.000	-Rp 1.110.900
10	Rp 1.500.000	Rp 4.221.800	Rp 5.721.800	Rp 5.000.000	-Rp 721.800
15	Rp 1.500.000	Rp 6.332.700	Rp 7.832.700	Rp 7.500.000	-Rp 332.700
20	**Rp 1.500.000**	**Rp 8.443.600**	**Rp 9.943.600**	**Rp 10.000.000**	**Rp 56.400**
25	Rp 1.500.000	Rp 10.554.500	Rp 12.054.500	Rp 12.500.000	Rp 445.500

Setelah menemukan total biaya variable dan biaya tetap, langkah selanjutnya yaitu menghitung total cost dan total revenue untuk mendapatkan point BEP. Pada table 15, ditemukan bahwa pada penjualan unit ke-0 sampai ke-15 mempunyai nilai pendapatan yang negative. Tetapi pada penjualan ke-20, pendapatan mendapatkan nilai positif. Hal ini mendakan bahwa titik BEP berada pada penjualan unit ke-20. Untuk memastikan angka tersebut benar, maka dilakukanlah perhitungan menggunakan rumus BEP sebagai berikut.

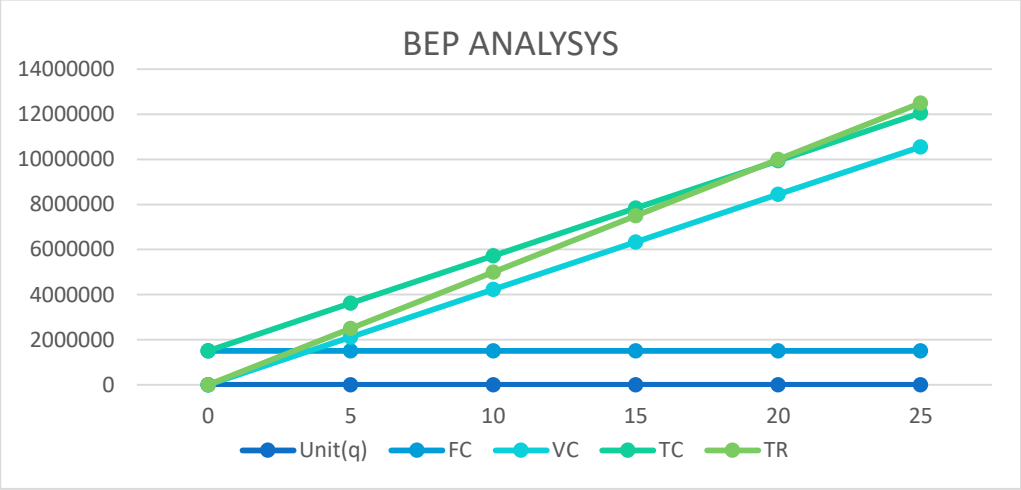
BEP = FC /(Harga Unit – VC)

= 1.500.000 / (500.000 – 422.180)

= 19,28

≅ 20 Unit

Pada perhitungan menggunakn rumus, didapat hasil BEP sebesar 19,28. Angka tersebut harus dibulatkan ke atas karena tidak mungkin angka penjualan unit dalam bentuk angka decimal. Selain itu, tidak mungkin juga pembualatan dilakukan ke bawah karena pendapatan yang dihasilkan dari penjualan unit yang dibulatkan ke bawah akan bernilai negative.



Gambar 19. Grafik BEP

Dapat dilihat pada grafik, titik BEP berada pada penjualan unit ke 20. Semakin banyak penjualan bodybag, maka semakin banyak juga keuntungan yang didapatkan dalam 1 periode penjualan. Sebaliknya, jika penjualan dalam periode tertentu di bawah 20 unit, maka dapat dipastikan mengalami kerugian.

4.7.2 Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit cost ratio (B/C R) merupakan suatu analisa pemilihan proyek yang biasa dilakukan karena mudah, yaitu perbandingan antara benefit dengan cost. Kalau nilainya < 1 maka proyek itu tidak ekonomis, dan kalau > 1 berarti proyek itu feasible. Kalau B/C ratio = 1 dikatakan proyek itu marginal (tidak rugi dan tidak untung). Dikarenakan ini adalah peluang bisnis baru maka, cost dalam perhitungan BCR menggunakan total dari investment cost. Investment cost yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut.

Tabel 16. Investment cost

No	Kebutuhan	Jumlah	Satuan	Harga		Total	
1	Meja	2	Unit	Rp	500.000	Rp	1.000.000
2	Kursi	6	Unit	Rp	350.000	Rp	2.100.000
3	Pisau potong	4	unit	Rp	50.000	Rp	200.000
4	Sewa tempat	1	unit	Rp	1.000.000	Rp	1.000.000
5	Mesin jahit	2	unit	Rp	1.000.000	Rp	2.000.000
6	Peralatan kerja	3	pax	Rp	150.000	Rp	450.000
7	Gerinda	2	unit	Rp	485.000	Rp	970.000
8	Bor	2	unit	Rp	250.000	Rp	500.000
9	Meteran	3	unit	Rp	20.000	Rp	60.000
10	Hand sealer	2	unit	Rp	475.000	Rp	950.000
			Total			Rp	9.230.000

Kemudian untuk menghitung benefit, menggunakan target penjualan sessuai dengan BEP, yaitu penjualan sebesar 20 dikalikan dengan harga penjualan per unit sebesar Rp. 500.000. Maka Benefit ditemukan sebesar Rp. 10.000.000.

Nilai BCR = Benefit/investment cost

= 10.000.000 / 9.230.000

= 1,0834

Sebuah bisnis dapat dikatakan memiliki prospek yang bagus jika nilai BCR nya lebih dari 1. Hasil dari peluang bisnis rescue cooling bodybag ini sebesar 1,0834 sehingga dapat dikatakan peluang bisnis ini dapat diterima.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, dan pembahasan pada tugas akhir ini, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan rancangan desain proteksi yang terdiri dari 3 lapisan untuk mencegah kebocoran, tahan disimpan dalam waktu yang lama, dan kuat menahan beban yang berat Serta dengan sistem pendinginan dirancang dapat mengalirkan udara dingin melalui koneksi antara mortuary freezer dan rescue cooling bodybag.
2. Didapatkat hasil penelitian sebagai berikut.
    - Penelitian ini menggunakan mortuary freezer dengan daya tampung 4 jenazah yang memiliki kapasitas sebesar 5400 BTU/Hr atau 1692,52 Watt.
    - Dalam perhitungan beban panas pendinginan untuk 6 buah jenazah didapatkan hasil sebesar 1584,07 Watt yang dimana cukup bagi mortuary frezer untuk mendinginkan 6 buah jenazah ke suhu 0ºC.
    - Adapun waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan 6 buah jenazah ke suhu 0ºC adalah selama 6 jam.
3. Pada Analisa ekonomi sebuah peluang bisnis rescue ini , didapat kan hasil perhitungan BEP pada penjualan unit ke 20. Sedangkan nilai dari BCR sebesar 1,0833 sehingga dapat dikatakan peluang bisnis ini dapat diterima.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitan dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa hal yang menjadi bahan evaluasi agar terdapat perbaikan dan penyemurnaan dalam peneliatan selanjutnya. Beberapa hal tersebut ialah :

- Perlunya analisa lebih lanjut pada desain pendingan di dalam bodybag agar mengetahui persebaran udara dingin yang dialirkan merata ataukah tidak.
- Perlunya perhitungan lebih lanjut mengenai heat loss pada sistem pendinginan rescue cooling bodybag ini.

- Analisa ekonomi dapat dilakukan lebih mendalam untuk cangkupan industri sehingga dapat mengetahui kelayakan dalam bisnis cooling bodybag ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Patel, M., Khatri, S., Shree, J. R., Patil, A. S., Agrawal, P., Sinha, A., ... & Agarwal, A. K. (2020). Conceptual design of a body bag for preventing infections and safe disposal of deceased from covid-19 virus. *Transactions of the Indian National Academy of Engineering*, *5*(2), 429-435.

Sharma, S. D., Kitano, H., & Sagara, K. (2004). Phase change materials for low temperature solar thermal applications. *Res. Rep. Fac. Eng. Mie Univ*, *29*(1), 31-64.

Tobing, N. A. H. L. (2020). PENGGUNAAN PCM JENIS PARAFIN SEBAGAI MEDIA PENDINGIN PADA COOL BOX UNTUK MEMPERTAHANKAN KESEGARAN SAYURAN.

Saputra, A. C. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Ice Gel Propylene Glycol Sebagai Media Pendingin Coolbox Kapal Ikan Tradisional (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Dahlan, S. (2000). Ilmu kedokteran forensik pedoman bagi dokter dan penegak hukum. *Balai penerbit Universitas Diponegoro. Semarang*.

Upayogi, I. N. T. (2019). KAJIAN EKSPLANASI TARU MENYAN PENETRAL BAU MAYAT. *Jurnal Filsafat Indonesia*, *2*(1), 37-41.

Sihombing, P. L. (2018). *Desain Kotak Pendingin pada Kapal Nelayan Tradisional menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria (L.) Nielsen) dan Jerami* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Pudjiastuti, W., Hendartini, H., Supeni, G., & Listyarini, A. (2011). Penelitian Menggunakan Cold Roll Box (CRB) Dengan Phase Change Materials (PCMs) Untuk Mempertahankan Kesegaran Produk Pertanian. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, *33*(2), 179-182.

Rahmanita, M. (2010). *PERBEDAAN KECEPATAN LISIS SEL HEPAR PADA TIKUS WISTAR DALAM MEDIA AIR TAWAR DAN TANAH: BERDASARKAN GAMBARAN HISTOPATOLOGI* (Doctoral dissertation, Faculty of Medicine).

Fransisco, T. M. (2020). KAJIAN SIFAT TERMAL MATERIAL FASA BERUBAH UNTUK APLIKASI RUANGAN SEJUK.

Hoiriyah, Y. U. (2019). Peningkatan Kualitas Produksi Garam Menggunakan Teknologi Geomembran. *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*, *6*(2), 71-76.

Abdullah, Z. A., & Susandini, A. (2018). Media Produksi (Geomembrane) Dapat Meningkatkan Kualitas Dan Harga Jual Garam (Study Kasus: Ladang Garam Milik Rakyat Di Wilayah Madura). *Eco-Entrepreneur*, *4*(1), 21-36.

Irsyad, M., Wardono, H., Amrizal, M. A., & Yulian, A. M. Karakteristik Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Berisi Material Fasa Berubah Pada Proses Pembekuan.

Irsyad, M., Tobing, N. A. H., & Susila, M. D. (2020). Pemanfaatan material fasa berubah untuk mempertahankan kesegaran sayuran. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *9*(2).

Cordner, S., Coninx, R., Kim, H., Van Alphen, D., & Tidball-Binz, M. (2016). Management of Dead Bodies After Disasters : A Field Manual For First Responders. *Pan American Health Organization*.

Liemena, A. E. (2011). Laju Aliran Massa Air Pendingin Yang Diperlukan Dan Laju Perpindahan Panas Dari Refrigeran Ke Air Pendingin. *Arika*, *5*(2), 171-176.

Ridhuan, K., & Refai, A. (2013). ANALISA KEBUTUHAN BEBAN PENDINGIN DAN DAYA ALAT PENDINGIN AC UNTUK AULA KAMPUS 2 UM METRO. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, *2*(2).

Bunnoto, E. PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA COLD STORAGE UNTUK PENYIMPANAN PRODUK HASIL LAUT DI PT. XINHAIYUAN. *Jurnal Mahasiswa Prodi Teknik Mesin*, *1*(1).

Gutierrez, P.H. and Dalsted, N.L., 1990. *Break-even method of investment analysis* (Doctoral dissertation, Colorado State University. Libraries).

LAMPIRAN

1. Rincian Biaya Material Rescue Cooling Bodybag

NO	MATERIAL	RINCIAN				Berat Total (KG)	Harga	Total
1	Lembar HDPE Geomembrane Tebal 0,3 mm	Luasan	200 x 80	16000	cm2	0,896	Rp 14.000,00	Rp 44.800,00
				1,6	m2			
			Total	3,2	m2			
		Berat		0,28	kg/m2			
			Total	0,896	kg/m2			
2	Foamed Aluminium Foil Tebal 0,3 mm Dijual dalam bentuk roll 1,2M x 50M	Luasan	200 x 80	16000	cm2	0,06	Rp 12.000,00	Rp 38.400,00
				1,6	m2			
			Total	3,2	m2			
		Berat		0,01875	kg/m2			
			Total	0,06	kg/m2			
3	Super Absorber Pad Tersedia ukuran 60 x 90	Luasan	60 x 90	1	lembar	0,258	Rp 4.000,00	Rp 12.000,00
			Total	3	lembar			
		Berat		0,086	kg/m2			
			Total	0,258	kg/m2			
4	Velcro Tape Untuk merekatkan Pad dengan bodybag	Panjang	80 x 6	480	cm	0,0078	Rp 3.500,00	Rp 7.000,00
			50 x 6	300	cm			
			Total	7,8	m			
		Berat		0,001	kg/m			
			Total	0,0078	kg/m			

5	Zipper	Panjang	Total	0,24	m	0	Rp 20.000,00	Rp 4.800,00
			180+60					
6	Mika Transparan Tebal 0,3 mm	Luasan	40 x 40	1600	cm2	0	Rp 18.000,00	Rp 2.880,00
				0,16	m2			
			Total	0,16	m2			
7	2 Inch Exhaust Fan						Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
8	1 inch Tee Joint						Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
9	HDPE flexible ducting pipe 1, 8						Rp 65.300,00	Rp 65.300,00

10	all connector			Rp 40.000,00	Rp 40.000,00
11	Tali Pengangkat Tali Webbing Tebal 0,25 cm	Panjang 200 200 cm 3 2 m Total 6 m2	0	Rp 4.000,00	Rp 24.000,00
TOTAL			**1,2218**	**kg**	**Rp 274.180,00**

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Ariel Ernest Leiwakabessy, merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Lahir pada tanggal 21 Mei 1999, di kota Surabaya, Jawa Timur. Penulis telah menempu jenjang Pendidikan formal dasar di SD Widya Merti Surabaya, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 26 Surabaya, jenjang menegah atas di SMA Negeri 11 Surabaya, dan melanjutkan Pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Pada tahun keempat berkuliah, penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang studi *Fluid Machinery and System* (MMS). Penulis pernah menjalankan on the job training di perusahaan yaitu PT. Daya Radar Utama cabang Lamongan tahun 2019 dan PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero) Banten tahun 2020. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dan berpengalaman dalam berorganisasi serta kepanitiaan. Penulis pernah menjadi Staff Departemen Media dan Informas Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (Himasiskal) periode 2019-2020, dan dilanjutkan dengan menjadi Ketua Divisi Desain Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (Himasiskal) periode 2020-2021. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan softskills seperti Character Building Himasiskal, LKMM Pra TD, Pelatihan AutoCAD Basic dan beberapa kegiatan lainnya.

Ariel Ernest Leiwakabessy
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan-FTK ITS
arielleiwa@gmail.com.