



*PERANCANGAN LOW-COST CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE
DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN*

CANDI BAROAJI JAYAMAHE
NRP. 0421174000080

PEMBIMBING:
IR. ALAM BAHERAMSYAH, M., Sc.
HANDI RAHMANNURI, S.T., M.T.

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




DESIGN OF LOW-COST CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE WITH
COOLING MEDIUM VARIATION


CANDI BAROAJI JAYAMAHE
NRP. 0421174000080

SUPERVISORS:
IR. ALAM BAHERAMSYAH, M., Sc.
HANDI RAHMANNURI, S.T., M.T.


DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
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 : IR. ALAM BAHERAMSYAH, M.SC.
NIP./NPP. : 196801291992031001
Tanggal : 24 Agustus 2021

Tanda Tangan : 
Pembimbing II : HANDI RAHMANNURI, ST, MT
NIP./NPP. : 198805042020121010
Tanggal : 24 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



PERANCANGAN LOW-COST CONTROLLED ATMOSPHERE
DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN

CANDI BAROAJI JAYAMAHE

Tugas Akhir diajukan untuk memenuhi
salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
(Laboratorium Mesin Fluida)

Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
27 Agustus 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

“Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul *Perancangan Low-Cost Controlled Atmosphere Storage Dengan Variasi Media Pendingin* 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 : CANDI BAROAJI JAYAMAHE
NRP. : 0421174000080
Tanggal : 24 Agustus 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah, Tuhan Yang Maha Esa, karena anugerah dan kuasa-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “PERANCANGAN LOW-COST CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik oleh penulis juga atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kemudahan, keselamatan, dan Kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, adik penulis, serta keluarga besar penulis yang telah memberikan semangat, dukungan materil maupun moril, serta do’a agar terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan pengarahan, saran dan pertimbangan bagi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Seluruh Anggota Himasiskal FTK – ITS, yang selalu berjuang bersama menempuh pendidikan di DTSP.
6. Kania Hana Rahmani yang selalu memberi do’a, dukungan dan semangat setiap saat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman – Teman Laboratorium MMS, yang selalu memberikan dukungan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, serta semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang sekecil apapun tetap berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan saran untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini dengan baik dan dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, semoga Tuhan YME melimpahkan KaruniaNya kepada kita semua, dan laporan ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 2021
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara penghasil buah tropis terbanyak di dunia. Sektor buah dan sayuran menjadi salah satu komoditas ekspor terbesar. Hal ini dikarenakan sebagai negara tropis yang diberada di jalur cincin gunung berapi membuat Indonesia memiliki iklim dan kesuburan yang baik untuk buah-buahan. Perdagangan buah-buahan membutuhkan pengiriman dengan pengkondisian tertentu yang dibutuhkan oleh buah tersebut. Hal ini dikarenakan, setiap buah memiliki karakteristik udara penyimpanan tertentu dengan tujuan memperpanjang usia simpan buah. Selain itu perdagangan buah dalam jumlah besar membutuhkan kapal sebagai moda transportasinya. Karena kapal merupakan moda transportasi paling efektif untuk pengiriman dalam jumlah yang besar. Untuk itu, dibutuhkan sebuah alat penyimpan produk buah-buahan yang dapat mengkondisikan udara sesuai dengan kebutuhan udara simpan buah. Dalam hal ini alat penyimpanan buah disesuaikan dengan spesifikasi kapal pelra sebagai kapal pengangkut di Indonesia. Alat penyimpan buah dengan karakteristik tersebut dikenal sebagai *Controlled Atmosphere Storage*, yaitu *storage* yang dapat mengkondisikan temperatur, kadar CO₂, kadar O₂, dan kadar ethylene pada ruang penyimpanan buah sehingga usia simpan buah dapat jauh lebih lama daripada usia simpan buah pada ruang penyimpanan yang memiliki temperatur rendah saja. Namun, pada kenyataannya teknologi pendingin merupakan teknologi yang memerlukan biaya yang tidak sedikit karena teknologi pendingin membutuhkan material dan komponen yang mahal. Untuk itu diperlukan perancangan *low-cost controlled atmosphere storage* sehingga alat tersebut lebih dapat digunakan pada kapal pelra. Berdasarkan hasil eksperimen pada dua jenis media pendingin yaitu kombinasi ice gel dan dry ice serta gas CO₂ didapatkan media pendingin terbaik yaitu gas CO₂. Gas CO₂ dapat menurunkan temperatur 30°C – 13°C dalam waktu 30 menit. Kemudian temperatur dapat dijaga pada rentang 13°C – 15°C sesuai kebutuhan buah pisang. Sementara ice gel dan dry ice memiliki kekurangan, karena ketahanan dingin yang terbatas.

ABSTRACT

Indonesia is the largest tropical fruit producing country in the world. The fruit and vegetable sector is one of the largest export commodities. This is because as a tropical country located in a volcanic ring, Indonesia has a good climate and fertility for fruits. The fruit trade requires delivery under certain conditions required by the fruit. This is because, each fruit has certain storage air characteristics with the aim of extending the shelf life of the fruit. In addition, the fruit trade in large quantities requires ships as a mode of transportation. Because the ship is the most effective mode of transportation for shipments in large quantities. For this reason, a fruit product storage device is needed that can condition the air according to the air requirements for storing fruit. In this case the fruit storage equipment is adjusted to the specifications of the Pelra ship as a transport ship in Indonesia. Fruit storage devices with these characteristics are known as Controlled Atmosphere Storage, namely storage that can condition the temperature, CO₂ levels, O₂ levels, and ethylene levels in fruit storage rooms so that the shelf life of fruit can be much longer than the shelf life of fruit in a storage room that has room temperature. just low. However, in reality cooling technology is a technology that requires no small amount of money because cooling technology requires expensive materials and components. For this reason, it is necessary to design a low-cost controlled atmosphere storage so that the tool can be used more on Pelra ships. Based on the experimental results on two types of cooling media, namely a combination of ice gel and dry ice and CO₂ gas, the best cooling medium is CO₂ gas. CO₂ gas can lower the temperature 30°C – 13°C within 30 minutes. Then the temperature can be maintained in the range of 13°C – 15°C according to the needs of bananas. Meanwhile, ice gel and dry ice have drawbacks, due to their limited cold resistance.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iii
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Pernyataan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pendahuluan	3
2.2 Studi Terkait.....	3
2.3 Karakteristik Udara pada Penyimpanan Buah dan Sayuran.....	4
2.4 Teknologi Controlled Atmosphere <i>Storage</i>	7
2.4.1 CO ₂ Supply	7
2.4.2 CO ₂ Removal	8
2.4.3 Etilen Removal.....	8
2.4.4 N ₂ Supply	8
2.5 Perhitungan Beban Pendingin	8
2.5.1 Beban Produk.....	9
2.5.2 Beban Infiltrasi.....	9
2.5.3 Beban Transmisi	10
2.5.4 Konduksi.....	10
2.5.5 Konveksi	11
2.5.6 Radiasi	11
2.6 Media Pendingin <i>Ice gel</i>	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Pendahuluan	13
3.2 Diagram Alir Penelitian	13
3.3 Perumusan Masalah	14
3.4 Studi Literatur	14

3.5	Pengumpulan Data	14
3.6	Desain Controlled Atmosphere Storage	14
3.7	Pemilihan dan Perangkaian Komponen.....	14
3.8	Pengujian dan Pengambilan Data.....	18
3.9	Validasi.....	19
3.10	Analisa Data	19
3.11	Kesimpulan dan Saran.....	19
3.12	Prosedur Eksperimen.....	19
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Pendahuluan	21
4.2	Skema Desain Prototype CAS.....	21
4.3	Skema Diagram Blok Sistem Kontrol	26
4.4	Perhitungan Beban Pendingin	28
	4.4.1 Penentuan Set Point Temperatur	28
	4.4.2 Perhitungan Udara Campuran	29
	4.4.3 Perhitungan Beban Pada Box Ice gel	29
	4.4.4 Perhitungan Beban Box Penyimpanan Buah	31
	4.4.5 Perhitungan Kebutuhan Ice gel	33
4.5	Analisa Grafik	34
	4.5.1 Grafik CAS Menggunakan Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice.....	34
	4.5.2 Grafik CAS Menggunakan Media Pendingin Gas CO ₂	42
	4.5.3 Perbandingan Grafik	48
4.6	Perbandingan Performa Media Pendingin.....	52
4.7	Perhitungan Kebutuhan Gas CO ₂	53
4.8	Perhitungan Kebutuhan Gas N ₂	55
4.9	Perbandingan Performa Media Pendingin.....	57
4.10	Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage	58
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1	Gambaran Umum Penelitian	63
5.2	Kesimpulan.....	63
5.3	Saran	64
	DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar produksi CO ₂ pada beberapa komoditi	5
Tabel 2.2 Batas toleransi kandungan CO ₂ dan O ₂ pada komoditas buah-buahan	5
Tabel 2.3 Laju produksi etilen pada buah-buahan.....	6
Tabel 3.1 Komponen Pada Controlled Atmosphere Storage.....	15
Table 4.1 Karakteristik Simpan Buah	28
Tabel 4.2 Karakteristik Simpan Buah Pisang.....	28
Tabel 4.3 Temperatur Box.....	29
Tabel 4.4 Perbandingan Performa Media Pendingin.....	52
Tabel 4.5 Spesifikasi Tabung Gas CO ₂	54
Tabel 4.6 Spesifikasi Tabung	57

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem Kontrol	12
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	13
Gambar 4.1 Skema Prototype CAS	21
Gambar 4.2 Styrofoam 70x49,5x40	22
Gambar 4.3 Styrofoam 70x49,5x40	22
Gambar 4.4 Styrofoam 70x49,5x40	23
Gambar 4.5 Ducting dan Fan	23
Gambar 4.6 KMnO ₄	24
Gambar 4.7 CaOH ₂	24
Gambar 4.8 Tabung Nitrogen.....	25
Gambar 4.9 Tabung CO ₂	25
Gambar 4.10 Diagram Blok Sistem Kontrol	26
Gambar 4.11 Sistem Pengendalian Pada Sensor Suhu.....	27
Gambar 4.12 Sistem Pengendalian Pada Sensor CO ₂	27
Gambar 4.13 Sistem Pengendalian Pada Sensor O ₂	28
Gambar 4.14 Grafik Temperatur Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice	34
Gambar 4.15 Grafik Temperatur Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 4 Jam Pertama	35
Gambar 4.16 Grafik Kadar O ₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice	36
Gambar 4.17 Grafik Kadar O ₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 1 Jam Pertama...37	
Gambar 4.18 Grafik Kadar CO ₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice	38
Gambar 4.19 Grafik Kadar CO ₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 7 Jam Pertama 39	
Gambar 4.20 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice	40
Gambar 4.21 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 4 Jam Pertama	41
Gambar 4.22 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO ₂	42
Gambar 4.23 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO ₂ 4 Jam Pertama.....	43
Gambar 4.24 Grafik Kadar O ₂ Media Pendingin Gas CO ₂	44
Gambar 4.25 Grafik Kadar O ₂ Media Pendingin Gas CO ₂ 1 Jam Pertama	45
Gambar 4.26 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Gas CO ₂	46
Gambar 4.27 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Gas CO ₂ 2 Jam Pertama	47
Gambar 4.28 Perbandingan Grafik Temperatur	48
Gambar 4.29 Perbandingan Grafik Temperatur 4 Jam Pertama.....	49
Gambar 4.30 Perbandingan Grafik Kadar O ₂	50
Gambar 4.31 Perbandingan Grafik Kadar Ethylene	51
Gambar 4.32 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO ₂	53
Gambar 4.33 Grafik Kadar O ₂ Pada Media Pendingin CO ₂	55
Gambar 4.34 Desain <i>Low-Cost Controlled Atmosphere Storage</i> 70x50x40 cm	58
Gambar 4.35 Desain <i>Low-Cost Controlled Atmosphere</i> 70x50x40 cm.....	59
Gambar 4.36 Desain <i>Low-Cost Controlled Atmosphere</i> 70x50x40 cm.....	59

Gambar 4.37 Desain Controlled Atmosphere Storage 150x100x50.....	60
Gambar 4.38 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage 150x100x50.....	61
Gambar 4.39 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage 150x100x50.....	62

DAFTAR SINGKATAN

CAS	: Controlled Atmosphere <i>Storage</i>
MAS	: Modified Atmosphere <i>Storage</i>
O ₂	: Oksigen
CO ₂	: Karbondioksida
N ₂	: Nitrogen
PET	: Polyetilen Tereftalat

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

m	- Massa
g	- Percepatan gravitasi
V_S	- Kecepatan kapal
ρ_{sw}	- Berat jenis air laut
η_0	- Effisiensi open water

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Ekspor komoditas pertanian seperti buah-buahan dan sayuran merupakan salah satu aspek penting dalam perekonomian di Indonesia. Dilansir dari pertanian.go.id, neraca perdagangan komoditas pertanian Indonesia pada tahun 2019 mencapai 3,89 Milyar USD. Angka tersebut berdampak sangat besar bagi perekonomian rakyat Indonesia.

Namun, perdagangan komoditas pertanian masih memiliki beberapa tantangan, salah satunya adalah proses pematangan yang berdampak pada kualitas buah-buahan dan sayuran. Kualitas buah-buahan dan sayuran setelah dipanen akan mengalami penurunan setiap harinya. Hal ini disebabkan oleh proses pematangan pada buah dan sayuran yang tetap berjalan setelah buah dan sayuran dipetik dari pohonnya sehingga buah dan sayuran membutuhkan pengiriman yang cepat. Beberapa faktor yang dapat mempercepat proses pematangan pada buah dan sayuran yaitu seperti kadar O², CO², ethylen, dan suhu penyimpanan. Oleh karena itu, untuk dapat mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu alat penyimpanan buah dan sayuran yang dapat mengatur kadar O², CO², ethylen, dan suhu penyimpanan dalam keadaan yang ideal dengan tujuan untuk memperlambat proses pematangan pada buah dan sayuran sehingga dapat menjaga kualitas buah dan sayuran tetap prima meski telah disimpan dalam waktu yang lama.

Wina Libyawati dkk pada studinya mengatakan “Teknologi *Controlled Atmosphere Storage* (CAS) tidak hanya mengendalikan kadar oksigen saja, dengan mengontrol keadaan udara normal 78% N₂, 21% O₂, dan 0,03% CO₂ menjadi oksigen di bawah 8% dan karbondioksida di atas 1% (Kader, 2004) sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ni Made Sudiari dan Sutrisno dengan teknologi *Modified Atmosphere Storage* (MAS) dengan ruang simpan di bawah 5°C pada penyimpanan buah Nangka akan memperpanjang masa simpan hingga 16 hari (Sudiari & Sutrisno, 1998).

Pada umumnya, sistem *controlled atmosphere storage* menggunakan pendingin berupa refrigerator. Namun, dikarenakan penggunaan refrigerator membutuhkan daya listrik yang sangat besar, maka media pendingin pada sistem ini diganti menggunakan *ice gel*. Penggunaan *ice gel* tidak memerlukan daya listrik dan dapat digunakan kembali (*reuseable*) sehingga dapat mengurangi biaya operasional. Kemudian apabila dibandingkan dengan media pendingin jenis *dry ice*, *ice gel* dinilai lebih ekonomis karena *dry ice* akan menguap dan habis apabila digunakan.

Untuk itu tujuan akhir dari tugas akhir ini adalah membuat perancangan *low-cost controlled atmosphere storage* menggunakan media pendingin *ice gel*. Yang bertujuan untuk mendapatkan teknologi pengkondisian udara yang ekonomis.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dapat diselesaikan pada tesis ini adalah:

1. Bagaimana desain *low-cost controlled atmosphere storage* dengan variasi media pendingin?
2. Bagaimana performa dari pendingin yang telah didesain?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan penelitian dari tesis ini adalah:

1. Mengetahui desain dari *low-cost controlled atmosphere storage* dengan variasi media pendingin.
2. Mengetahui performa dari pendingin yang didesain.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian pada tesis ini adalah:

1. Tidak melakukan analisa ekonomi.
2. Tidak menganalisa sistem control pada peralatan yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang didapat dari tesis ini adalah:

1. Dapat membantu dalam mendesain *low-cost controlled atmosphere storage* menggunakan media pendingin *ice gel*.
2. Dapat membantu bisnis sector penyimpanan hasil pertanian, agar kualitas produk tetap terjaga.

BAB 2 **KAJIAN PUSTAKA**

2.1 Pendahuluan

Pada bab ini terdiri studi terkait yang berhubungan dengan penelitian ini. Dan juga menjelaskan mengenai karakteristik penyimpanan buah dan sayuran, teknologi *controlled atmosphere storage*, perhitungan beban pendingin, serta menjelaskan mengenai karakteristik *ice gel* sebagai media pendingin.

2.2 Studi Terkait

1. (Sari, 2016) Design of Low-Cost Energy Controlled Atmosphere System for Fruit Container Using Dry Ice

Pada penelitian ini, penulis merancang *controlled atmosphere storage* (CAS) menggunakan media pendingin *dry ice* dengan tujuan membuat sistem ini menjadi lebih ekonomis dan hemat energi. Media penyimpanan yang digunakan adalah box styrofoam dengan ukuran 70x49,5x40 cm untuk *fruit storage*, 51x37,5x35 untuk *dry ice box*, 38,5x30x33,5 cm untuk box *CO₂ Removal*. Ketiga box styrofoam tersebut disambungkan dengan ducting yang menghubungkan box penyimpanan buah dengan box *dry ice* dan box *CO₂ Removal*. Untuk etilen *Removal* menggunakan KMnO_4 serta batu zeolite yang diletakkan di bawah buah pada box penyimpanan buah. Sedangkan tabung nitrogen terhubung menuju box penyimpanan buah melalui sebuah katup. Pengkondisian udara dilakukan dengan menggunakan empat sensor yang mengatur kandungan oksigen, etilen, karbondioksida dan suhu yang sudah diatur sesuai dengan kebutuhan udara untuk menyimpan buah pisang, yaitu suhu 11-15°C, kandungan oksigen 2-5%, dan kandungan karbondioksida. Monitor dari sensor oksigen dan karbondioksida terletak pada box penyimpanan buah. Apabila suhu pada box penyimpanan berada di atas 15°C maka ducting dari box *dry ice* akan terbuka dan menyalurkan udara dingin masuk ke dalam box penyimpanan buah. Sementara apabila suhu udara dalam box penyimpanan buah mencapai 11°C maka ducting dari box *dry ice* akan tertutup secara otomatis. Penggunaan *dry ice* juga bertujuan untuk mensuplai gas CO_2 masuk ke dalam box penyimpanan buah. Apabila kandungan CO_2 kurang dari 2% maka ducting *dry ice* akan terbuka dan menyalurkan CO_2 menuju box penyimpanan buah dan akan tertutup. Sedangkan apabila kandungan CO_2 pada box penyimpanan buah mencapai 5%, maka ducting antara box penyimpanan dan box *CO₂ Removal* akan terbuka dan membuang gas CO_2 dari box penyimpanan buah menuju box *CO₂ Removal*. Sedangkan untuk mengurangi kandungan oksigen pada box penyimpanan buah, adalah dengan menginjeksikan gas N_2 dari tabung nitrogen ke dalam box penyimpanan buah. Apabila kandungan CO_2 berada di bawah 2%, maka katup nitrogen akan terbuka. Namun ketika kandungan CO_2 mencapai 5% maka katup akan tertutup. Hasilnya yaitu 9 kg *dry ice* dapat mendinginkan 4 kg buah pisang sampai ke suhu 17°C dimana suhu tersebut dapat

bertahan selama 4,8 jam. Sedangkan untuk kembali ke suhu normal membutuhkan waktu selama 48 jam. Kadar etilen berkurang dari 4,9 ppm menjadi 2,79 ppm. Penginjeksian gas nitrogen dapat mengurangi kadar oksigen pada box penyimpanan buah dari 12% menjadi 3%. Penggunaan dry ice sebagai suplai CO₂ dapat mempertahankan kandungan gas CO₂ pada kadar yang diinginkan yaitu 66-67 ppm.

2. (Saputra, 2017) Studi Eksperimen Penggunaan *Ice gel Propylene Glycol* Sebagai Media Pendingin *Coolbox* Kapal Ikan Tradisional

Pada penelitian ini penulis mencoba mengetahui pengaruh *ice gel* sebagai media pendingin alternatif pendamping es pada coolbox terhadap kapasitas pendinginan. Pengamatan temperature dilakukan terhadap *ice gel* yang dikombinasikan dengan es basah pada perbandingan berat ikan:es:*ice gel* [kg], 4:4:0; 4:3:1; 4:2:2; 4:1:3; dan 4:0:4. Durasi suhu yang dicapai dalam rentang maksimal 20°C masing-masing kombinasi berturut-turut: 1400 menit, 1530 menit, 1510 menit, 1790 menit dan 1840 menit. Perbandingan optimal dari kombinasi es basah dan *ice gel* adalah 3:1, untuk mendapatkan suhu rendah dengan waktu pendinginan yang lebih lama.

2.3 Karakteristik Udara pada Penyimpanan Buah dan Sayuran

Buah dan sayuran pasca panen akan mengalami pematangan yang berlanjut hingga akhirnya produk tersebut mengalami pembusukan. Hal ini merupakan suatu tantangan bagi sektor pertanian. Terlebih lagi, rantai pasok penjualan sampai ke tangan konsumen adalah proses yang panjang. Untuk itu dibutuhkan sebuah *storage* yang mampu menyimpan buah dalam waktu yang lama agar kualitas buah tetap terjaga hingga sampai pada konsumen. Dengan menjaga kualitas buah dan sayuran, maka nilai produk akan tetap terjaga. Untuk itu, diperlukan pemahaman mengenai karakteristik udara yang dibutuhkan pada buah dan sayuran yang akan disimpan. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan usia simpan buah dan sayuran pada *storage* tersebut (Sumarsih & Nuryati, 2017). Beberapa karakteristik udara yang mempengaruhi usia simpan buah diantaranya adalah suhu, kandungan O₂, CO₂, dan kandungan etilen. Berikut ini adalah tabel yang memperlihatkan klasifikasi karakteristik udara bagi tiap jenis buah.

Tabel 2.1 Kadar produksi CO₂ pada beberapa komoditi

Kelas	Produksi CO ₂ pada suhu 5°C (Mg CO ₂ /kg.jam)	Komoditi
Sangat Rendah	< 5	Kurma,kacang-kacangan,buah kering
Rendah	5-10	Apel,jeruk,anggur,ke ntang,bawang
Sedang	10-20	Apricot,pisang,kubis
Tinggi	20-40	Strawberry,alpukat
Sangat Tinggi	40-60	Bunga potong
Sangat Tinggi Sekali	> 60	Brokoli, asparagus,bayam

Sumber: (Holticulture Product, 2009)

Tabel 2.2 Batas toleransi kandungan CO₂ dan O₂ pada komoditas buah-buahan

Commodity	Optimum Carrying Temperature (°C)	Optimum Humidity (%)	CA	
			O ₂ %	CO ₂ %
Banana	13-14	85-95	2-5	2-5
Apple	3-4	90-95	1-3	1-3
Avocado	4-13	90	2-5	3-10
Durian	13-15	85-95	3-5	5-15
Grape	-1-0	90-95	2-5	1-5
Guava	5-10	90	2-5	10-30
Kiwi	-0.5 – 0.5	90-95	1-2	3-5
Lemon	10-14	90	5-10	0-10
Mango	8-10	85-90	3-7	5-8
Rambutan	8-15	90-95	3-5	7-12
Orange	2-7	90	5-10	0-5
Strawberry	0	90-95	15-20	5-10

Sumber: (cargohandbook.com)

Tabel 2.3 Laju produksi etilen pada buah-buahan

fresh produce type	ethylene production rate ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)	ethylene sensitivity ^a	principal reaction to ethylene
cherries	very low <0.1	L	softening
potatoes	very low <0.1	M	sprouting
cut flowers	very low <0.1	H	sleepiness, leaf curl
cucumber	low 0.1–1.0	H	yellowing
kiwi fruit			decay
banana	moderate 1.0–10	H	decay
tomato	moderate 1.0–10	H	shrink, decay
apricot, avocado	high 10–100	H	decay
apple	very high >100	H	scald, lose crunch
passion fruit	very high >100	H	decay

^aEthylene sensitivity (ppm): H = high (0.01– 0.5); M = moderate (0.5–3); L = low (3–5).

Sumber: (Keller, *Etilen Removal and Fresh Product Storage: A Challenge at the Frontiers of Chemistry. Toward and Approach by Photocatalytic Oxidation*, 2013)

2.4 Teknologi Controlled Atmosphere Storage

Controlled atmosphere storage (CAS) merupakan teknologi penyimpanan buah atau sayur segar dalam atmosfer (udara) yang mengandung komposisi CO₂ tinggi dan O₂ rendah dengan kondisi dipertahankan secara konsisten (Libyawati, Suwandi, & Agustian, 2017). Fungsi pengkondisian udara tertentu pada buah adalah untuk menghambat proses pematangan buah. Salah satu enzim yang dihasilkan oleh buah yang membantu dalam proses pematangan buah adalah enzim etilen. Oleh karena itu dibutuhkan karbon aktif sebagai penghambat etilen. Karbon aktif diletakkan di bawah buah yang dipisah oleh partisi penyekat. Kemudian, box penyimpanan buah juga harus dibuat kedap gas agar udara yang telah dikondisikan tidak terbuang keluar. Maka digunakan polietilena tereftalat sebagai pelapis dari box penyimpanan buah, agar dapat menahan gas leak dari box penyimpanan buah. Kemudian untuk mengatur kadar CO₂ pada box penyimpanan buah, maka diperlukan injeksi gas CO₂ (Libyawati, Lesmana, Raynold, Agustian, & Mahardhika, 2017). Sumber gas CO₂ didapatkan melalui botol yang berisi campuran soda kue dan asam nitrat yang disambungkan melalui pipa dengan katup otomatis. Untuk membuang CO₂ yang berlebih, digunakan sodium hidroksida sebagai CO₂ Removal. Sedangkan untuk mengurangi kadar oksigen, maka dilakukan injeksi gas N₂ melalui tabung yang disambungkan melalui sebuah pipa menuju box penyimpanan buah. Penggunaan *ice gel* ditujukan untuk mengatur suhu pada box penyimpanan buah, disimpan pada box styrofoam tersendiri dan dihubungkan melalui ducting menuju box penyimpanan buah. Udara dingin akan dialirkan dari box *ice gel* menuju box penyimpanan buah hingga mencapai suhu yang diinginkan (Saputra, 2017).

2.4.1 CO₂ Supply

Karena tidak menggunakan *dry ice*, maka sistem ini membutuhkan suplai gas CO₂ dari luar. Untuk itu box penyimpanan buah terhubung oleh pipa dengan botol yang berisi campuran soda kue dan asam nitrat. Terdapat dua botol yang saling terhubung dengan pipa. Botol pertama berisi soda kue, sedangkan botol kedua berisi asam nitrat. Lalu dari botol kedua terhubung oleh pipa dengan katup menuju ke box penyimpanan buah. Apabila sensor mendeteksi kandungan CO₂ pada box penyimpanan telah mencapai ambang batas. Maka katup akan terbuka otomatis dan CO₂ akan masuk menuju box penyimpanan buah, kemudian katup akan tertutup secara otomatis apabila kandungan CO₂ pada box penyimpanan buah sudah mencapai ambang yang diinginkan (Sari, 2016).

2.4.2 CO₂ Removal

CO₂ *Removal* adalah alat yang digunakan untuk menyerap atau membuang gas CO₂ berlebih yang berada pada box penyimpanan buah. Hal ini bertujuan untuk menjaga kandungan CO₂ pada box penyimpanan tetap terjaga sesuai dengan ambang batas yang diinginkan. Pada penelitian ini, jenis CO₂ *Removal* yang digunakan adalah sodium hidroksida. Sodium hidroksida diletakkan pada box styrofoam tersendiri yang terhubung dengan pipa dan katup menuju box penyimpanan buah (Sari, 2016).

2.4.3 Etilen Removal

Etilen *Removal* adalah alat yang digunakan untuk menghambat buah dalam menghasilkan enzim etilen. Enzim etilen yang dihasilkan oleh buah, berfungsi pada proses pematangan buah. Jenis etilen *Removal* yang digunakan adalah karbon aktif atau arang aktif. Karbon aktif adalah salah satu jenis karbon yang dapat menghambat munculnya enzim etilen pada buah. Karbon aktif akan diletakkan di dalam box penyimpanan buah, yaitu berada di bawah buah yang kemudian dibatasi oleh sekat (Keller, Ducamp, Robert, & Keller, 2013).

2.4.4 N₂ Supply

Untuk mengurangi kadar oksigen pada box penyimpanan buah, diperlukan gas N₂ untuk mengikat O₂. Gas N₂ disalurkan melalui sebuah tabung nitrogen yang terdapat di luar box penyimpanan buah, yang dihubungkan dengan pipa yang memiliki katup otomatis. Apabila sensor mendeteksi kandungan oksigen di dalam box penyimpanan buah sudah mencapai batas ambang atas, maka katup akan terbuka secara otomatis dan kemudian gas N₂ akan disalurkan menuju box penyimpanan buah. Kemudian katup akan tertutup kembali secara otomatis apabila sensor mendeteksi kandungan O₂ sudah mencapai ambang bawah (Widyaningrum, Purwanto, & Mardjan, 2018).

2.5 Perhitungan Beban Pendingin

Beban pendinginan merupakan jumlah panas yang dipindahkan oleh suatu sistem pengkondisian udara. Beban pendinginan terdiri dari panas yang berasal dari ruang pendingin dan tambahan panas dari bahan atau produk yang akan didinginkan (Dykstra, et al., 2009).

2.5.1 Beban Produk

Beban produk adalah kalor yang dihasilkan dari produk untuk menjaga suhu produk pada keadaan konstan. Pada tahap ini terdapat tahap pendinginan. Tahap pendinginan adalah tahap dimana suhu menurun dari suhu produk awal ke produk suhu pendinginan. Beban panas sensibel yang hilang adalah:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

(Moritz, 2007)

Keterangan:

- Q : Kalor (Kcal)
 m : Massa (Kg)
 c : Kalor spesifik (kkal/kg°K)
 ΔT : Perbedaan suhu (K)

2.5.2 Beban Infiltrasi

Beban ini dihasilkan oleh pertukaran udara dari luar ke dalam box penyimpanan buah. Masuknya udara dari luar menyebabkan kondisi udara di box penyimpanan buah berubah. Pada saat box penyimpanan buah dibuka, udara di luar box akan masuk. Udara luar yang sudah masuk ke dalam box tersebut adalah beban yang harus didinginkan oleh sistem. Perhitungan beban infiltrasi adalah sebagai berikut:

$$Q_{infiltrasi} = V \times p \times (h_o - h_i)$$

(Moritz, 2007)

Keterangan:

- $Q_{infiltrasi}$: Kalor (Kcal)
 V : Volume *storage* (m³)
 P : Massa jenis udara (kg/m³)
 H_o : Entalpi udara di luar (kcal/kg)
 H_i : entalpi udara di dalam (kcal/kg)

2.5.3 Beban Transmisi

Karena perbedaan suhu antara kotak penyimpanan dan bagian luar udara, sejumlah panas akan mengalir. Jumlah panas yang timbul dipengaruhi oleh beberapa hal, termasuk lokasi, material, dan udara di sekitarnya. Itu beban transmisi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = A U \Delta T$$

(Moritz, 2007)

Keterangan:

Q : Laju perpindahan panas (W)

A : Luas permukaan

U : Keseluruhan koefisien laju perpindahan panas (W/m²K)

ΔT : Perbedaan suhu (K)

2.5.4 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas akibat kontak langsung antar permukaan benda. Konduksi ini tergantung pada substansi yang dilewatinya dan distribusi suhu benda di jalurnya. Perilaku konduksi ini bisa ditentukan oleh perubahan suhu. Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung perpindahan panas dengan konduksi adalah:

$$q = -k A \frac{dT}{dX}$$

(Moritz, 2007)

Persamaan di atas disebut Hukum Fourier. Dimana q adalah rate dari perpindahan panas konduksi, dT/dx adalah gradien suhu menuju perpindahan panas. Konstanta k adalah konduktivitas termal benda, sedangkan tanda minusnya adalah dimasukkan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika.

2.5.5 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat dan fluida mengalir mengelilinginya, dengan media penghantar berupa fluida baik gas maupun cair. Aliran fluida akan berlangsung secara independen karena perbedaan densitas akibat perbedaan suhu dan dapat juga melalui gaya akibat pompa atau kompresor (Agung, 2013). Konveksi panas dalam aliran massa dapat diartikan sebagai aliran panas yang bergantung pada aliran, luas penampang A, dan perbedaan temperatur. Sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$q = h A \Delta T$$

(Moritz, 2007)

Kuantitas h adalah koefisien perpindahan panas konveksi. Dari persamaan di atas, kita dapat memahami bahwa perpindahan panas konveksi tergantung pada viskositas dari fluida selain tergantung pada sifat termal fluida (termal konduktivitas, panas jenis, kepadatan). Karena viskositas mempengaruhi kecepatan yang mana pada akhirnya mempengaruhi transfer energi dalam suatu benda.

2.5.6 Radiasi

Radiasi adalah peristiwa perpindahan panas melalui ruang hampa. Perpindahannya dapat melalui radiasi atau emisi elektromagnetik. Biasanya menggunakan benda hitam yang memancar energi pada tingkat yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut dan proporsional dengan luas permukaan. Hal tersebut dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$q = \sigma A T^4$$

(Moritz, 2007)

2.6 Media Pendingin *Ice gel*



Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem Kontrol

Sumber: (Tokopedia.com)

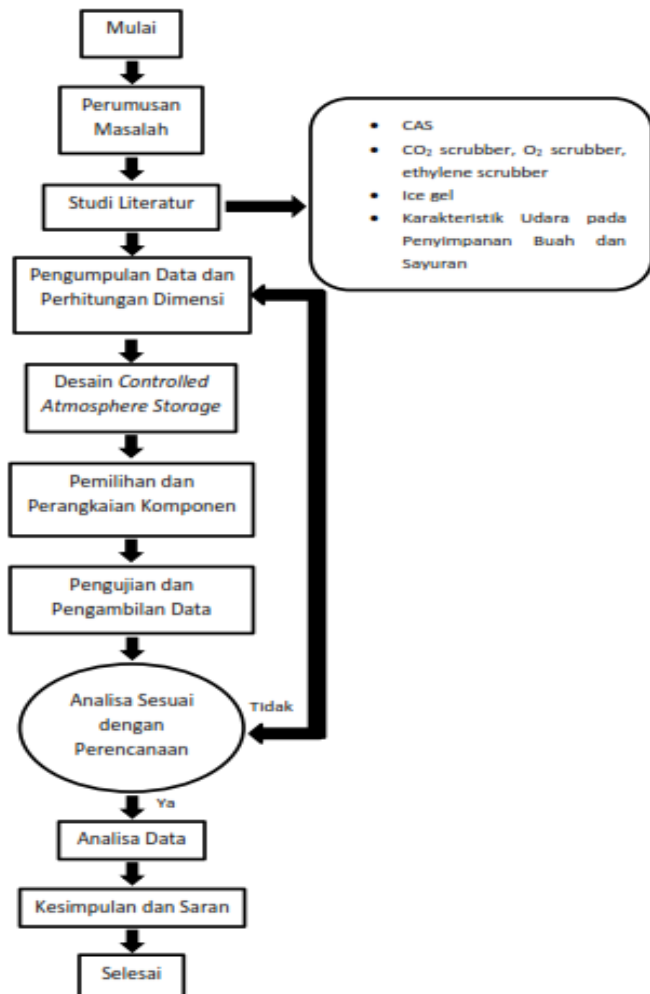
Ice pack atau *ice gel* adalah kantong plastik portabel yang berisi air, gel pendingin, atau cairan. Untuk persiapan penggunaan kemasan ditempatkan terlebih dahulu di dalam freezer. Baik es maupun zat pendingin tidak beracun lainnya (kebanyakan air) dapat menyerap panas dalam jumlah yang cukup besar sebelum menghangat di atas 0° C (32 ° F) digunakan untuk menjaga makanan tetap dingin di dalam pendingin portabel, atau sebagai kompres dingin untuk mengurangi rasa sakit akibat cedera ringan, atau dalam wadah pengiriman yang terisolasi untuk menjaga produk tetap dingin selama pengangkutan (Singh, 2018).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan mengenai diagram alir penelitian dan juga menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Perumusan Masalah

Dimulai dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah mengenai pengerjaan yang akan diselesaikan beserta batasan masalahnya. Batasan masalah diperlukan agar penelitian yang dilakukan tidak melebar dan lebih terfokus untuk menyelesaikan satu masalah yang telah direncanakan. Perumusan masalah dapat dicari dengan melakukan observasi keadaan sekitar, ataupun mengaitkan kondisi terkini dengan kondisi yang akan datang.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang dapat menunjang permasalahan yang ada. Studi literatur didapatkan dari beberapa sumber berupa buku, paper, tugas akhir tahun sebelumnya, maupun hasil konferensi. Secara umum, studi literatur untuk menunjang penelitian ini mengacu pada pembahasan tentang controlled atmosphere *storage*, karakteristik udara pada penyimpanan buah dan sayuran, *ice gel*, etilen *Removal*, dan *CO₂ Removal*.

3.5 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan sebagai bahan untumendukung penelitian. Adapun data awal yang dibutuhkan pada studi kasus inantara lain: suhu yang dibutuhkan oleh buah, kandungan CO₂ dan O₂ yang dibutuhkan untuk udara pada CAS, laju produksi etilen pada buah.





3.6 Desain Controlled Atmosphere Storage




Pada tahap ini dilakukan desain dari sistem controlled atmosphere *storage* yang nantinya akan dirangkai. Desain dilakukan dengan mengedepankan efisiensi ruang dan kemudahan dalam pengoperasian.




3.7 Pemilihan dan Perangkaian Komponen




Pada tahap ini dilakukan pemilihan dari komponen-komponen yang diperlukan dalam sistem CAS seperti jenis buah, jenis *ice gel*, pipa, katup, sensor, *CO₂ supply* dan lain-lain.

Tabel 3.1 Komponen Pada Controlled Atmosphere Storage

No	Component	Figure	Description
1.	Styrofoam		Styrofoam 70x49.5x40
2.	Styrofoam		Styrofoam 51x37.5x35
3.	Styrofoam		Styrofoam 38.5x30x33.5
4.	Kipas		Kipas DC 8x8x0.25 12 volts 0.15 A

No	Component	Figure	Description
5.	Ducting dan Microservo		Sebagai pengatur buka tutup aliran udara.
6.	KMnO ₄		Berfungsi sebagai ethylene removal pada buah.
7.	Zeolite		Berfungsi sebagai ethylene removal pada buah.

No	Component	Figure	Description
8.	Tabung Nitrogen		Sebagai nitrogen flushing pada gas O ₂ .
9.	Tabung CO ₂		Sebagai media pendingin pembanding menggunakan gas CO ₂
9.	Timbangan		Untuk mengukur kadar ethylene dan CO ₂ removal.

No	Component	Figure	Description
11	Sealant		Untuk menutup lubang pada box Styrofoam.
12.	CaOH ₂		Untuk CO ₂ removal pada box penyimpanan buah.
11.	Katup Solenoid		Sebagai pengatur bukaan gas N ₂ dan CO ₂ .

3.8 Pengujian dan Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem, yaitu pengujian performa CAS dalam menjaga udara pada box penyimpanan buah tetap pada ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya.

3.9 Validasi

Pada tahap ini, dilakukan validasi terkait hasil pengujian, apakah hasil sudah sesuai dengan teori atau belum. Kemudian juga dicocokkan, validasi dari kerja komponen apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau belum. Apabila data benar, maka proses akan dilanjutkan. Namun, apabila data tidak valid maka akan dilakukan penyesuaian dan pengecekan kembali ke data awal yang telah dikumpulkan.

3.10 Analisa Data

Pada tahap ini, dilakukan analisa performa sistem pada CAS. Performa yang dianalisa yaitu kemampuan sistem dalam menjaga kondisi udara pada box penyimpanan buah sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang diharapkan pada tugas akhir ini adalah mampu menjawab permasalahan yang menjadi tujuan penelitian, yaitu mendapatkan desain sistem CAS menggunakan media pendingin *ice gel* dan mengetahui performa yang dihasilkan dalam proses pendinginan menggunakan *ice gel*. Saran ditulis berdasarkan data hasil pembahasan serta fakta yang ada. Saran ini diberikan untuk perbaikan penelitian pada bidang yang sama agar menjadi lebih baik.

3.12 Prosedur Eksperimen

Berikut adalah Langkah-langkah dalam melakukan eksperimen:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Mencatat keadaan udara awal pada box buah
3. Meletakkan bahan-bahan sesuai dengan tempatnya, yaitu:
 - Melapisi bagian dalam box buah menggunakan *gas barrier*
 - Meletakkan CaOH_2 pada box *CO₂ Removal*
 - Meletakkan *ice gel* pada box es
 - Meletakkan *ethylene Removal* pada bagian dasar box buah
 - Memasukkan buah yang telah dipilih ke dalam box buah
4. Menutup semua box dengan rapat
5. Menyalakan sistem
6. Mengamati keadaan suhu, tingkat kelembaban, tingkat gas ethylene, kandungan O_2 dan CO_2
7. Mengulangi langkah 3-6 dengan jenis *ice gel* yang berbeda

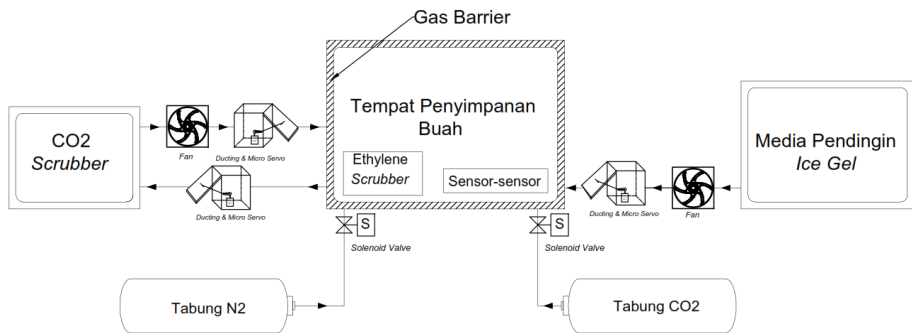
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas mengenai hasil dari eksperimen yang telah dilakukan, membahas mengenai komponen dari alat yang telah dibuat, dan skema desain CAS. Pada bab ini juga membahas mengenai perhitungan yang dibutuhkan dalam desain CAS seperti perhitungan beban pendingin, perhitungan kebutuhan ice gel, dan kebutuhan CO₂ serta Ethylene Removal.

4.2 Skema Desain Prototype CAS



Gambar 4.1 Skema Prototype CAS

Komponen – komponen yang terdapat pada sistem CAS di atas adalah sebagai berikut:

1. Styrofoam 70x49,5x40



Gambar 4.2 Styrofoam 70x49,5x40

Styrofoam utama sebagai box penyimpanan buah dengan kapasitas 140 liter dan memiliki ketebalan sebesar 3 cm. Styrofoam ini terhubung dengan box penyimpanan ice dan box penyimpanan CO₂ pada sisi-sisinya melalui sebuah ducting yang berisi fan.

2. Styrofoam 51x37,5x35



Gambar 4.3 Styrofoam 51x37,5x35

Styrofoam ini digunakan sebagai tempat penyimpanan ice gel. Memiliki kapasitas hampir setengah dari kapasitas box Styrofoam penyimpanan buah. Box ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan ice gel.

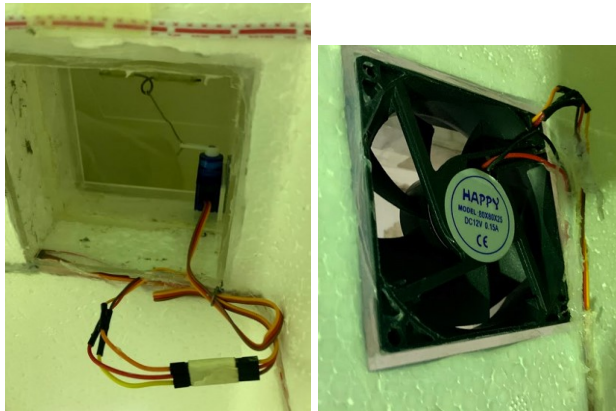
3. Styrofoam 38.5x30x33.5



Gambar 4.4 Styrofoam 38,5x30x33,5

Styrofoam ini digunakan sebagai tempat meletakkan CO_2 Removal berupa bubuk $CaOH_2$. Udara dialirkan melalui sebuah fan menuju box ini, agar kadar CO_2 berkurang. Kemudian dialirkan kembali menuju box utama.

4. Ducting & Fan



Gambar 4.5 Ducting dan Fan

Ducting ini terdiri dari akrilik dan kipas. Akrilik digunakan sebagai dudukan dari kipas. Ducting ini terdapat pada sambungan box penyimpanan buah menuju box CO_2 Removal dan sambungan box penyimpanan buah menuju box penyimpanan ice gel. Ducting akan terbuka dan tertutup sesuai batas atas dan batas bawah yang telah ditentukan.

5. Ethylene Removal



Gambar 4.6 KMnO₄

Ethylene Removal yang digunakan berupa KMnO₄ dan batu zeolite yang telah disiapkan. Ethylene removal dilakukan secara alami dan natural. Pada cara alami, ethylene removal diletakkan pada box yang sama dengan buah. Sedangkan pada cara paksa, maka udara pada box buah dipaksa dialirkan melalui ethylene removal melalui sebuah fan dan pipa.

6. CO₂ Removal



Gambar 4.7 CaOH₂

CO₂ Removal yang digunakan berupa CaOH₂ yang telah dikemas di dalam kain. CaOH₂ diletakkan di dalam box CO₂ Removal. CO₂ yang digunakan dalam bentuk bubuk ini dikemas dengan kain saringan teh. CO₂ removal dilakukan secara paksa, yaitu udara pada box penyimpanan buah dialirkan menuju box penyimpanan CO₂ removal. Kemudian dialirkan kembali menuju box penyimpanan buah dengan kadar CO₂ yang sudah berkurang.

7. Tabung Nitrogen



Gambar 4.8 Tabung Nitrogen

Tabung nitrogen digunakan sebagai tempat penyimpanan gas nitrogen. Tabung ini terhubung menuju box penyimpanan buah melalui selang dengan katup solenoid. Fungsi penginjeksian gas nitrogen yaitu sebagai *flushing* untuk menghilangkan gas O_2 .

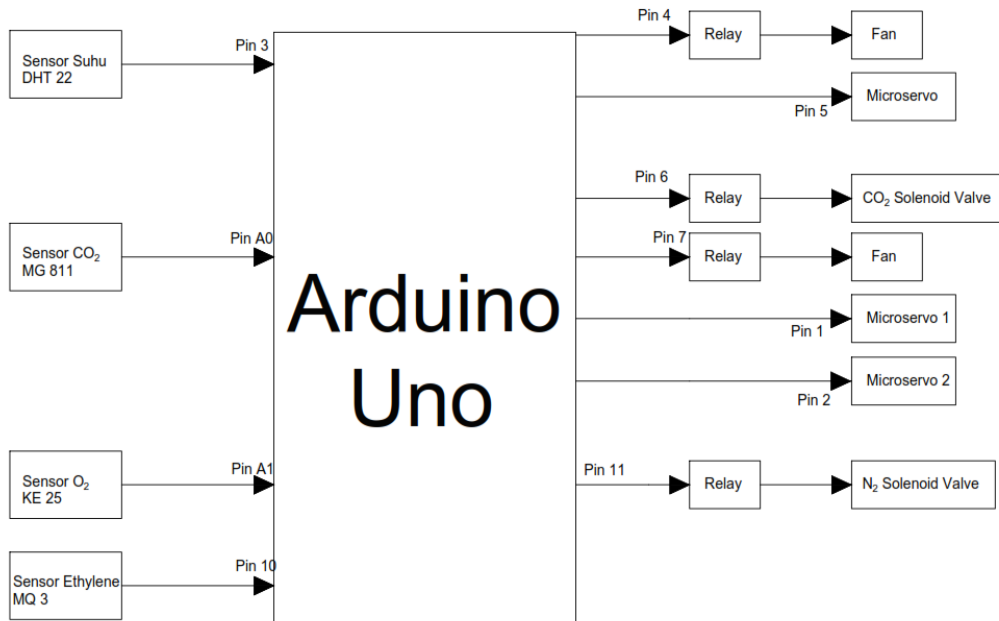
8. Tabung CO_2



Gambar 4.9 Tabung CO_2

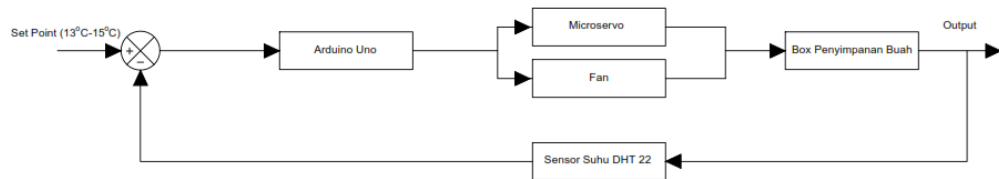
Tabung CO_2 sebagai tempat penyimpanan gas CO_2 . Tabung ini terhubung menuju box penyimpanan buah melalui selang dengan solenoid. Fungsi penginjeksian gas CO_2 yaitu untuk menaikkan kadar CO_2 pada box penyimpanan buah.

4.3 Skema Diagram Blok Sistem Kontrol



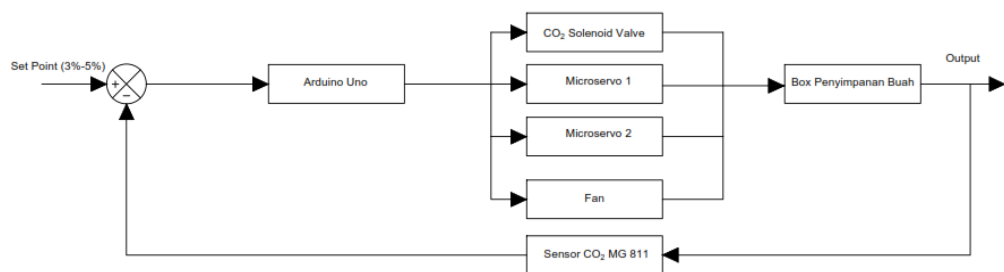
Gambar 4.10 Diagram Blok Sistem Kontrol

Pada skema diagram blok di atas dapat dilihat bahwa pada sistem kontrol *Controlled Atmosphere Storage* menggunakan 4 sensor dimana sensor-sensor membaca data keadaan udara pada box penyimpanan buah dan sinyal dilanjutkan menuju Arduino untuk kemudian menggerakkan aktuator. Namun, pada sensor ethylene MQ 3 data sensor tidak digunakan untuk menggerakkan aktuator melainkan hanya untuk pembacaan saja. Pada komponen fan dan solenoid valve, membutuhkan relay yang berfungsi sebagai saklar.



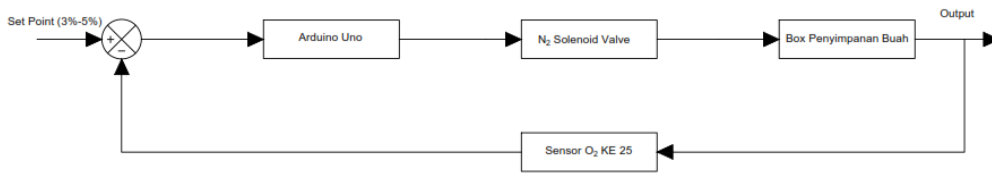
Gambar 4.11 Sistem Pengendalian Pada Sensor Suhu

Pada karakteristik temperatur, ditetapkan *set point* temperatur yang diinginkan adalah 13°C 15°C . Sensor DHT 22 akan membaca keadaan suhu pada box penyimpanan buah, apabila didapatkan bahwa temperatur berada di atas 15°C maka sinyal *feedback* akan dikirim ke Arduino. Kemudian Arduino mengirim sinyal perintah ke *ducting* agar membuka dan *fan* agar berputar sehingga udara dingin akan mengalir dari *box ice gel* menuju box penyimpanan buah. Apabila suhu sudah berada pada *set point*, maka sensor akan mengirim sinyal menuju Arduino, kemudian Arduino akan memberikan perintah kepada *ducting* dan fan untuk berhenti.



Gambar 4.12 Sistem Pengendalian Pada Sensor CO₂

Pada karakteristik CO₂, ditetapkan *set point* kadar CO₂ yang diinginkan adalah 3%-5%. Sensor MQ 135 akan membaca kadar CO₂ pada box penyimpanan buah, apabila didapatkan bahwa CO₂ berada di atas 5% maka sinyal *feedback* akan dikirim ke Arduino. Kemudian Arduino mengirim sinyal perintah ke *microservo* agar membuka *ducting*, *fan* agar berputar sehingga udara di dalam box penyimpanan buah akan mengalir menuju box penyimpanan CO₂ *scubber* agar kadar CO₂ turun sampai 5%. Namun, apabila kadar CO₂ pada box penyimpanan buah lebih rendah dari 5%, maka Arduino akan mengirim perintah kepada CO₂ *solenoid valve* agar terbuka dan CO₂ dari tabung dapat diinjeksikan menuju box penyimpanan buah.

Gambar 4.13 Sistem Pengendalian Pada Sensor O₂

Pada karakteristik O₂, ditetapkan *set point* O₂ yang diinginkan adalah 3%-5%. Sensor KE 25 akan membaca kadar O₂ pada box penyimpanan buah, apabila didapatkan bahwa kadar O₂ berada di atas 5% maka sinyal *feedback* akan dikirim ke Arduino. Kemudian Arduino mengirim sinyal perintah ke *microservo* agar membuka ducting, *fan* agar berputar sehingga udara pada box penyimpanan buah akan mengalir menuju dan CO sehingga udara dingin akan mengalir dari *box ice gel* menuju box penyimpanan buah. Apabila suhu sudah berada pada *set point*, maka sensor akan mengirim sinyal menuju Arduino, kemudian Arduino akan memberikan perintah kepada ducting dan fan untuk berhenti.

4.4 Perhitungan Beban Pendingin

4.4.1 Penentuan Set Point Temperatur

Sebelum melakukan perhitungan beban pendingin, ditentukan terlebih dahulu *set point* karakteristik udara yang diinginkan. Yaitu *set point* yang ditentukan berdasarkan karakteristik buah-buahan tropis eksotik khas Indonesia sebagai berikut.

Table 4.1 Karakteristik Simpan Buah

Buah	Suhu Penyimpanan	Kadar CO ₂	Kadar O ₂
Pisang	13 – 14°C	2-5%	2-5%
Durian	13 – 15°C	3-5%	5-15%
Rambutan	8 – 15°C	7-12%	3-5%
Lemon	10-14°C	5-10%	0-10%

Berdasarkan data di atas maka ditentukan *set point* pada box penyimpanan buah yaitu:

Tabel 4.2 Karakteristik Simpan Buah Pisang

Suhu Penyimpanan	Kadar CO ₂	Kadar O ₂
13°C - 15°C	3% - 5%	3% - 5%

Dan buah yang digunakan sebagai beban pada box penyimpanan buah adalah buah pisang dengan berat 4 kg.

4.4.2 Perhitungan Udara Campuran

Pendinginan yang dilakukan pada *controlled atmosphere storage* kali ini merupakan *forced air cooling*, yaitu udara dingin dari *box ice gel* dialirkan menuju box penyimpanan buah dengan tujuan menurunkan temperatur udara pada box penyimpanan buah. Sementara data temperatur awal adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Temperatur Box

Suhu Awal Box Ice gel	Suhu Awal Box Penyimpanan Buah (Dengan Pisang)
32°C	34°C

Maka, perlu menghitung selisih suhu awal dan suhu akhir pada box penyimpanan buah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= T_{1\text{box buah}} - T_{2\text{box buah}} \\
 &= 34^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} \\
 &= 19^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Setelah itu, menghitung selisih suhu *set point* dengan ΔT perhitungan di atas untuk mendapatkan suhu yang harus didapatkan pada box ice gel.

$$\begin{aligned}
 T_{2\text{box ice gel}} &= T_{2\text{box buah}} - \Delta T \\
 &= 15^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C} \\
 &= -4^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan suhu akhir yang dibutuhkan pada box ice gel adalah sebesar -4°C .

4.4.3 Perhitungan Beban Pada Box Ice gel

Langkah pertama adalah menghitung jumlah beban pada box ice gel sesuai dengan jenis bebannya, yaitu sebagai berikut.

- **Beban udara**

$$\text{Beban udara} = m \times c_{\text{udara}} \times \Delta T$$

$$p \text{ udara} = 0,001225 \text{ g/cm}^3$$

$$V \text{ udara} = 48 \times 34,5 \times 32$$

$$= 52,992 \text{ cm}^3$$

$$M \text{ udara} = p \text{ udara} \times v \text{ udara}$$

$$= 0,001225 \times 52,992$$

$$= 0,064915 \text{ kg}$$

$$C \text{ udara} = 1 \text{ kJ/kg K}$$

$$\Delta T = T_{1\text{box ice gel}} - T_{2\text{box ice gel}}$$

$$= 32^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})$$

$$= 36^\circ\text{C}$$

Maka beban udara pada box ice gel adalah

$$Q = m_{\text{udara}} \times c_{\text{udara}} \times \Delta T$$

$$= 0,064915 \times 1 \times 36$$

$$= 2,336 \text{ kJ}$$

$$= \mathbf{0,63072 \text{ W}}$$

- **Beban transmisi**

$$\text{Beban transmisi} = U \times A \times \Delta T$$

$$A = \text{luas permukaan Styrofoam}$$

$$= 0,86 \text{ m}^2$$

$$U = 1/R \text{ total}$$

$$= 1/77,85$$

$$= 0,013 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = 36^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{transmisi}} = \mathbf{0,013 \times 0,86 \times 36}$$

$$= \mathbf{0.402 \text{ W}}$$

Maka jumlah beban pada box ice gel adalah

$$\begin{aligned} Q_{\text{Total Box Ice gel}} &= Q_{\text{udara}} + Q_{\text{tranmisi}} \\ &= 0,63072 + 0,402 \\ &= \mathbf{1.03272 \text{ W}} \end{aligned}$$

4.4.4 Perhitungan Beban Box Penyimpanan Buah

- **Beban udara**

$$\begin{aligned} \text{Beban udara} &= m \times C_{\text{udara}} \times \Delta T \\ \rho \text{ udara} &= 0,001225 \text{ g/cm}^3 \\ V \text{ udara} &= 64 \times 44 \times 37 \\ &= 100,8 \text{ liter} \\ M \text{ udara} &= \rho \text{ udara} \times v \text{ udara} \\ &= 0,001225 \times 100,8 \\ &= 0,123 \text{ kg} \\ C \text{ udara} &= 1 \text{ kJ/kg K} \\ \Delta T &= T_{1\text{box ice gel}} - T_{2\text{box ice gel}} \\ &= 34^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} \\ &= 19^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka beban udara pada box ice gel adalah

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{udara}} \times C_{\text{udara}} \times \Delta T \\ &= 0,123 \times 1 \times 19 \\ &= 2,346 \text{ kJ} \\ &= \mathbf{0,6336 \text{ W}} \end{aligned}$$

- **Beban transmisi**

$$\text{Beban transmisi} = U \times A \times \Delta T$$

$$A = \text{luas permukaan Styrofoam}$$

$$= 0,86 \text{ m}^2$$

$$U = 1/R \text{ total}$$

$$= 1/77.85$$

$$= 0,013 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = 19^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_{\text{transmisi}} = 0,013 \times 0,86 \times 19}$$

$$= \mathbf{0.212 \text{ W}}$$

- **Beban Buah**

$$\text{Beban buah} = m \times c \times \Delta T$$

$$M \text{ buah} = 4 \text{ kg}$$

$$C \text{ buah} = 3,35 \text{ kJ/kg K}$$

$$\Delta T = 19^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q_{\text{buah}} = 4 \times 3,35 \times 19}$$

$$= 254.6 \text{ kJ}$$

$$= \mathbf{68,742 \text{ W}}$$

Maka jumlah beban pada box penyimpanan buah adalah

$$\mathbf{Q_{\text{Total Box Penyimpanan Buah}} = Q_{\text{udara}} + Q_{\text{transmisi}} + Q_{\text{buah}}$$

$$= 0,6336 + 0.212 + 68,742$$

$$= \mathbf{69,587 \text{ W}}$$

$$\mathbf{Q_{\text{Total}}} = \mathbf{Q_{\text{Box Ice gel}} + Q_{\text{Box Penyimpanan Buah}}$$

$$= 1,03 + 69,58$$

$$= \mathbf{70.61 \text{ W}}$$

4.4.5 Perhitungan Kebutuhan Ice gel

Asumsi yang digunakan pada perhitungan ini yaitu:

- Box penyimpanan ice gel dalam kondisi adiabatik
- Berat kemasan ice gel 1 kg
- Suhu lingkungan disekitar box ice gel adalah 32°C pada ruangan tertutup
- Kalor spesifik pada *ice gel* adalah 35,839 kJ/kg°C (Norkool, 1996).

Tahap pertama perhitungan, yaitu menghitung terlebih dahulu beban ice gel per kemasan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= m_{\text{ice gel}} \times c_{\text{ice gel}} \times \Delta T \\
 &= 1 \times 3,58 \times (32 - (-4)) \\
 &= 128,88 \text{ kJ} \\
 &= \mathbf{34,826 \text{ W}}
 \end{aligned}$$

Asumsi penyimpanan dilakukan selama 6 jam sehingga nilai Q dibagi 6 jam maka

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{34,826}{6} \\
 &= \mathbf{5,8 \text{ W}}
 \end{aligned}$$

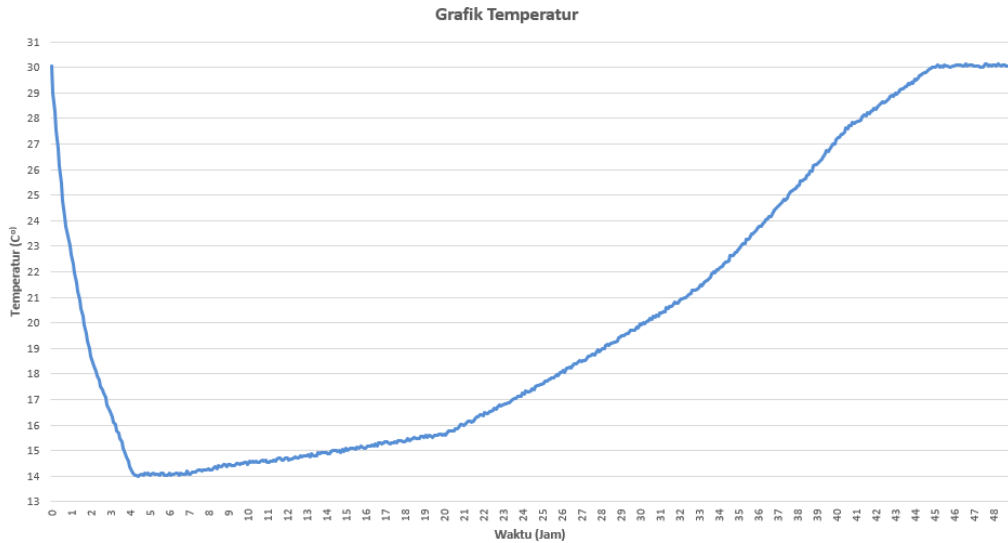
$$\text{Jumlah kebutuhan ice gel} = \frac{70,61}{5,8} = \mathbf{12.174 \text{ kg}}$$

4.5 Analisa Grafik

4.5.1 Grafik CAS Menggunakan Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil kinerja alat *controlled atmosphere storage* dalam bentuk grafik, menggunakan media pendingin kombinasi antara *ice gel* dan *dry ice*.

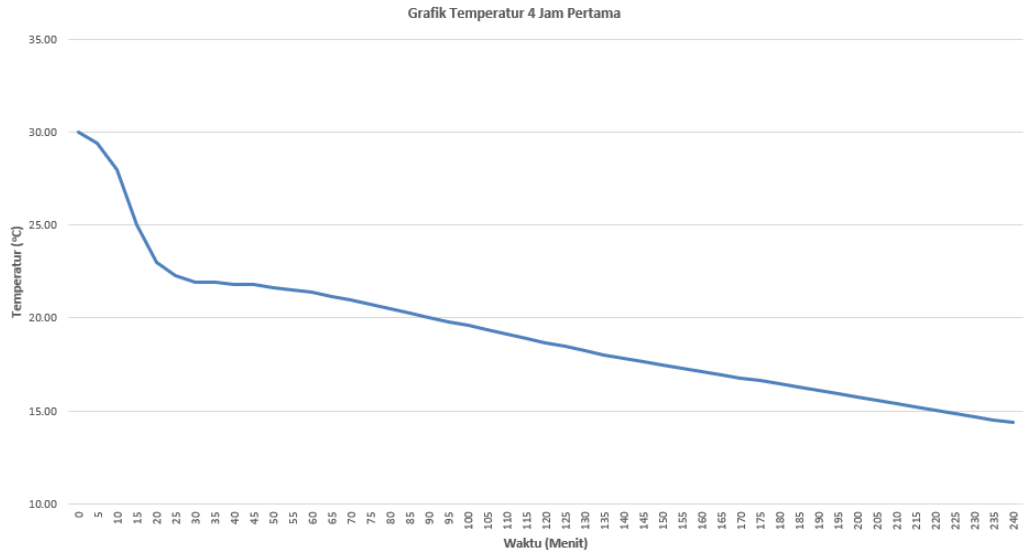
- **Grafik Temperatur**



Gambar 4.14 Grafik Temperatur Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat performa media pendingin berupa *ice gel* dan *dry ice* pada alat. Dengan total waktu alat beroperasi sekitar 48 jam, ruang penyimpanan buah dapat bertahan pada temperatur yang diinginkan yaitu 13°C – 15°C selama 12 jam yaitu pada jam ke 4 sampai jam ke 16. Namun temperatur pada ruang penyimpanan buah tidak dapat mencapai batas bawah yang diinginkan yaitu pada temperatur 13°C. Kemudian dapat disimpulkan, bahwa dengan menggunakan media pendingin ini, temperatur pada ruang penyimpanan buah hanya dapat terjaga selama 12 jam.

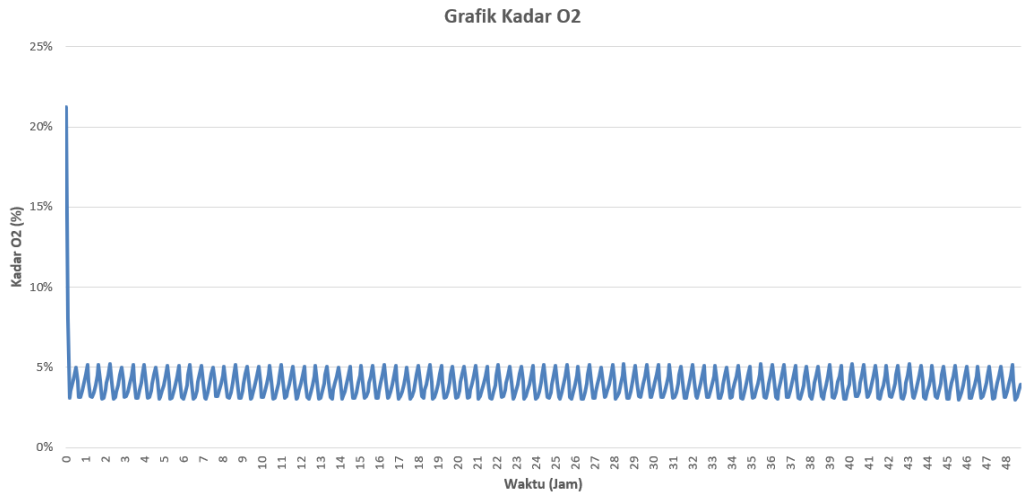
Kemudian pada grafik di atas, juga dapat dilihat bahwa seiring berjalannya waktu maka suhu pada ruang penyimpanan buah akan menuju ke suhu ruang secara linear. Hal ini disebabkan, media pendingin *ice gel* dan *dry ice* memiliki keterbatasan ketahanan. *Ice gel* akan menjadi panas seiring berjalannya waktu, sementara *dry ice* akan menguap menjadi gas CO₂.



Gambar 4.15 Grafik Temperatur Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 4 Jam Pertama

Pada gambar grafik di atas, diambil pada rentang waktu 4 jam pertama yaitu waktu yang dibutuhkan bagi sistem untuk mengkondisikan temperatur pada ruang penyimpanan buah dari temperatur ruangan menjadi temperatur yang diinginkan yaitu 13°C – 15°C. Namun temperatur terendah yang dicapai hanya mencapai 14°C.

- **Grafik Kadar O₂**



Gambar 4.16 Grafik Kadar O₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice

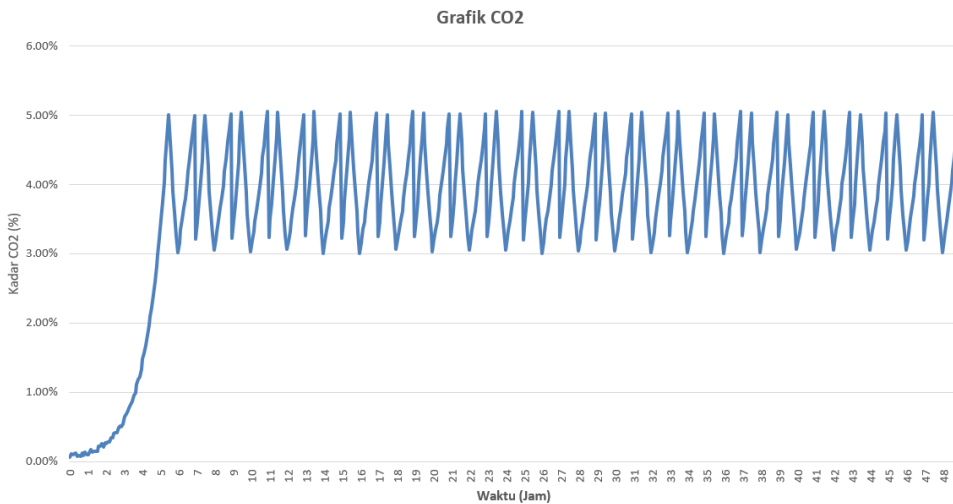
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat performa sistem dalam mengkondisikan kadar O₂ pada ruang penyimpanan buah. Kadar O₂ dijaga pada rentang 3% - 5%. *Nitrogen flushing* akan bekerja apabila kadar O₂ mencapai 5%, sistem akan membuang kadar oksigen dan berhenti apabila telah mencapai batas bawah yaitu 3%.



Gambar 4.17 Grafik Kadar O₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 1 Jam Pertama

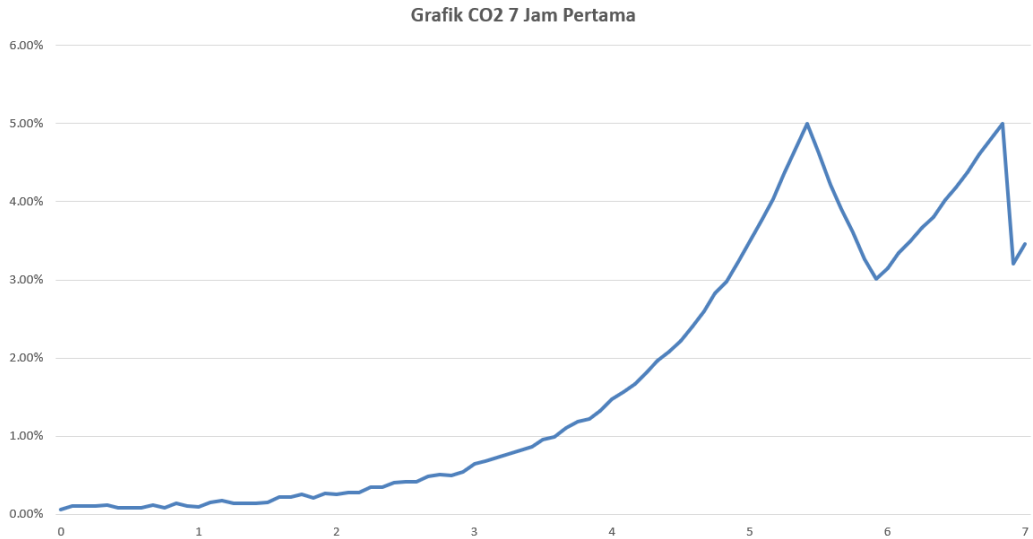
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat secara lebih jelas grafik O₂ pada 1 jam pertama. Dibutuhkan waktu 10 menit untuk mengkondisikan kadar O₂ menjadi 3% dari kondisi atmosfer awal yaitu sebesar 21%. Kemudian dalam 20 menit, O₂ akan naik menjadi 5%. Di saat kadar oksigen mencapai batas atas yaitu 5%, maka sistem akan melakukan *nitrogen flushing* sampai kadar oksigen mencapai 3%. Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar oksigen dari 5% ke 3% yaitu sebesar 10 menit.

- **Grafik Kadar CO₂**



Gambar 4.18 Grafik Kadar CO₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice

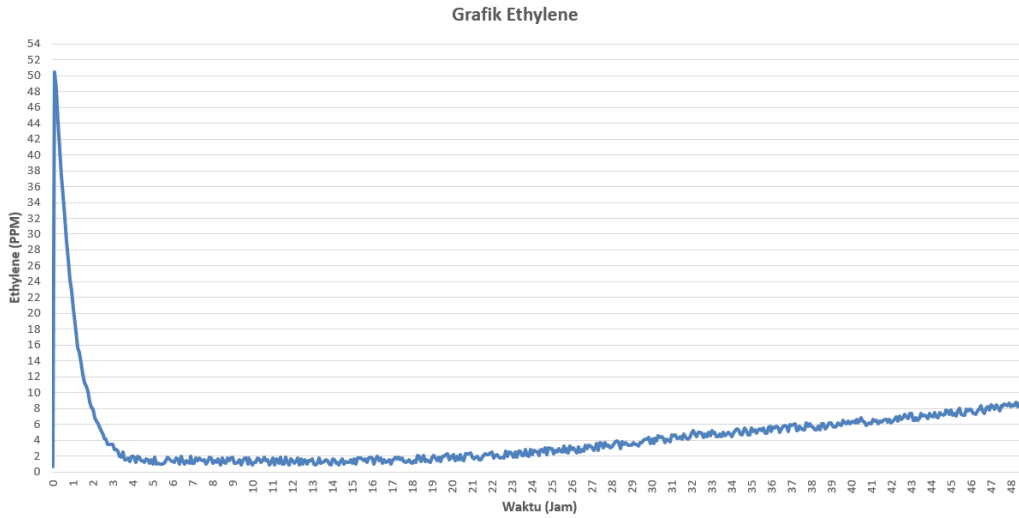
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat kadar CO₂ pada ruang penyimpanan buah. Kadar CO₂ di dalam ruang penyimpanan buah dikondisikan pada rentang 3% - 5%. Kadar gas CO₂ pada awal percobaan terlihat semakin naik, hal ini dikarenakan akumulasi dari penguapan *dry ice*.



Gambar 4.19 Grafik Kadar CO₂ Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 7 Jam Pertama

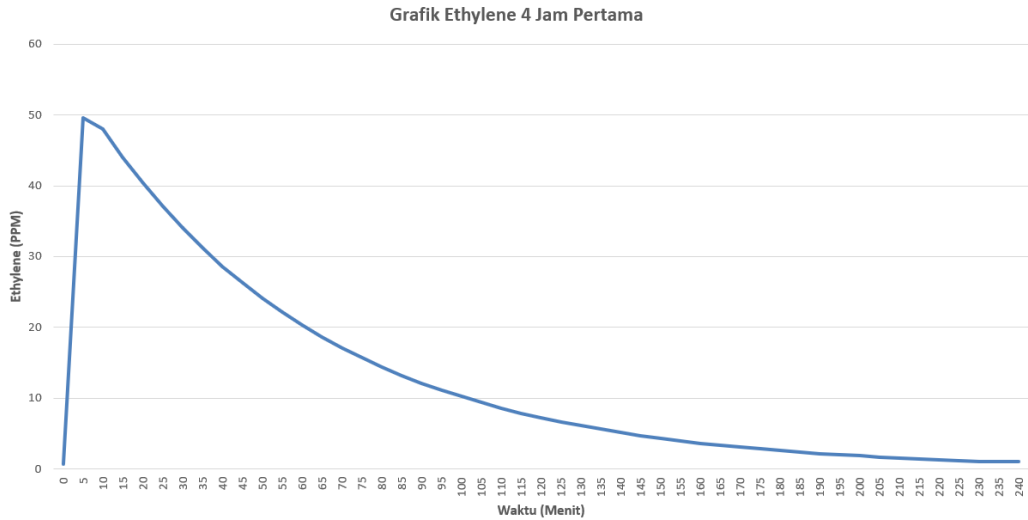
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat kondisi kadar CO₂ pada ruang penyimpanan buah pada waktu 7 jam pertama pengkondisian. Dapat dilihat kenaikan gas CO₂ di awal akibat penguapan dry ice pada jam 0 – 5. Kemudian setelah kadar gas CO₂ telah mencapai 5% dimana sudah mencapai batas atas. Maka sistem akan menjalankan *CO₂ Removal*. *CO₂ Removal* menurunkan kadar CO₂ dari 5% menjadi 3% dalam waktu 30 menit. Setelah mencapai batas atas maka sistem akan berhenti bekerja dan menunggu hingga kadar CO₂ mencapai batas atas. Waktu yang diperlukan bagi gas CO₂ untuk mencapai 5% dari kadar awal 3% yaitu sebesar 1 jam.

- **Grafik Kadar Ethylene**



Gambar 4.20 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat kondisi kadar ethylene pada ruangan penyimpanan buah. Pada menit ke 0 dimana buah baru pertama kali diletakkan, terdeteksi kadar ethylene sebesar 1 ppm, kemudian setelah pembacaan selama 1 jam dapat dilihat akumulasi ethylene pada ruangan penyimpanan buah yaitu sebesar 50 ppm. Kemudian setelah 3 jam, penyerapan ethylene telah mencapai sekitar 1 ppm dan seterusnya terjadi kenaikan linear hingga mencapai 8-9 ppm.



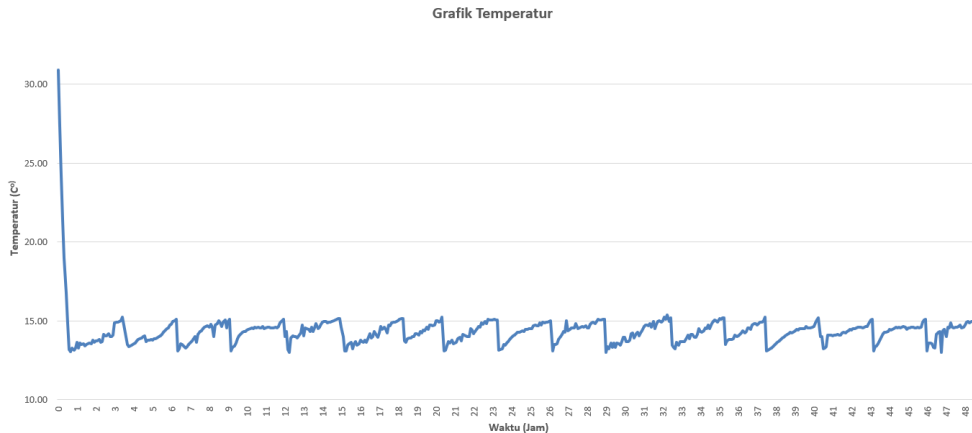
Gambar 4.21 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Ice gel dan Dry Ice 4 Jam Pertama

Pada gambar grafik di atas, dapat dilihat keadaan ethylene pada ruang penyimpanan buah dalam 4 jam pertama. Dapat dilihat terjadi kenaikan awal yaitu pada menit ke 0 dimana buah baru pertama kali dimasukkan. Kemudian mengalami kenaikan hingga pada menit 10. Dan perlahan mengalami penurunan pada menit ke 15 hingga seterusnya. Kadar ethylene telah mencapai nilai 1 ppm pada jam ke 4.

4.5.2 Grafik CAS Menggunakan Media Pendingin Gas CO₂

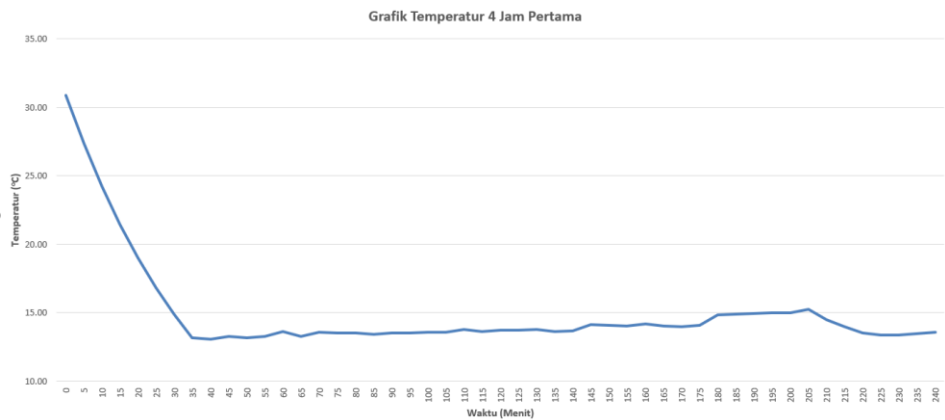
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil kinerja alat *controlled atmosphere storage* dalam bentuk grafik, menggunakan media pendingin gas CO₂.

- **Grafik Temperatur**



Gambar 4.22 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO₂

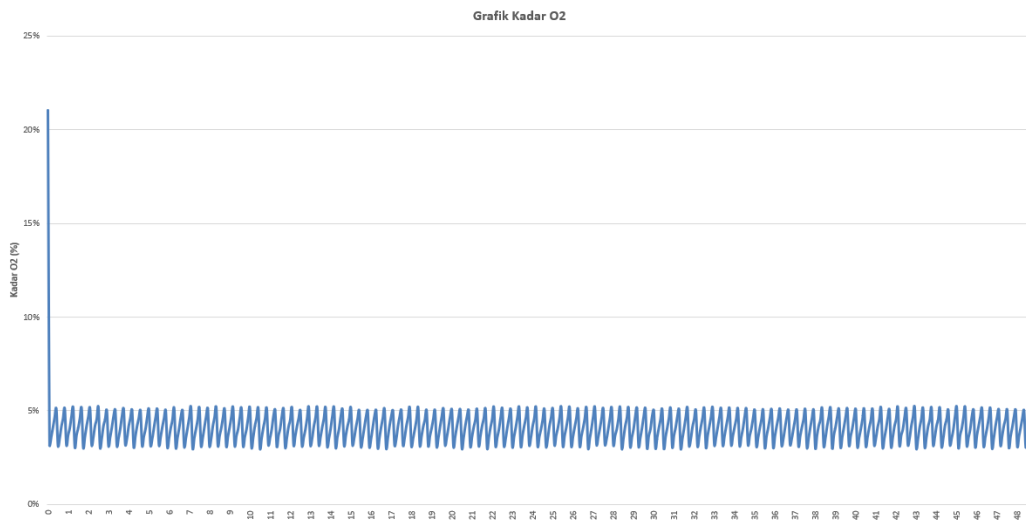
Pada gambar grafik di atas, dapat dilihat kondisi temperatur pada ruang penyimpanan buah. Media pendingin yang digunakan adalah gas CO₂ yang sudah dilakukan diturunkan tekanannya secara drastis melalui sebuah expansion valve. Dapat dilihat pada grafik, kondisi temperatur umumnya selalu di dalam rentang yang diinginkan yaitu 13°C – 15°C. Adapun fluktuatif tajam pada grafik kemungkinan disebabkan oleh pembacaan sensor yang terpengaruhi gas CO₂ yang terlalu banyak, ataupun dipengaruhi oleh gas CO₂ yang masuk ke dalam ruang penyimpanan buah dalam bentuk butiran *dry ice*.



Gambar 4.23 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO₂ 4 Jam Pertama

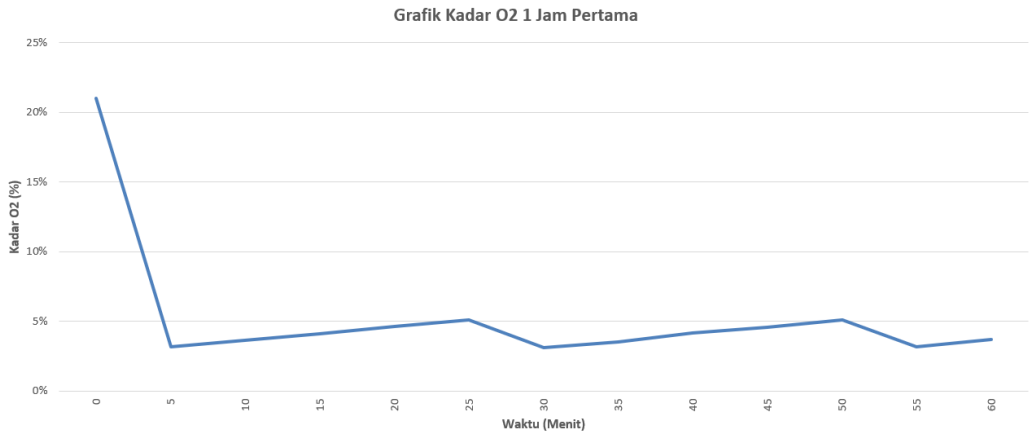
Pada grafik di atas dapat dilihat, kondisi temperatur ruang penyimpanan buah dalam 4 jam pertama. Pada menit 0 – 35 dilakukan pengkondisian awal, dimana gas CO₂ dingin diinjeksi ke dalam ruang penyimpanan buah, sehingga temperatur akhir mencapai 13°C. Kemudian injeksi dihentikan, sehingga temperatur mencapai batas atas yaitu 15°C pada menit ke 180 dan mengalami statis hingga menit ke 205. Setelah mencapai batas atas pada 15°C, maka injeksi dilakukan kembali. Dibutuhkan sekitar 5 - 10 menit untuk menurunkan temperatur dari batas atas menuju ke batas bawah.

• **Grafik Kadar O₂**



Gambar 4.24 Grafik Kadar O₂ Media Pendingin Gas CO₂

Pada gambar grafik di atas, dapat dilihat kondisi kadar O₂ pada ruang penyimpanan buah. Pada keadaan awal terlihat kadar oksigen sebesar 21% yaitu standar udara atmosfer. Kemudian dilakukan nitrogen flushing hingga mencapai batas bawah yaitu sebesar 3%. Terlihat pada grafik, keadaan kadar O₂ dijaga pada rentang yang ditentukan yaitu sebesar 3% - 5%.



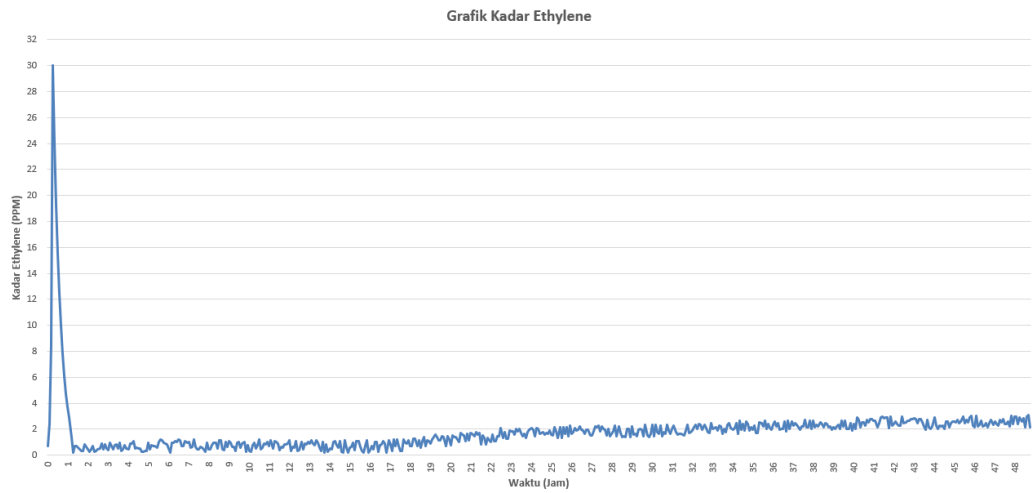
Gambar 4.25 Grafik Kadar O₂ Media Pendingin Gas CO₂ 1 Jam Pertama

Pada grafik di atas dapat dilihat kondisi kadar O₂ pada ruang penyimpanan buah pada 1 jam pertama. Nitrogen flushing dilakukan pada menit 0 hingga menit 5 untuk menurunkan kadar O₂ sebesar 21% menjadi sebesar 3%. Kemudian nitrogen flushing dihentikan, dan menunggu kadar O₂ naik sampai pada batas atas di menit ke 25. Kemudian dilakukan nitrogen flushing kembali untuk menurunkan ke batas bawah di angka 3%. Untuk menurunkan kadar O₂ dari 5% menjadi 3% dibutuhkan waktu sekitar 5 menit.

- **Grafik Kadar CO₂**

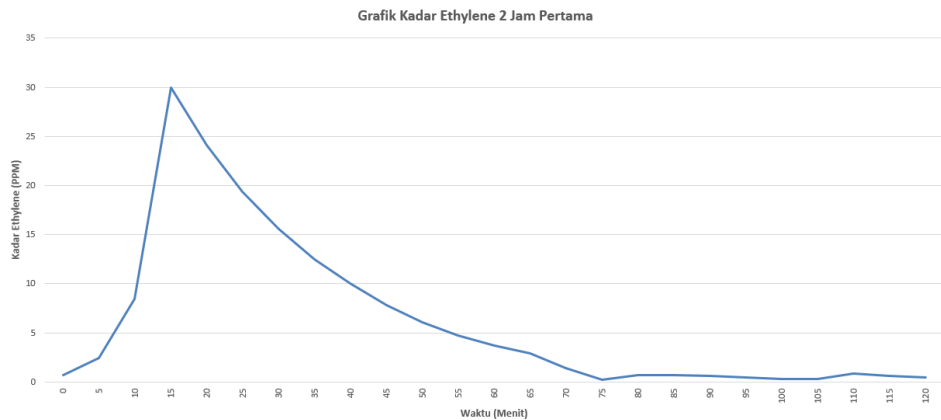
Kadar CO₂ pada eksperimen ini tidak dapat terbaca karena keterbatasan pembacaan sensor gas CO₂. Sementara kadar gas CO₂ diperkirakan sangat tinggi karena menggunakan gas CO₂ sebagai pendingin.

- **Grafik Kadar Ethylene**



Gambar 4.26 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Gas CO₂

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat pengkondisian kadar ethylene pada ruang penyimpanan buah. Yaitu kadar ethylene dijaga sekecil mungkin agar dapat memperpanjang usia simpan buah. Dapat dilihat pada grafik, pada akhir eksperimen didapat kadar ppm ethylene sebesar 2-3 ppm.

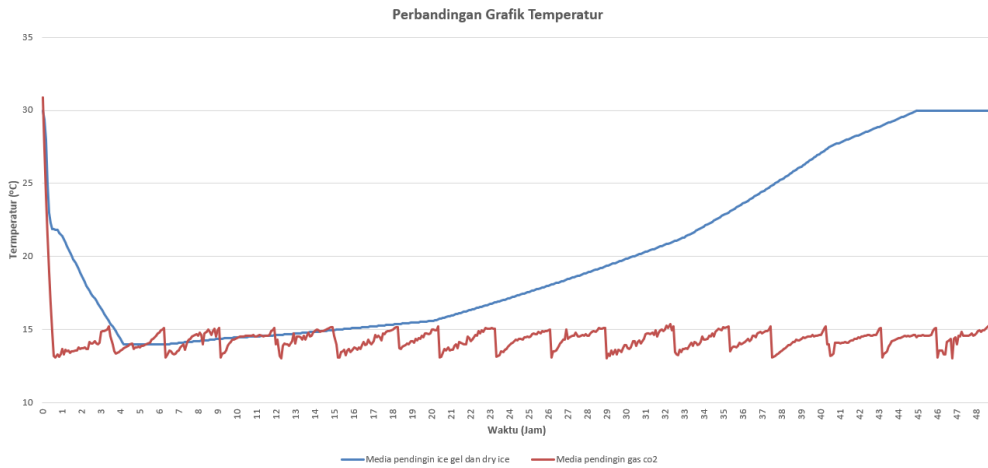


Gambar 4.27 Grafik Kadar Ethylene Media Pendingin Gas CO₂ 2 Jam Pertama

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat kadar ethylene pada 2 jam pertama pengkondisian pada ruang penyimpanan buah. Pada menit 0 hingga 17 terjadi kenaikan kadar ethylene akibat akumulasi gas ethylene yang dikeluarkan oleh buah. Sehingga kadar gas ethylene pada menit ke 17 mencapai sebesar 30 ppm. Kemudian secara linier kadar gas ethylene perlahan turun hingga mencapai 0 ppm pada menit ke 75. Dan seterusnya kadar ppm dijaga pada sekitar 0 ppm.

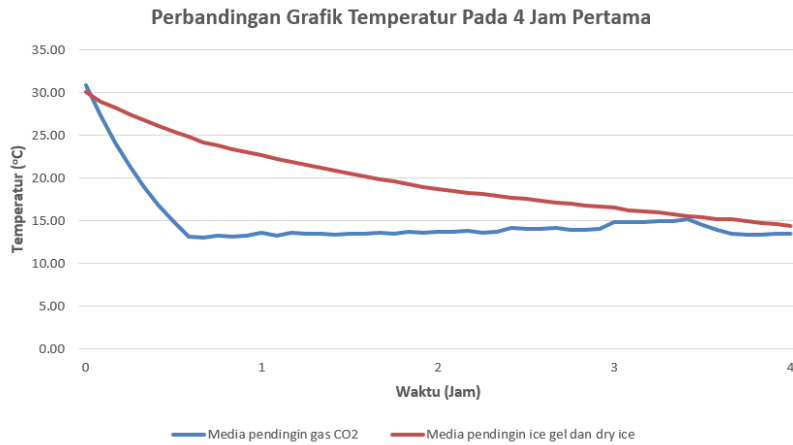
4.5.3 Perbandingan Grafik

- **Grafik Temperatur**



Gambar 4.28 Perbandingan Grafik Temperatur

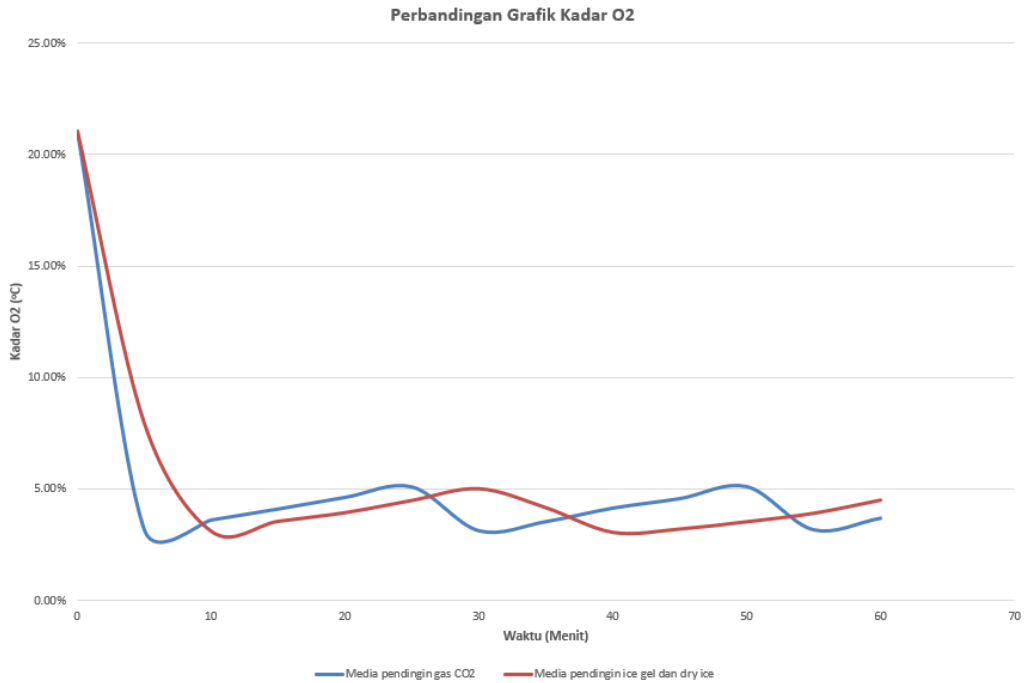
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat perbandingan kedua karakteristik media pendingin. Pada grafik media pendingin gas CO₂ temperatur dapat dijaga pada rentang yang diinginkan hingga 48 jam lebih. Sementara pada media pendingin ice gel dan dry ice hanya mampu bertahan 11 jam. Media pendingin ice gel dan dry ice memiliki keterbatasan kemampuan untuk mempertahankan temperaturnya. Ice gel akan mencair dan dry ice akan menguap menjadi gas CO₂.



Gambar 4.29 Perbandingan Grafik Temperatur 4 Jam Pertama

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat perbandingan kedua karakteristik media pendingin. Dalam waktu kurang lebih 30 menit, gas CO₂ dapat menurunkan temperatur ruangan menjadi 13°C. Sementara pada media pendingin ice gel dan dry ice didapatkan temperatur 14°C pada jam ke 4.

- **Grafik Kadar O₂**



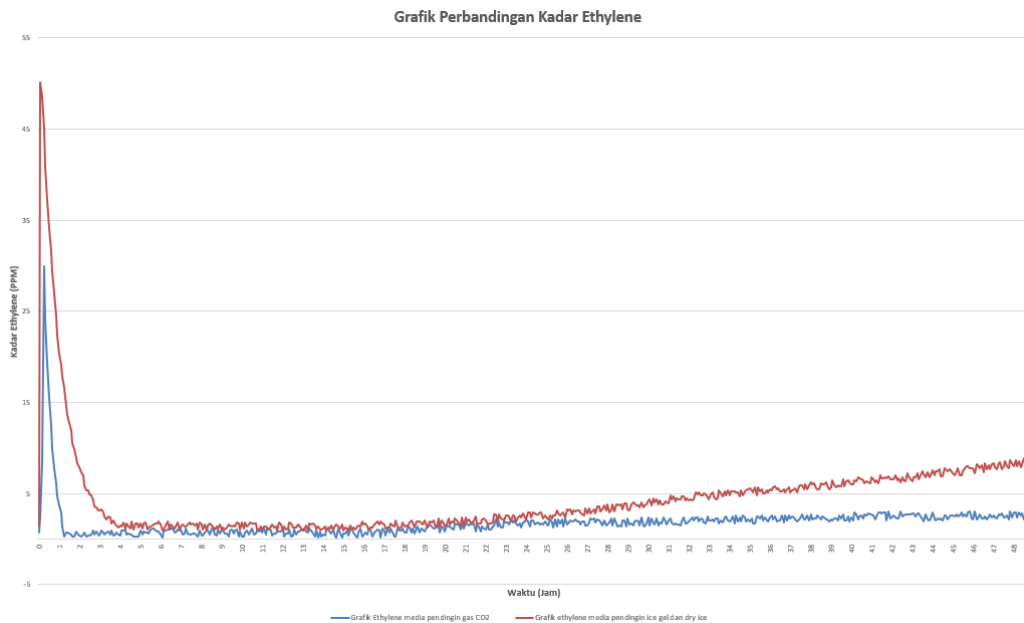
Gambar 4.30 Perbandingan Grafik Kadar O₂

Pada grafik di atas, dapat dilihat kadar gas O₂ pada 1 jam pertama pengkondisian ruang penyimpanan buah. Pada media pendingin menggunakan gas CO₂, gas O₂ dapat diturunkan lebih cepat yaitu pada menit ke 5 telah mencapai 3%. Sedangkan pada media pendingin ice gel dan dry ice, penurunan O₂ lebih lambat yaitu selama 10 menit. Hal ini dikarenakan ruang penyimpanan bertambah volumenya karena sistem pendingin dari box styrofoam terus berjalan. Sedangkan untuk waktu penurunannya cenderung sama.

- **Grafik Kadar CO₂**

Pada grafik kadar CO₂ hanya percobaan dengan media pendingin ice gel dan dry ice yang dapat dideteksi menggunakan sensor. Hal ini dikarenakan jumlah kadar CO₂ pada media pendingin gas CO₂ sangat tinggi sehingga sensor tidak dapat membaca.

- **Grafik Kadar Ethylene**



Gambar 4.31 Perbandingan Grafik Kadar Ethylene

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa kadar ethylene pada ruangan penyimpanan buah menggunakan media pendingin gas CO₂ bahwa kadar ethylene yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan media pendingin ice gel dan dry ice. Hal ini dikarenakan pada media pendingin ice gel dan dry ice, dibutuhkan waktu 4 jam untuk mencapai temperatur yang diinginkan. Sementara pada media pendingin menggunakan gas CO₂ hanya dibutuhkan waktu 30 menit untuk mencapai temperature yang diinginkan. Hal ini menyebabkan pada kondisi awal, temperature ruangan penyimpanan buah lebih rendah daripada temperatur pada media pendingin ice gel dan dry ice.

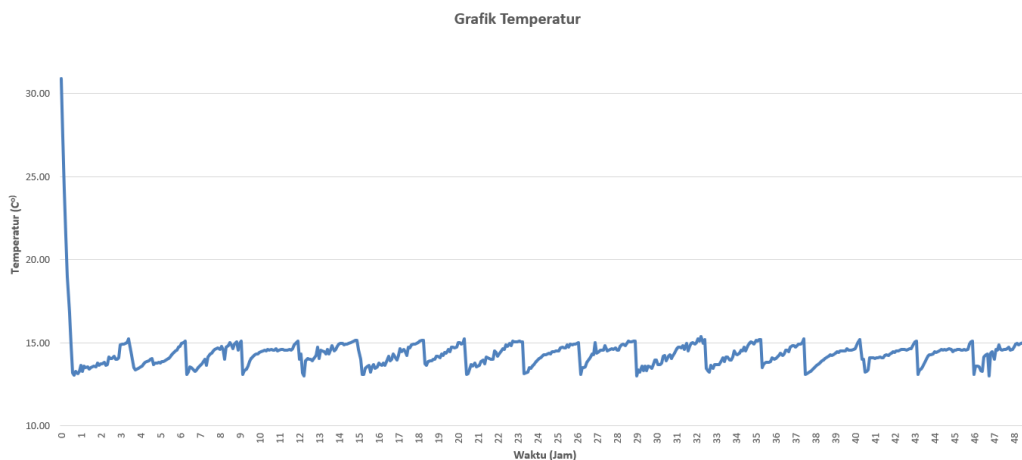
4.6 Perbandingan Performa Media Pendingin

Media Pendingin	Waktu Pengkondisian Awal (30°C – 13°C)	Waktu Stabil (15°C – 13°C)
Ice gel dan dry ice	4 jam	10 jam
Gas CO ₂	30 menit	48 jam

Tabel 4.4 Perbandingan Performa Media Pendingin

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pendinginan menggunakan gas CO₂ memiliki kelebihan dibandingkan ice gel dan dry ice pada waktu pengkondisian awal yaitu penurunan temperature ruang menjadi temperature 13°C. Sementara untuk pengkondisian temperatur pada jangkauan 13°C – 15°C, gas CO₂ dapat menjaga temperatur jauh lebih stabil daripada ice gel dan dry ice. Hal ini dikarenakan pada media pendingin berupa gas CO₂, tidak memiliki batas ketahanan seperti pada ice gel yang akan menjadi cair dan dry ice yang akan menguap seiring bertambahnya waktu. Oleh karena itu dipilih media pendingin berupa gas CO₂ sebagai pendingin pada *controlled atmosphere storage*.

4.7 Perhitungan Kebutuhan Gas CO₂



Gambar 4.32 Grafik Temperatur Media Pendingin Gas CO₂

Dari grafik di atas dapat dilihat keperluan media pendingin gas CO₂ dalam waktu 2 hari percobaan. Total waktu katup gas CO₂ terbuka yaitu:

1. Waktu pengkondisian awal
Katup gas CO₂ terbuka selama 30 menit di awal eksperimen
2. Waktu stabil temperatur
Katup gas CO₂ terbuka selama 2 menit selama 17 kali. Total waktu terbuka yaitu 34 menit.

Maka, waktu katup gas terbuka selama 2 hari yaitu:

$$\text{Waktu katup terbuka} = \text{Waktu pengkondisian awal} + \text{waktu stabil}$$

$$\text{Waktu katup terbuka} = 30 \text{ menit} + 34 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu katup terbuka} = 64 \text{ menit}$$

Pada waktu pengkondisian awal, pada flowmeter diatur sebesar 10 liter/menit. Sehingga total volume gas CO₂ yang dibutuhkan sebesar

$$\text{Kebutuhan volume gas pengkondisian} = 10 \text{ liter/menit} \times 30 \text{ menit}$$

$$\text{Kebutuhan volume gas pengkondisian} = 300 \text{ liter}$$

Sementara pada waktu stabil, pada flowmeter diatur aliran gas sebesar 5 liter/menit. Maka, total volume gas CO₂ yang dibutuhkan untuk 2 hari yaitu:

$$\text{Kebutuhan volume gas waktu stabil} = 5 \text{ liter/menit} \times 34 \text{ menit}$$

$$\text{Kebutuhan volume gas waktu stabil} = 170 \text{ liter}$$

Sehingga kebutuhan volume gas CO₂ pada waktu stabil dalam 1 hari dibutuhkan sebesar 85 liter.

Maka dapat ditulis kebutuhan volume gas CO₂ per jam untuk kebutuhan kondisi stabil temperatur 13°C – 15°C sebagai berikut

$$\text{Kebutuhan volume CO}_2 \text{ per jam} = \text{Total gas waktu stabil 1 hari}/24 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan volume CO}_2 \text{ per jam} = 85 \text{ liter}/24 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan volume CO}_2 \text{ per jam} = 3,54 \text{ liter/jam}$$

Apabila dalam pelayaran kapal pelra selama 4 hari maka total kebutuhan volume gas CO₂ sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Volume CO}_2 \text{ yang terpakai waktu} &= \text{Total gas pengkondisian} + 4 \times \text{Total gas} \\ &\text{stabil 1 hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume CO}_2 \text{ yang terpakai} = 300 \text{ liter} + 4 \times 85 \text{ liter}$$

$$\text{Volume CO}_2 \text{ yang terpakai} = 300 \text{ liter} + 340 \text{ liter}$$

$$\text{Volume CO}_2 \text{ yang terpakai} = 640 \text{ liter}$$

Sementara spesifikasi tabung gas CO₂ adalah sebagai berikut.

Ukuran Tabung	Tinggi Tabung	Diameter Tabung	Keliling Tabung	Berat Isi	Volume Isi
500 mL	26 cm	7 cm	23 cm	0,4 kg	40 liter
2 L	41 cm	11,5 cm	37 cm	1,6 kg	160 liter
1 m ³	64 cm	14 cm	45 cm	10 kg	1000 liter
1,5 m ³	78 cm	17 cm	54 cm	15 kg	1500 liter
2 m ³	99 cm	16,5 cm	52 cm	20 kg	2000 liter
6 m ³	143 cm	22 cm	70 cm	60 kg	6000 liter

Tabel 4.5 Spesifikasi Tabung Gas CO₂

Dari tabel spesifikasi tabung gas CO₂ di atas. Tidak ada ketersediaan dengan jumlah gas yang sama, oleh karena itu dipilih 1 tabung berukuran 1 m³ sehingga kapasitas gas CO₂ dapat memenuhi selama 8,23 hari.

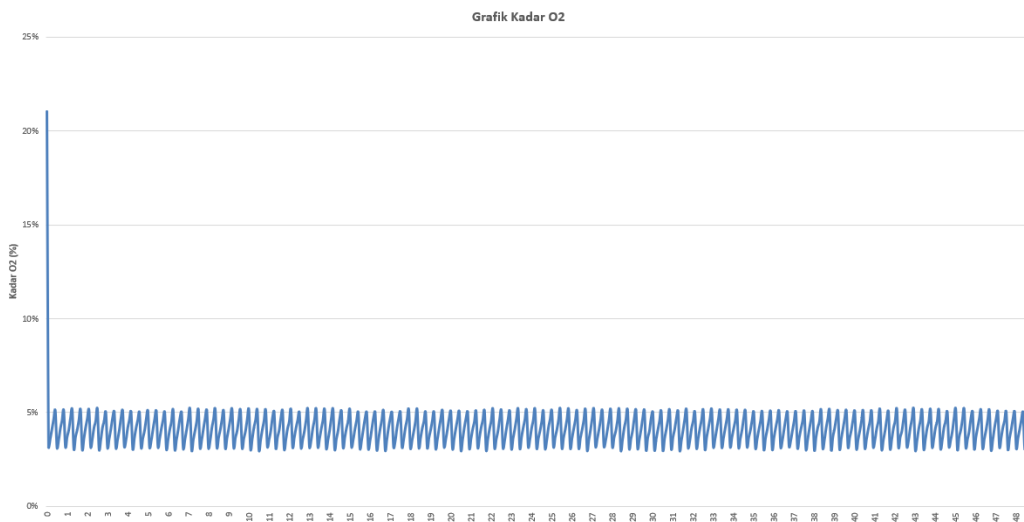
$$\text{Kemampuan 1 m}^3 \text{ gas CO}_2 = (\text{volume gas} - \text{kebutuhan volume gas pengkondisian})/\text{kebutuhan volume gas per jam}$$

$$\text{Kemampuan 1 m}^3 \text{ gas CO}_2 = (1000 - 300)/3,54$$

$$\text{Kemampuan 1 m}^3 \text{ gas CO}_2 = 700/3,54$$

$$\text{Kemampuan 1 m}^3 \text{ gas CO}_2 = 197,74 \text{ jam atau } 8,23 \text{ hari}$$

4.8 Perhitungan Kebutuhan Gas N₂



Gambar 4.33 Grafik Kadar O₂ Pada Media Pendingin CO₂

Dapat dilihat berdasarkan penggunaan *nitrogen flushing* selama 2 hari eskperimen dengan menggunakan media pendingin gas CO₂. Total waktu katup nitrogen terbuka yaitu:

1. Waktu pengkondisian awal
Katup gas N₂ terbuka selama 2 menit di awal eksperimen
2. Waktu stabil
Katup gas N₂ terbuka selama 2 menit sebanyak 58 kali. Total waktu terbuka yaitu 116 menit.

Maka, waktu katup gas terbuka selama 2 hari yaitu:

$$\text{Waktu katup terbuka} = \text{Waktu pengkondisian awal} + \text{waktu stabil}$$

$$\text{Waktu katup terbuka} = 2 \text{ menit} + 116 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu katup terbuka} = 118 \text{ menit}$$

Pada waktu pengkondisian awal, pada flowmeter diatur sebesar 10 liter/menit. Sehingga total volume gas N₂ yang dibutuhkan sebesar

$$\text{Kebutuhan volume gas pengkondisian} = 10 \text{ liter/menit} \times 2 \text{ menit}$$

$$\text{Kebutuhan volume gas pengkondisian} = 20 \text{ liter}$$

Sementara pada waktu stabil, pada flowmeter diatur aliran gas sebesar 5 liter/menit. Maka, total volume gas N₂ yang dibutuhkan untuk 2 hari yaitu:

$$\text{Kebutuhan volume gas waktu stabil} = 3 \text{ liter/menit} \times 116 \text{ menit}$$

Kebutuhan volume gas waktu stabil = 354 liter

Sehingga kebutuhan volume gas N₂ pada waktu stabil dalam 1 hari dibutuhkan sebesar 152 liter.

Maka dapat ditulis kebutuhan volume gas N₂ per jam untuk kebutuhan kondisi stabil kadar O₂ 3% - 5% sebagai berikut

Kebutuhan volume N₂ per jam = Total gas waktu stabil 1 hari/24 jam

Kebutuhan volume N₂ per jam = 152 liter/24 jam

Kebutuhan volume N₂ per jam = 6,33 liter/jam

Apabila dalam pelayaran kapal pelra selama 4 hari maka total kebutuhan volume gas N₂ sebesar:

Volume N₂ yang terpakai waktu = Total gas pengkondisian + 4 x Total gas waktu stabil 1 hari

Volume N₂ yang terpakai = 20 liter + 4 x 152 liter

Volume N₂ yang terpakai = 20 liter + 608 liter

Volume N₂ yang terpakai = 628 liter

4.9 Perbandingan Performa Media Pendingin

Ukuran Tabung	Tinggi Tabung	Diameter Tabung	Keliling Tabung	Berat Isi	Volume Isi
500 mL	26 cm	7 cm	23 cm	0,4 kg	40 liter
2 L	41 cm	11,5 cm	37 cm	1,6 kg	160 liter
1 m ³	64 cm	14 cm	45 cm	10 kg	1000 liter
1,5 m ³	78 cm	17 cm	54 cm	15 kg	1500 liter
2 m ³	99 cm	16,5 cm	52 cm	20 kg	2000 liter
6 m ³	143 cm	22 cm	70 cm	60 kg	6000 liter

Tabel 4.6 Spesifikasi Tabung

Dari tabel spesifikasi tabung gas N₂ di atas. Tidak ada ketersediaan dengan jumlah gas yang sama, oleh karena itu dipilih 1 tabung berukuran 1 m³ sehingga kapasitas gas N₂ dapat memenuhi selama 8,23 hari.

Kemampuan 1 m³ gas CO₂ = (volume gas – kebutuhan volume gas
pengkondisian)/kebutuhan volume gas per jam

Kemampuan 1 m³ gas CO₂ = (1000 – 20)/6,33

Kemampuan 1 m³ gas CO₂ = 980/6,33

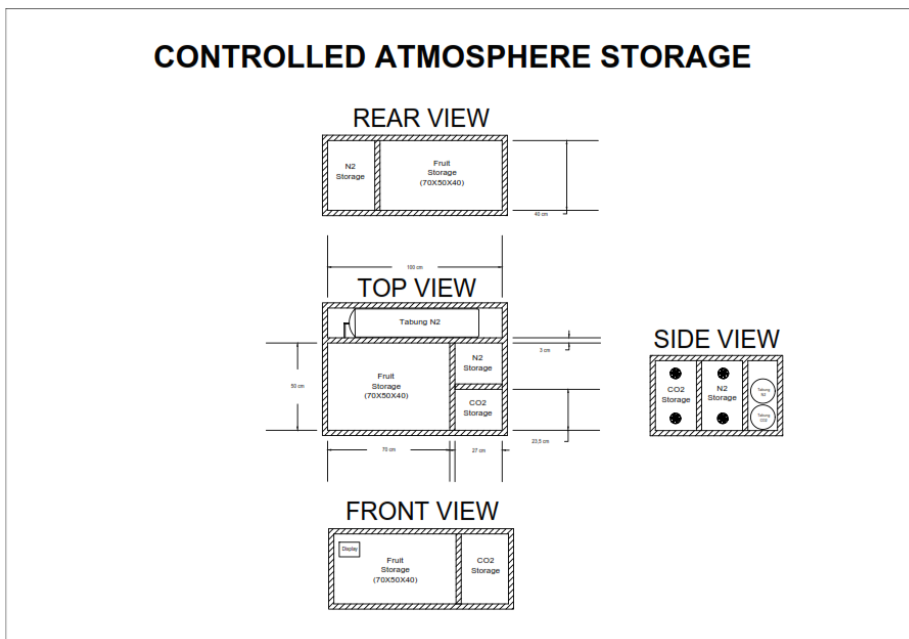
Kemampuan 1 m³ gas CO₂ = 154,81 jam atau 6,4 hari

4.10 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage

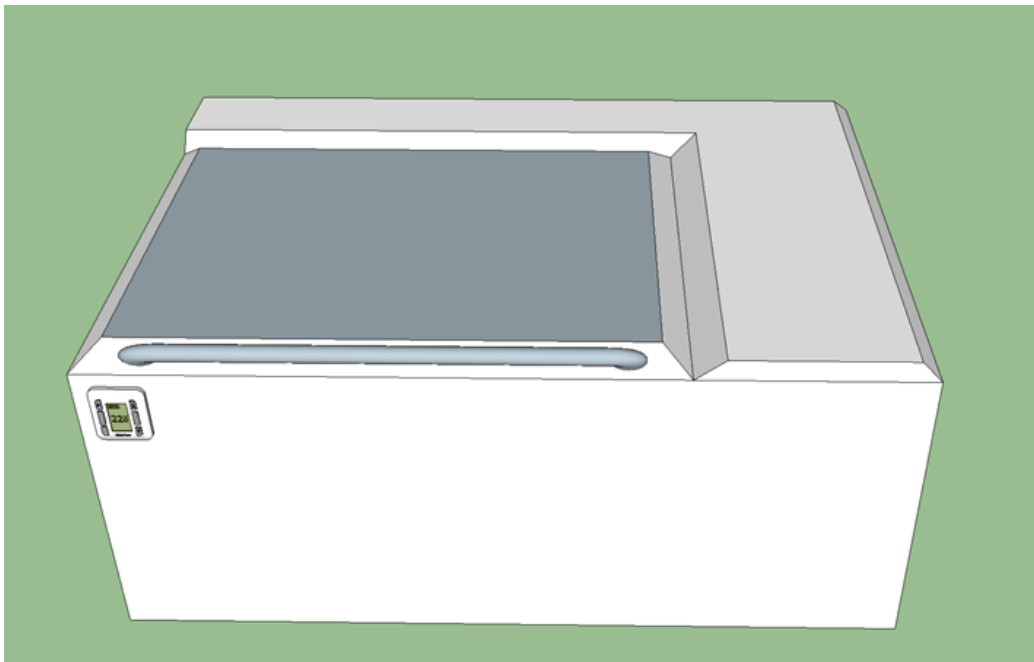
Berdasarkan eksperimen dan perhitungan sebelumnya, didapat data utama sebagai berikut.

Volume ruang penyimpanan buah	= 140 liter
Kapasitas tabung gas CO ₂	= 1000 liter
Kapasitas tabung N ₂	= 1000 liter

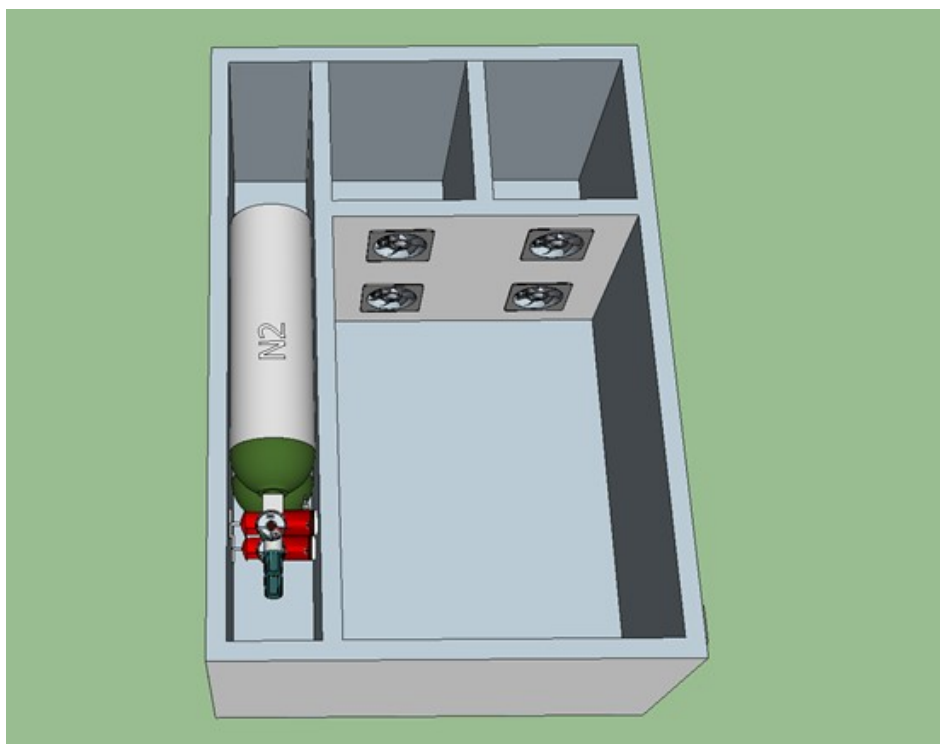
Mengacu kepada penelitian “Analisis Penggunaan Natrium Hidroksida dan Kalsium Hidroksida Sebagai CO₂ Removal Pada CAS” maka CAS dengan ukuran ini membutuhkan CO₂ Removal sebanyak 8,3 kg. sedangkan mengacu kepada penelitian “Perancangan Ethylene Removal Dengan Sirkulasi Paksa Pada CAS” maka membutuhkan ethylene Removal sebanyak 3 kg.



Gambar 4.34 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage 70x50x40 cm

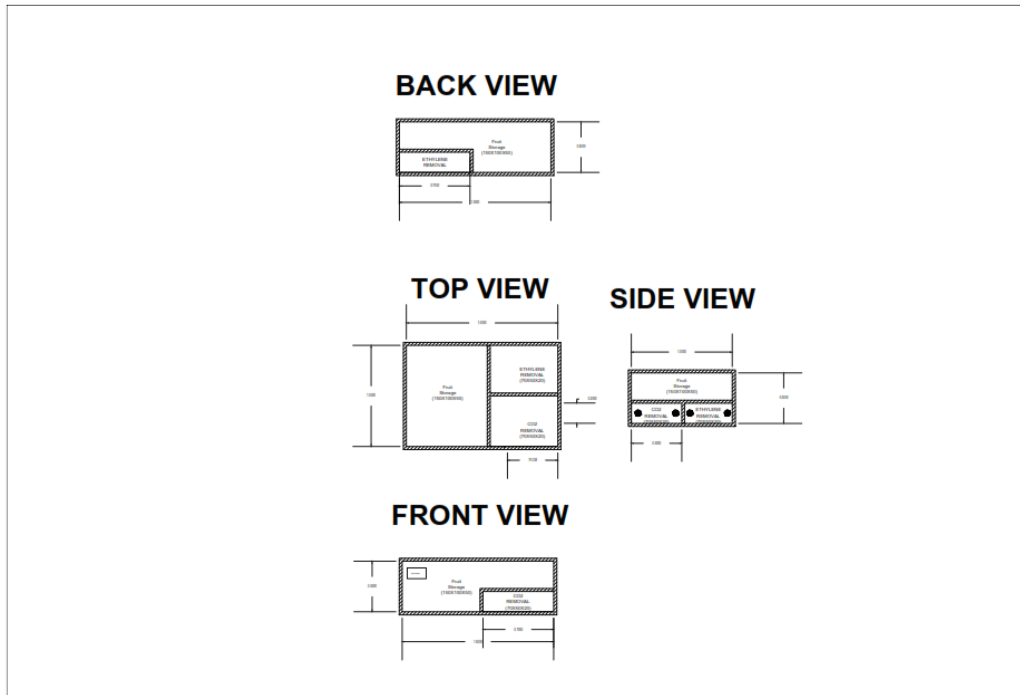


Gambar 4.35 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere 70x50x40 cm

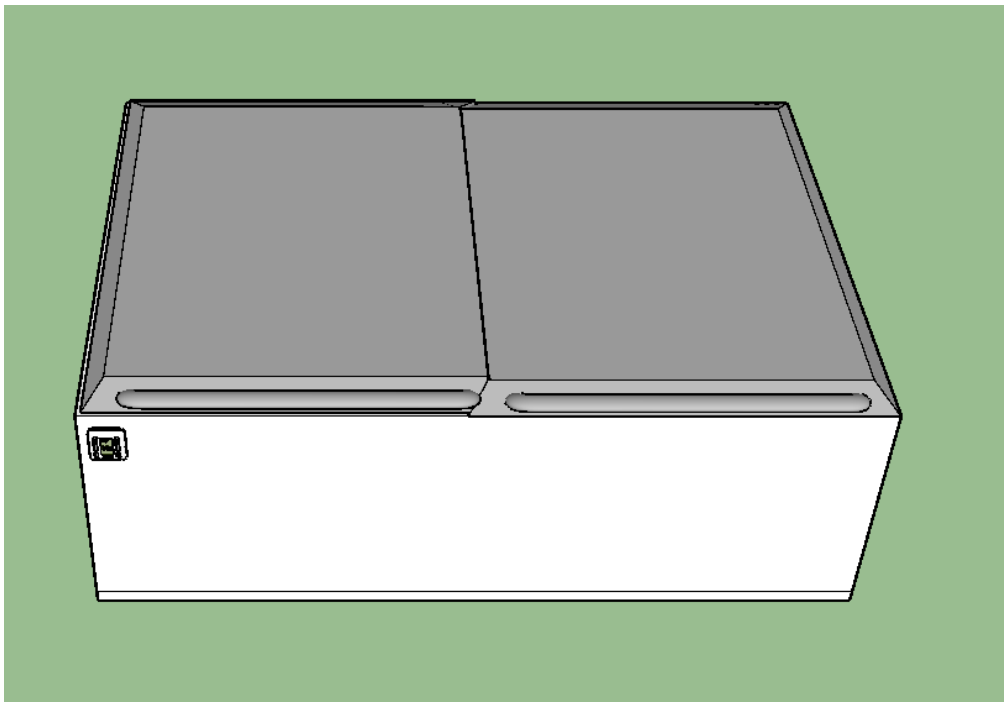


Gambar 4.36 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere 70x50x40 cm

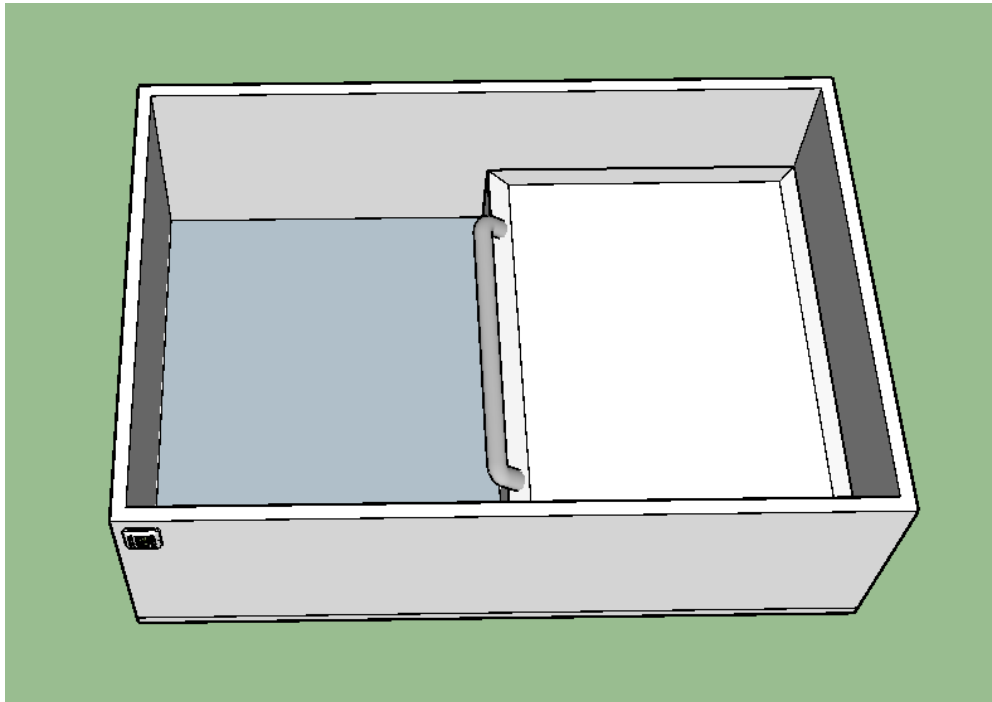
Pada desain di atas, setiap *controlled atmosphere storage* memiliki ruangan untuk menyimpan tabung gas CO_2 dan N_2 . Untuk kapasitas box yang kecil, hal ini akan memudahkan dalam pengiriman, karena tidak membutuhkan infrastruktur *gas station supply* pada sektor *trucking*, *storing* di gudang, dan *shipping* pada kapal. Pada CAS model ini juga memudahkan ketika bongkar muat pada Pelabuhan kapal pelra. Karena pada Pelabuhan kapal pelra banyak kegiatan bongkar muat yang dilakukan oleh pekerja secara konvensional. Dikarenakan bobot yang tidak terlalu berat dan dimensi yang cukup kecil sehingga bisa dibawa oleh 2-3 orang.



Gambar 4.37 Desain Controlled Atmosphere Storage 150x100x50



Gambar 4.38 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage 150x100x50



Gambar 4.39 Desain Low-Cost Controlled Atmosphere Storage 150x100x50

Pada desain controlled atmosphere di atas dibuat dengan dimensi yang lebih besar. CAS model ini cocok pada kapal pelra yang memiliki crane tersendiri. Namun dikarenakan dimensi yang besar sehingga membutuhkan *supply* gas CO₂ dan N₂ yang sangat banyak, dan apabila tiap box membawa tabung gas maka box CAS akan menjadi tidak efisien untuk penyimpanan buah. Sehingga pada desain CAS di atas membutuhkan infrastruktur *gas supply station* pada sector trucking, storing, dan shipping.

Mengacu kepada penelitian “Analisis Penggunaan Natrium Hidroksida dan Kalsium Hidroksida Sebagai CO₂ Removal Pada CAS” maka CAS dengan ukuran ini membutuhkan CO₂ Removal sebanyak 58,1 kg. sedangkan mengacu kepada penelitian “Perancangan Ethylene Removal Dengan Sirkulasi Paksa Pada CAS” maka membutuhkan ethylene Removal sebanyak 21 kg.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Gambaran Umum Penelitian

Pada penelitian ini melakukan perancangan *controlled atmosphere storage* untuk buah pisang berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan. Penelitian ini merupakan penyempurnaan dari penelitian sebelumnya. Yaitu berupa penggantian komponen dengan material lain yang lebih efisien seperti *ethylene Removal* menggunakan KMNO_4 yang digerakkan secara dinamis, CO_2 *Removal* menggunakan CaOH , dan melakukan pelapisan ruang penyimpanan menggunakan PVDC untuk menambah kedapn gas pada ruang penyimpanan buah. Serta melakukan variasi media pendingin yaitu menggunakan kombinasi *ice gel* dan *dry ice* yang masing-masing berjumlah 6 kg. Dan menggunakan pendinginan menggunakan gas CO_2 yang dimampatkan di dalam sebuah tabung kemudian diinjeksikan menuju ruang penyimpanan buah dengan *expansion valve* sehingga keluaran gas memiliki temperatur yang rendah. Sistem diatur dengan 4 buah sensor yaitu sensor CO_2 , sensor O_2 , sensor temperatur, sensor *ethylene*. Hasil pembacaan sensor dijadikan sebagai sinyal menuju sebuah *microcontroller* untuk kemudian diterjemahkan sebagai perintah otomatis kepada *load*.

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Pada perbandingan performa media pendingin ditemukan bahwa media pendingin gas CO_2 lebih baik pada waktu pengkondisian dan menjaga temperatur pada jangkauan yang diinginkan daripada media pendingin *ice gel* dan *dry ice*
2. Desain *controlled atmosphere storage* dibuat menjadi 2 jenis yang memiliki ukuran yang berbeda
 - a. 70x50x40 cm
Pada CAS ini memiliki kapasitas ruangan penyimpanan buah sebesar 140 liter dengan ruangan khusus tabung N_2 dan CO_2 tersendiri. CAS ini dapat dimuat dengan cara konvensional yaitu diangkat oleh 2-3 orang karena memiliki bobot yang tidak terlalu berat.
 - b. 150x100x50

Pada CAS ini memiliki kapasitas sebesar 1000 liter, yaitu tujuh kali lebih besar dari desain pertama. Pada CAS ini tidak terdapat ruangan khusus tabung gas. Karena membutuhkan tabung gas dengan ukuran yang besar, sehingga dapat mengurangi keefektifan ruangan penyimpanan buah. Karena tidak memiliki tabung tersendiri. Maka CAS jenis ini membutuhkan infrastruktur *gas supply station* tersendiri pada *sector trucking, storing, dan shipping*.

5.3 Saran

1. Mengganti sensor CO₂ dengan sensor yang memiliki range pembacaan sebesar 100%
2. Melakukan analisa material CAS yang kuat dan memiliki penyimpanan dingin paling baik
3. Melakukan perhitungan dan desain kebutuhan baterai untuk CAS
4. Melakukan analisa katup pada tabung gas CO₂
5. Melakukan penggantian komponen elektronika seperti kabel dengan kualitas yang lebih baik agar menghindari *error* saat alat bekerja

DAFTAR PUSTAKA

- Dykstra, J. H., Hill, H. M., Miller, M. G., Cheatham, C. C., Michael, T. J., & Baker, R. J. (2009). Comparisons of cubed ice, crushed ice, and wetted ice on intramuscular and surface temperature changes. *Journal of athletic training*, 44(2), 136-141.
- Keller, N., Ducamp, M. N., Robert, D., & Keller, V. (2013). Etilen *Removal* and fresh product storage: a challenge at the frontiers of chemistry. Toward an approach by photocatalytic oxidation. *Chemical reviews*, 113(7), 5029-5070.
- Libyawati, W., Lesmana, I. G., Raynold, A., Agustian, H., & Mahardhika, L. (2017). Modified atmosphere storage (mas) buah pisang. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 7(2).
- Libyawati, W., Suwandi, A., & Agustian, H. (2017). Rancang Bangun Teknologi Modified Atmosphere Storage (Mas) Dengan Kapasitas 4, 77 m³. *Jurnal Teknologi*, 9(2), 103-116.
- Nugraeni, Y., Suciwati, S. W., Pauzi, G. A., & Supriyanto, A. (2020). Analisis Suhu Dan Konsentrasi Karbondioksida dalam Kotak Pendingin Terhadap Susut Bobot dan Umur Simpan Buah Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr) Berbasis MIT App Inventor 2. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(3), 113-118.
- Nugroho, T. A., Kiryanto, K., & & Adietya, B. A. (2016). Kajian Eksperimen Penggunaan Media Pendingin Ikan Berupa Es Basah dan Ice Pack Sebagai Upaya Peningkatan Performance Tempat Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan Nelayan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4).
- Purwoko, B. S., & Suryana, K. (2000). Efek suhu simpan dan pelapis terhadap perubahan kualitas buah pisang cavendish. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 28(3).
- Saputra, A. C. (2017). *Studi Eksperimen Penggunaan Ice gel Propylene Glycol Sebagai Media Pendingin Coolbox Kapal Ikan Tradisional*. Surabaya: Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sari, D. A. (2016). *Rekayasa Atmosfer Terhadap Konsentrasi Gas Co₂ Dan O₂ Guna Meningkatkan Usia Simpan Buah Dalam Kotak Berpendingin Es Kering*. Surabaya: Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sumarsih, E., & Nuryati, R. (2017). PENGGUNAAN ICE GEL SEBAGAI PENDINGIN PORTABLE PADA UMKM PENJUAL SAYUR KELILING. *Jurnal Pengabdian Siliwangi*, 3(1).

- Utama, I. M., Setiyo, Y., Puja, I. A., & Semadi, N. (2011). Kajian atmosfir terkendali untuk memperlambat penurunan mutu buah mangga arumanis selama penyimpanan. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 2(1), 27-33.
- Widyaningrum, W., Purwanto, Y. A., & Mardjan, S. (2018). Desain Sistem Kontrol dan Monitoring Kondisi Udara pada Controlled Atmosphere Storage Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 6(1), 75-82.

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
0	0	30.90	21.03%	0.68	0.68	21.25%	0.09%	1.29
	5	27.35	3.17%	2.40	29.00	8.08%	0.05%	49.90
	10	24.22	3.62%	8.48	28.26	3.07%	0.11%	48.79
	15	21.44	4.11%	30.00	27.53	3.46%	0.09%	44.52
	20	18.98	4.63%	24.09	26.83	3.92%	0.08%	41.25
	25	16.80	5.10%	19.35	26.14	4.42%	0.06%	37.17
	30	14.87	3.13%	15.53	25.47	5.01%	0.07%	34.40
	35	13.17	3.55%	12.47	24.81	4.01%	0.10%	31.65
	40	13.06	4.15%	10.02	24.18	3.06%	0.09%	29.45
	45	13.27	4.57%	7.80	23.79	3.11%	0.12%	26.96
	50	13.15	5.12%	6.09	23.41	3.53%	0.09%	24.54
	55	13.29	3.18%	4.74	23.03	3.94%	0.12%	22.72
1	60	13.64	3.70%	3.69	22.66	4.51%	0.14%	20.34
	65	13.27	4.07%	2.88	22.30	5.09%	0.17%	18.79
	70	13.59	4.69%	1.42	21.94	4.15%	0.12%	17.14
	75	13.50	5.17%	0.23	21.59	3.06%	0.18%	16.62
	80	13.54	3.06%	0.70	21.25	3.13%	0.19%	14.94
	85	13.42	3.70%	0.73	20.91	3.60%	0.15%	14.15
	90	13.51	4.07%	0.59	20.57	4.02%	0.20%	12.84
	95	13.53	4.58%	0.48	20.24	4.41%	0.22%	12.00
	100	13.58	5.14%	0.31	19.92	5.08%	0.21%	10.91
	105	13.55	3.04%	0.32	19.60	4.13%	0.20%	9.97
	110	13.76	3.62%	0.81	19.28	3.02%	0.21%	9.28
	115	13.65	4.20%	0.62	18.97	3.06%	0.26%	8.06
2	120	13.71	4.67%	0.44	0.44	3.58%	0.25%	7.95
	125	13.73	5.14%	0.24	0.24	3.97%	0.32%	6.99
	130	13.80	3.17%	0.46	0.46	4.51%	0.29%	6.30
	135	13.64	3.60%	0.70	0.70	5.15%	0.34%	6.35
	140	13.68	4.20%	0.27	0.27	4.15%	0.35%	5.98
	145	14.13	4.55%	0.36	0.36	3.12%	0.37%	5.25
	150	14.07	5.20%	0.44	0.44	3.17%	0.37%	4.76
	155	14.03	3.04%	0.52	0.52	3.56%	0.43%	4.91
	160	14.20	3.53%	0.90	0.90	3.99%	0.45%	4.21
	165	14.02	4.19%	0.47	0.47	4.57%	0.47%	4.31
	170	13.98	4.54%	0.84	0.84	5.17%	0.53%	3.27
	175	14.09	5.01%	0.50	0.50	4.13%	0.59%	3.44

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
3	180	14.85	3.14%	0.40	0.40	3.12%	0.60%	3.21
	185	14.90	3.61%	0.96	0.96	3.01%	0.69%	3.05
	190	14.92	4.11%	0.72	0.72	3.45%	0.69%	2.90
	195	14.97	4.69%	0.47	0.47	3.90%	0.73%	2.65
	200	15.00	5.04%	0.74	0.74	4.52%	0.79%	2.27
	205	15.23	3.13%	0.84	0.84	5.16%	0.90%	1.78
	210	14.50	3.55%	0.54	0.54	4.01%	0.97%	2.23
	215	14.00	4.05%	0.98	0.98	3.08%	1.00%	1.50
	220	13.50	4.70%	0.35	0.35	3.14%	1.06%	1.36
	225	13.36	5.10%	0.47	0.47	3.43%	1.16%	1.97
	230	13.40	3.19%	0.76	0.76	4.06%	1.27%	1.25
	235	13.45	3.54%	0.54	0.54	4.48%	1.33%	1.95
	4	240	13.56	4.17%	0.43	0.43	5.17%	1.46%
245		13.59	4.60%	0.92	0.92	4.09%	1.58%	1.67
250		13.72	5.03%	0.90	0.90	3.13%	1.70%	1.25
255		13.80	3.07%	1.11	1.11	3.20%	1.83%	1.67
260		13.85	3.65%	0.51	0.51	3.50%	1.93%	1.03
265		13.90	4.19%	0.61	0.61	3.92%	2.08%	1.11
270		14.01	4.60%	0.50	0.50	4.46%	2.23%	1.08
275		14.04	5.00%	0.55	0.55	5.07%	2.43%	1.10
280		13.67	3.14%	0.28	0.28	4.08%	2.58%	1.42
285		13.76	3.63%	0.24	0.24	3.06%	2.82%	1.71
290		13.75	4.03%	0.33	0.33	3.04%	3.01%	1.18
295		13.81	4.65%	0.31	0.31	3.43%	3.23%	1.70
5		300	13.79	5.08%	0.98	0.98	3.97%	3.48%
	305	13.86	3.14%	0.45	0.45	4.46%	3.77%	1.59
	310	13.88	3.51%	0.79	0.79	5.14%	4.01%	1.52
	315	13.93	4.09%	0.72	0.72	4.02%	4.32%	1.27
	320	14.01	4.64%	0.70	0.70	3.00%	4.65%	1.96
	325	14.04	5.07%	0.56	0.56	3.16%	5.04%	1.27
	330	14.12	3.17%	1.00	1.00	3.52%	4.61%	1.54
	335	14.28	3.61%	1.20	1.20	3.92%	4.22%	1.49
	340	14.38	4.14%	1.15	1.15	4.40%	3.89%	1.58
	345	14.49	4.59%	0.94	0.94	5.19%	3.59%	1.12
	350	14.55	5.01%	0.86	0.86	4.15%	3.32%	1.64
355	14.74	3.06%	0.81	0.81	3.10%	3.04%	1.31	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice				
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)	
6	360	14.80	3.56%	0.52	0.52	3.06%	3.17%	1.87	
	365	14.94	4.09%	0.22	0.22	3.43%	3.32%	1.01	
	370	15.00	4.51%	0.94	0.94	4.01%	3.51%	1.01	
	375	15.11	5.13%	0.94	0.94	4.42%	3.64%	1.10	
	380	13.10	3.04%	1.09	1.09	5.02%	3.80%	1.89	
	385	13.24	3.56%	1.04	1.04	4.07%	3.99%	1.85	
	390	13.56	4.07%	1.18	1.18	3.01%	4.18%	1.06	
	395	13.52	4.68%	1.15	1.15	3.05%	4.38%	0.96	
	400	13.34	5.01%	0.73	0.73	3.58%	4.60%	1.64	
	405	13.28	3.10%	0.68	0.68	3.93%	4.78%	1.16	
	410	13.35	3.56%	1.07	1.07	4.48%	5.04%	1.19	
	415	13.52	4.08%	0.97	0.97	5.03%	3.25%	1.12	
	7	420	13.59	4.63%	1.05	1.05	4.14%	3.46%	1.53
		425	13.75	5.19%	0.55	0.55	3.09%	3.78%	1.32
		430	13.87	3.01%	0.63	0.63	3.09%	4.04%	1.06
435		13.99	3.57%	1.20	1.20	3.53%	4.34%	0.96	
440		13.64	4.02%	0.66	0.66	3.99%	4.68%	1.25	
445		14.15	4.52%	0.48	0.48	4.42%	5.04%	1.45	
450		14.31	5.16%	0.48	0.48	5.16%	4.61%	0.97	
455		14.39	3.12%	0.62	0.62	4.07%	4.26%	1.65	
460		14.51	3.56%	0.57	0.57	3.01%	3.93%	1.26	
465		14.60	4.13%	0.43	0.43	3.19%	3.60%	1.28	
470		14.63	4.67%	0.24	0.24	3.52%	3.33%	1.70	
475		14.70	5.11%	0.93	0.93	4.05%	3.04%	1.21	
8		480	14.59	3.12%	0.44	0.44	4.47%	3.19%	1.55
		485	14.79	3.51%	0.43	0.43	5.16%	3.32%	1.15
		490	14.60	4.18%	0.75	0.75	4.08%	3.46%	0.92
	495	14.00	4.64%	0.96	0.96	3.07%	3.67%	1.70	
	500	14.74	5.18%	0.97	0.97	3.20%	3.82%	1.59	
	505	14.82	3.15%	0.54	0.54	3.53%	3.98%	1.26	
	510	14.99	3.66%	1.17	1.17	4.04%	4.17%	1.23	
	515	14.85	4.08%	1.16	1.16	4.56%	4.38%	1.01	
	520	14.62	4.61%	0.48	0.48	5.18%	4.58%	1.09	
	525	14.91	5.08%	0.39	0.39	4.20%	4.79%	1.44	
	530	15.05	3.11%	1.04	1.04	3.11%	5.04%	1.22	
	535	14.55	3.65%	0.62	0.62	3.12%	3.25%	1.86	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
9	540	14.95	4.12%	1.07	1.07	3.42%	3.47%	1.87
	545	15.10	4.67%	0.95	0.95	3.91%	3.75%	1.26
	550	13.10	5.17%	0.66	0.66	4.46%	4.03%	1.63
	555	13.34	3.14%	0.63	0.63	5.11%	4.37%	1.06
	560	13.43	3.66%	0.31	0.31	4.12%	4.66%	1.66
	565	13.58	4.02%	0.96	0.96	3.17%	5.03%	1.22
	570	13.88	4.62%	1.02	1.02	3.14%	4.63%	1.39
	575	14.05	5.13%	0.58	0.58	3.47%	4.22%	1.64
	580	14.13	3.13%	0.92	0.92	4.04%	3.91%	1.16
	585	14.29	3.61%	1.00	1.00	4.42%	3.58%	1.34
10	590	14.31	4.01%	0.24	0.24	5.01%	3.30%	1.17
	595	14.34	4.62%	0.79	0.79	4.18%	3.01%	0.88
	600	14.43	5.16%	0.33	0.33	3.15%	3.21%	1.49
	605	14.45	3.05%	0.24	0.24	3.08%	3.32%	0.90
	610	14.51	3.60%	0.76	0.76	3.56%	3.51%	1.64
	615	14.53	4.20%	0.93	0.93	4.05%	3.67%	1.10
	620	14.50	4.60%	0.53	0.53	4.58%	3.81%	1.45
	625	14.59	5.13%	0.76	0.76	5.05%	4.00%	1.31
	630	14.57	3.00%	1.20	1.20	4.03%	4.16%	1.10
	635	14.58	3.55%	0.46	0.46	3.06%	4.38%	1.69
11	640	14.56	4.09%	0.59	0.59	3.00%	4.56%	1.30
	645	14.57	4.55%	0.90	0.90	3.50%	4.80%	0.88
	650	14.62	5.13%	0.80	0.80	3.88%	5.04%	1.56
	655	14.52	3.19%	1.02	1.02	4.51%	3.23%	1.11
	660	14.53	3.56%	0.68	0.68	5.10%	3.45%	1.63
	665	14.59	4.02%	1.14	1.14	4.08%	3.73%	1.49
	670	14.61	4.70%	0.54	0.54	3.18%	4.06%	1.69
	675	14.56	5.04%	1.11	1.11	3.16%	4.32%	1.74
	680	14.53	3.11%	1.03	1.03	3.56%	4.66%	1.29
	685	14.56	3.68%	0.90	0.90	3.93%	5.01%	1.68
12	690	14.59	4.05%	0.37	0.37	4.53%	4.59%	1.34
	695	14.57	4.70%	0.66	0.66	5.12%	4.25%	1.46
	700	14.64	5.10%	0.59	0.59	4.02%	3.91%	1.25
	705	14.88	3.06%	0.81	0.81	3.12%	3.61%	1.36
	710	14.97	3.57%	0.82	0.82	3.14%	3.28%	1.17
	715	15.10	4.15%	0.88	0.88	3.57%	3.01%	1.16

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
12	720	14.00	4.52%	1.17	1.17	3.99%	3.14%	1.63
	725	14.30	5.16%	0.32	0.32	4.58%	3.31%	1.39
	730	13.20	3.17%	0.66	0.66	5.04%	3.47%	1.78
	735	13.00	3.67%	0.57	0.57	4.19%	3.67%	1.30
	740	13.89	4.18%	1.08	1.08	3.16%	3.80%	0.86
	745	14.03	4.59%	0.33	0.33	3.16%	3.99%	1.64
	750	14.00	5.00%	0.38	0.38	3.48%	4.18%	1.39
	755	14.00	3.13%	1.05	1.05	3.96%	4.42%	1.41
	760	13.91	3.57%	0.45	0.45	4.51%	4.61%	1.06
	765	14.04	4.01%	0.88	0.88	5.04%	4.83%	1.58
	770	14.22	4.59%	0.86	0.86	4.14%	5.00%	1.81
	775	14.73	5.19%	1.00	1.00	3.07%	3.26%	1.42
13	780	14.04	3.16%	0.91	0.91	3.18%	3.46%	0.92
	785	14.54	3.53%	1.17	1.17	3.47%	3.77%	1.28
	790	14.50	4.16%	0.87	0.87	3.96%	4.04%	0.85
	795	14.46	4.61%	0.76	0.76	4.51%	4.36%	0.94
	800	14.32	5.18%	1.12	1.12	5.02%	4.71%	1.19
	805	14.58	3.18%	0.97	0.97	4.15%	5.06%	1.35
	810	14.32	3.61%	0.60	0.60	3.18%	4.62%	0.88
	815	14.55	4.13%	0.30	0.30	3.06%	4.26%	1.43
	820	14.81	4.58%	1.02	1.02	3.56%	3.93%	0.82
	825	14.51	5.16%	0.20	0.20	4.01%	3.59%	0.92
	830	14.58	3.10%	0.80	0.80	4.48%	3.29%	1.64
	835	14.78	3.54%	0.29	0.29	5.17%	3.01%	1.52
14	840	14.91	4.05%	0.51	0.51	4.09%	3.21%	1.66
	845	14.98	4.70%	0.43	0.43	3.18%	3.33%	1.09
	850	14.95	5.17%	1.00	1.00	3.01%	3.50%	1.19
	855	14.85	3.05%	1.11	1.11	3.51%	3.65%	0.82
	860	14.90	3.60%	0.77	0.77	3.95%	3.81%	1.71
	865	14.92	4.03%	0.61	0.61	4.47%	4.00%	1.33
	870	14.97	4.69%	1.09	1.09	5.07%	4.20%	1.70
	875	15.00	5.07%	0.25	0.25	4.14%	4.35%	1.20
	880	15.05	3.15%	0.22	0.22	3.03%	4.56%	1.22
	885	15.10	3.68%	1.17	1.17	3.13%	4.83%	1.71
	890	15.15	4.17%	0.60	0.60	3.43%	5.06%	1.55
	895	15.15	4.54%	0.19	0.19	3.98%	3.23%	1.30

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
15	900	14.60	5.16%	0.61	0.61	4.60%	3.49%	0.87
	905	14.00	3.18%	0.63	0.63	5.11%	3.72%	1.45
	910	13.08	3.55%	0.93	0.93	4.03%	4.03%	1.60
	915	13.09	4.10%	0.38	0.38	3.17%	4.35%	1.82
	920	13.47	4.57%	1.10	1.10	3.07%	4.69%	1.50
	925	13.53	5.00%	1.10	1.10	3.43%	5.05%	1.85
	930	13.62	3.09%	0.67	0.67	3.96%	4.62%	1.12
	935	13.25	3.53%	0.35	0.35	4.45%	4.23%	1.46
	940	13.56	4.10%	0.21	0.21	5.04%	3.91%	1.34
	945	13.66	4.67%	0.70	0.70	4.09%	3.58%	1.48
	950	13.48	5.01%	1.14	1.14	3.15%	3.27%	0.95
	955	13.56	3.08%	0.23	0.23	3.05%	3.05%	1.61
16	960	13.76	3.50%	0.36	0.36	3.41%	3.16%	1.50
	965	13.70	4.10%	0.71	0.71	3.94%	3.33%	1.71
	970	13.62	4.69%	0.47	0.47	4.58%	3.46%	1.80
	975	13.78	5.01%	1.02	1.02	5.20%	3.63%	1.87
	980	13.65	3.03%	1.03	1.03	4.15%	3.83%	0.98
	985	13.94	3.56%	0.29	0.29	3.01%	3.99%	0.96
	990	14.17	4.13%	0.76	0.76	3.06%	4.21%	1.52
	995	13.92	4.60%	0.85	0.85	3.59%	4.42%	1.56
	1000	13.99	5.09%	1.09	1.09	3.95%	4.60%	1.17
	1005	14.31	3.01%	0.91	0.91	4.45%	4.81%	1.87
	1010	14.11	3.56%	0.21	0.21	5.09%	5.04%	1.27
	1015	13.97	4.19%	1.15	1.15	4.18%	3.22%	1.24
17	1020	14.21	4.69%	0.86	0.86	3.18%	3.48%	1.21
	1025	14.63	5.00%	0.35	0.35	3.20%	3.78%	1.13
	1030	14.47	3.16%	1.19	1.19	3.41%	4.03%	1.90
	1035	14.59	3.51%	0.71	0.71	3.92%	4.32%	1.99
	1040	14.47	4.18%	1.20	1.20	4.49%	4.66%	1.88
	1045	14.25	4.68%	0.71	0.71	5.10%	5.01%	1.10
	1050	14.75	5.02%	0.33	0.33	4.17%	4.62%	1.29
	1055	14.70	3.17%	0.33	0.33	3.03%	4.27%	1.36
	1060	14.85	3.58%	1.18	1.18	3.07%	3.92%	1.26
	1065	14.90	4.19%	0.97	0.97	3.42%	3.61%	1.48
	1070	14.92	4.64%	0.91	0.91	3.90%	3.31%	2.01
	1075	14.97	5.15%	1.15	1.15	4.43%	3.06%	1.76

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
18	1080	15.00	3.11%	0.73	0.73	5.03%	3.15%	1.20
	1085	15.10	3.53%	0.73	0.73	4.14%	3.31%	1.89
	1090	15.15	4.00%	1.25	1.25	3.17%	3.47%	2.00
	1095	15.15	4.52%	1.26	1.26	3.08%	3.64%	1.84
	1100	13.74	5.17%	0.70	0.70	3.57%	3.84%	1.23
	1105	13.65	3.15%	1.14	1.14	3.98%	4.00%	1.68
	1110	13.85	3.63%	0.58	0.58	4.44%	4.17%	1.73
	1115	13.89	4.15%	1.11	1.11	5.08%	4.40%	1.28
	1120	13.92	4.52%	1.41	1.41	4.09%	4.57%	1.45
	1125	14.02	5.01%	0.68	0.68	3.18%	4.84%	2.13
	1130	14.00	3.14%	1.16	1.16	3.03%	5.07%	2.15
	1135	14.21	3.66%	1.09	1.09	3.45%	3.25%	2.13
19	1140	14.18	4.07%	0.88	0.88	3.94%	3.45%	2.02
	1145	14.11	4.56%	1.22	1.22	4.45%	3.77%	1.54
	1150	14.34	5.01%	1.43	1.43	5.18%	4.01%	1.94
	1155	14.24	3.09%	1.58	1.58	4.00%	4.37%	2.00
	1160	14.43	3.56%	1.41	1.41	3.00%	4.67%	1.72
	1165	14.38	4.14%	1.15	1.15	3.01%	5.01%	1.48
	1170	14.57	4.67%	1.13	1.13	3.59%	4.64%	1.79
	1175	14.45	5.09%	1.48	1.48	3.88%	4.28%	1.51
	1180	14.75	3.18%	1.40	1.40	4.48%	3.89%	1.35
	1185	14.74	3.58%	0.74	0.74	5.13%	3.58%	1.41
	1190	14.71	4.11%	1.44	1.44	4.03%	3.30%	2.26
	1195	14.71	4.68%	1.19	1.19	3.01%	3.00%	1.42
20	1200	15.00	5.06%	0.80	0.80	3.04%	3.18%	1.42
	1205	15.00	3.08%	1.51	1.51	3.43%	3.36%	1.71
	1210	14.93	3.63%	1.43	1.43	3.95%	3.51%	1.51
	1215	14.96	4.16%	1.37	1.37	4.48%	3.67%	1.51
	1220	15.24	4.65%	1.18	1.18	5.05%	3.84%	1.40
	1225	13.07	5.05%	1.02	1.02	4.03%	3.97%	2.15
	1230	13.14	3.00%	1.72	1.72	3.06%	4.22%	2.16
	1235	13.39	3.56%	1.61	1.61	3.15%	4.39%	1.88
	1240	13.68	4.19%	1.55	1.55	3.60%	4.60%	2.33
	1245	13.58	4.69%	1.10	1.10	3.90%	4.80%	1.54
	1250	13.79	5.02%	1.62	1.62	4.59%	5.04%	2.08
	1255	13.56	3.10%	1.16	1.16	5.19%	3.25%	2.30

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
21	1260	13.59	3.61%	1.70	1.70	4.04%	3.50%	2.12
	1265	13.62	4.12%	1.66	1.66	3.19%	3.74%	1.63
	1270	13.86	4.51%	1.45	1.45	3.12%	4.02%	2.05
	1275	13.97	5.07%	1.75	1.75	3.53%	4.33%	2.45
	1280	13.71	3.14%	1.57	1.57	4.07%	4.68%	1.91
	1285	14.13	3.67%	1.72	1.72	4.45%	5.05%	1.64
	1290	14.08	4.19%	0.83	0.83	5.07%	4.65%	1.93
	1295	14.07	4.59%	1.50	1.50	4.08%	4.28%	2.03
	1300	13.98	5.09%	1.36	1.36	3.04%	3.94%	2.15
	1305	13.98	3.01%	0.83	0.83	3.02%	3.56%	2.27
	1310	14.52	3.59%	1.33	1.33	3.44%	3.29%	1.94
	1315	14.40	4.12%	1.13	1.13	3.94%	3.00%	1.89
22	1320	14.19	4.55%	1.02	1.02	4.59%	3.21%	1.82
	1325	14.32	5.18%	1.61	1.61	5.04%	3.32%	1.93
	1330	14.48	3.12%	1.10	1.10	4.11%	3.45%	2.25
	1335	14.63	3.58%	1.08	1.08	3.02%	3.66%	2.62
	1340	14.59	4.01%	1.43	1.43	3.09%	3.83%	1.95
	1345	14.89	4.64%	1.49	1.49	3.52%	4.01%	2.12
	1350	14.76	5.11%	2.11	2.11	4.06%	4.18%	2.31
	1355	14.96	3.12%	1.36	1.36	4.45%	4.42%	2.61
	1360	14.82	3.53%	1.78	1.78	5.06%	4.56%	2.12
	1365	15.11	4.12%	1.27	1.27	4.05%	4.79%	1.89
	1370	15.07	4.63%	1.30	1.30	3.08%	5.06%	1.89
	1375	15.06	5.06%	1.90	1.90	3.08%	3.24%	2.70
23	1380	15.05	3.08%	1.83	1.83	3.51%	3.46%	2.58
	1385	15.09	3.63%	1.84	1.84	4.04%	3.75%	2.20
	1390	15.04	4.11%	1.59	1.59	4.50%	4.06%	1.94
	1395	15.04	4.67%	2.01	2.01	5.17%	4.36%	2.14
	1400	13.12	5.17%	1.86	1.86	4.15%	4.70%	2.61
	1405	13.17	3.11%	1.99	1.99	3.07%	5.04%	2.60
	1410	13.24	3.68%	1.74	1.74	3.04%	4.63%	2.68
	1415	13.50	4.18%	1.45	1.45	3.51%	4.26%	1.89
	1420	13.45	4.61%	1.67	1.67	4.05%	3.88%	2.38
	1425	13.59	5.13%	1.30	1.30	4.41%	3.61%	2.45
	1430	13.67	3.18%	1.79	1.79	5.20%	3.31%	1.94
	1435	13.85	3.58%	1.93	1.93	4.15%	3.03%	2.39

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
24	1440	13.94	4.17%	2.10	2.10	3.08%	3.16%	2.14
	1445	14.03	4.59%	1.99	1.99	3.09%	3.30%	2.41
	1450	14.09	5.18%	1.43	1.43	3.47%	3.49%	2.04
	1455	14.18	3.12%	2.10	2.10	3.96%	3.68%	2.62
	1460	14.30	3.62%	2.03	2.03	4.52%	3.80%	2.09
	1465	14.27	4.02%	1.63	1.63	5.19%	3.97%	2.17
	1470	14.34	4.51%	1.74	1.74	4.13%	4.18%	2.51
	1475	14.35	5.07%	1.78	1.78	3.20%	4.40%	2.34
	1480	14.30	3.10%	1.60	1.60	3.04%	4.62%	2.69
	1485	14.47	3.53%	1.70	1.70	3.55%	4.81%	2.21
	1490	14.46	4.19%	1.64	1.64	4.00%	5.02%	2.46
	1495	14.52	4.64%	1.89	1.89	4.45%	3.26%	2.20
25	1500	14.49	5.10%	1.61	1.61	5.01%	3.50%	2.33
	1505	14.52	3.19%	1.50	1.50	4.09%	3.76%	2.52
	1510	14.70	3.69%	2.18	2.18	3.18%	4.00%	3.00
	1515	14.73	4.08%	1.87	1.87	3.15%	4.37%	3.08
	1520	14.70	4.60%	1.32	1.32	3.59%	4.66%	3.05
	1525	14.68	5.19%	2.17	2.17	3.95%	5.06%	2.95
	1530	14.86	3.12%	1.36	1.36	4.42%	4.66%	2.76
	1535	14.75	3.67%	2.12	2.12	5.06%	4.22%	3.13
	1540	14.90	4.11%	1.68	1.68	4.08%	3.90%	2.94
	1545	14.85	4.63%	2.13	2.13	3.17%	3.62%	3.04
	1550	14.90	5.17%	1.44	1.44	3.17%	3.31%	2.81
	1555	14.92	3.12%	2.25	2.25	3.46%	3.01%	3.25
26	1560	14.97	3.63%	1.64	1.64	3.94%	3.14%	3.07
	1565	15.00	4.12%	1.76	1.76	4.55%	3.35%	3.28
	1570	13.10	4.60%	2.08	2.08	5.15%	3.48%	3.20
	1575	13.51	5.08%	1.91	1.91	4.05%	3.65%	2.85
	1580	13.52	3.12%	1.96	1.96	3.01%	3.79%	2.64
	1585	13.55	3.65%	2.20	2.20	3.20%	3.99%	3.44
	1590	13.82	4.08%	1.99	1.99	3.52%	4.18%	3.07
	1595	14.02	4.57%	1.93	1.93	3.88%	4.36%	2.71
	1600	14.15	5.15%	1.65	1.65	4.60%	4.60%	2.83
	1605	14.30	3.01%	1.98	1.98	5.06%	4.81%	3.44
	1610	14.29	3.54%	1.96	1.96	4.02%	5.06%	3.00
	1615	15.01	4.07%	1.52	1.52	3.03%	3.25%	3.25

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice				
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)	
27	1620	14.36	4.68%	1.52	1.52	3.05%	3.46%	3.03	
	1625	14.47	5.18%	1.85	1.85	3.43%	3.76%	3.49	
	1630	14.53	3.20%	2.24	2.24	3.93%	4.03%	3.17	
	1635	14.57	3.60%	2.16	2.16	4.48%	4.32%	2.93	
	1640	14.56	4.07%	2.30	2.30	5.04%	4.66%	3.51	
	1645	14.81	4.60%	1.87	1.87	4.11%	5.03%	3.22	
	1650	14.50	5.10%	2.19	2.19	3.04%	4.61%	2.99	
	1655	14.55	3.19%	2.01	2.01	3.10%	4.25%	3.19	
	1660	14.60	3.52%	1.94	1.94	3.59%	3.94%	3.52	
	1665	14.64	4.05%	1.52	1.52	3.95%	3.57%	3.50	
	1670	14.59	4.63%	2.03	2.03	4.57%	3.33%	3.11	
	1675	14.70	5.15%	1.49	1.49	5.04%	3.02%	3.40	
	28	1680	14.56	3.18%	1.63	1.63	4.13%	3.17%	2.91
		1685	14.56	3.67%	1.84	1.84	3.05%	3.30%	3.83
		1690	14.76	4.02%	2.27	2.27	3.20%	3.49%	3.39
1695		14.85	4.55%	1.46	1.46	3.50%	3.62%	3.65	
1700		14.92	5.17%	2.21	2.21	3.87%	3.80%	3.42	
1705		14.82	3.01%	1.68	1.68	4.50%	4.01%	3.71	
1710		14.95	3.54%	1.42	1.42	5.19%	4.19%	3.08	
1715		15.10	4.17%	1.46	1.46	4.02%	4.36%	3.24	
1720		15.03	4.60%	1.39	1.39	3.01%	4.61%	3.80	
1725		15.07	5.15%	2.02	2.02	3.16%	4.81%	3.86	
1730		15.09	3.09%	2.05	2.05	3.59%	5.01%	3.89	
1735		15.10	3.59%	1.37	1.37	3.90%	3.24%	3.22	
29		1740	13.01	4.03%	2.24	2.24	4.43%	3.49%	3.69
		1745	13.34	4.68%	1.61	1.61	5.13%	3.76%	3.71
		1750	13.21	5.13%	1.67	1.67	4.17%	4.00%	3.35
	1755	13.58	3.10%	1.46	1.46	3.02%	4.32%	3.59	
	1760	13.31	3.56%	1.97	1.97	3.04%	4.66%	3.71	
	1765	13.61	4.08%	2.05	2.05	3.52%	5.05%	3.36	
	1770	13.32	4.68%	1.94	1.94	4.06%	4.62%	3.51	
	1775	13.60	5.12%	1.47	1.47	4.43%	4.27%	3.81	
	1780	13.54	3.02%	2.33	2.33	5.16%	3.92%	3.92	
	1785	13.45	3.66%	1.54	1.54	4.04%	3.62%	3.94	
	1790	13.70	4.01%	1.42	1.42	3.11%	3.30%	4.34	
	1795	13.93	4.69%	1.68	1.68	3.18%	3.00%	3.82	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice				
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)	
30	1800	13.96	5.02%	2.35	2.35	3.44%	3.18%	3.90	
	1805	13.70	3.02%	1.48	1.48	3.90%	3.29%	4.28	
	1810	13.68	3.58%	2.31	2.31	4.54%	3.46%	3.63	
	1815	13.79	4.07%	1.75	1.75	5.17%	3.66%	4.37	
	1820	14.18	4.54%	1.64	1.64	4.03%	3.79%	4.19	
	1825	14.23	5.06%	2.30	2.30	3.10%	3.97%	3.89	
	1830	13.90	3.01%	1.46	1.46	3.07%	4.19%	3.80	
	1835	14.17	3.61%	1.80	1.80	3.47%	4.37%	4.24	
	1840	14.27	4.09%	1.66	1.66	3.91%	4.56%	3.92	
	1845	14.03	4.60%	2.35	2.35	4.54%	4.80%	3.77	
	1850	14.22	5.12%	1.91	1.91	5.17%	5.05%	4.55	
	1855	14.36	3.07%	1.63	1.63	4.16%	3.26%	4.29	
	31	1860	14.66	3.68%	2.03	2.03	3.19%	3.49%	4.70
		1865	14.72	4.11%	2.25	2.25	3.10%	3.72%	4.37
		1870	14.74	4.68%	1.80	1.80	3.45%	4.06%	3.98
1875		14.69	5.07%	1.56	1.56	3.97%	4.34%	4.74	
1880		14.81	3.00%	1.67	1.67	4.56%	4.67%	4.02	
1885		14.61	3.52%	1.64	1.64	5.03%	5.03%	4.14	
1890		14.94	4.06%	1.61	1.61	4.05%	4.65%	4.15	
1895		14.51	4.65%	1.51	1.51	3.00%	4.25%	4.89	
1900		14.78	5.15%	1.93	1.93	3.15%	3.92%	4.62	
1905		14.96	3.14%	2.37	2.37	3.52%	3.56%	4.44	
1910		15.01	3.50%	1.71	1.71	4.00%	3.30%	4.43	
1915		14.92	4.14%	1.75	1.75	4.44%	3.02%	4.96	
32		1920	15.01	4.55%	1.93	1.93	5.13%	3.16%	4.71
		1925	15.24	5.02%	2.12	2.12	4.14%	3.31%	4.58
		1930	15.10	3.12%	2.35	2.35	3.11%	3.48%	5.12
	1935	15.39	3.64%	2.00	2.00	3.10%	3.68%	4.77	
	1940	14.95	4.16%	2.38	2.38	3.54%	3.84%	4.54	
	1945	15.20	4.62%	2.37	2.37	4.05%	4.01%	4.60	
	1950	13.46	5.12%	1.98	1.98	4.48%	4.16%	4.71	
	1955	13.31	3.05%	2.31	2.31	5.09%	4.36%	5.10	
	1960	13.23	3.68%	2.10	2.10	4.08%	4.61%	5.12	
	1965	13.63	4.16%	1.80	1.80	3.03%	4.81%	4.38	
	1970	13.46	4.65%	1.74	1.74	3.15%	5.04%	4.72	
	1975	13.69	5.16%	2.46	2.46	3.58%	3.26%	4.33	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
33	1980	13.67	3.17%	2.02	2.02	3.98%	3.50%	5.10
	1985	13.70	3.60%	2.08	2.08	4.41%	3.72%	4.58
	1990	13.67	4.12%	2.18	2.18	5.15%	4.05%	4.35
	1995	13.92	4.66%	1.91	1.91	4.05%	4.34%	4.73
	2000	14.10	5.11%	2.26	2.26	3.19%	4.69%	4.53
	2005	13.88	3.17%	2.22	2.22	3.04%	5.01%	4.80
	2010	14.15	3.64%	1.66	1.66	3.42%	4.59%	5.16
	2015	14.12	4.15%	2.00	2.00	3.94%	4.26%	5.06
	2020	13.94	4.65%	1.79	1.79	4.50%	3.91%	5.03
	2025	13.97	5.12%	2.35	2.35	5.16%	3.62%	5.00
	2030	14.15	3.19%	2.44	2.44	4.09%	3.28%	4.92
	2035	14.50	3.67%	2.09	2.09	3.20%	3.01%	5.13
	34	2040	14.33	4.12%	1.97	1.97	3.10%	3.18%
2045		14.29	4.56%	2.10	2.10	3.49%	3.31%	4.51
2050		14.37	5.10%	2.45	2.45	3.92%	3.51%	5.50
2055		14.56	3.15%	1.68	1.68	4.53%	3.67%	5.52
2060		14.52	3.61%	2.63	2.63	5.04%	3.81%	5.08
2065		14.72	4.06%	1.99	1.99	4.08%	3.98%	4.91
2070		14.50	4.68%	2.39	2.39	3.03%	4.17%	5.26
2075		14.82	5.09%	1.92	1.92	3.11%	4.39%	5.54
2080		14.97	3.19%	2.58	2.58	3.49%	4.56%	5.38
2085		15.03	3.67%	2.39	2.39	3.88%	4.82%	5.40
2090		14.99	4.06%	1.91	1.91	4.41%	5.03%	5.40
2095		14.93	4.59%	2.15	2.15	5.14%	3.25%	5.15
35		2100	15.15	5.02%	1.94	1.94	4.08%	3.48%
	2105	15.10	3.11%	2.30	2.30	3.02%	3.72%	4.82
	2110	15.18	3.59%	1.73	1.73	3.08%	4.01%	5.19
	2115	15.20	4.08%	1.68	1.68	3.51%	4.33%	5.08
	2120	13.51	4.53%	2.52	2.52	3.93%	4.66%	5.15
	2125	13.72	5.03%	2.49	2.49	4.43%	5.04%	5.70
	2130	13.81	3.04%	2.23	2.23	5.06%	4.65%	5.01
	2135	13.84	3.65%	2.63	2.63	4.19%	4.26%	5.75
	2140	13.80	4.09%	2.01	2.01	3.14%	3.89%	5.10
	2145	13.88	4.62%	2.39	2.39	3.10%	3.56%	5.22
	2150	14.10	5.05%	2.10	2.10	3.59%	3.32%	5.31
2155	14.00	3.05%	1.95	1.95	4.03%	3.04%	5.59	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice				
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)	
36	2160	14.06	3.66%	2.37	2.37	4.51%	3.15%	5.20	
	2165	14.15	4.17%	2.56	2.56	5.02%	3.35%	5.71	
	2170	14.24	4.63%	2.20	2.20	4.18%	3.45%	5.83	
	2175	14.36	5.07%	2.44	2.44	3.11%	3.66%	4.98	
	2180	14.22	3.15%	1.93	1.93	3.05%	3.82%	5.60	
	2185	14.30	3.52%	2.04	2.04	3.45%	3.98%	5.05	
	2190	14.56	4.10%	2.04	2.04	3.93%	4.16%	5.19	
	2195	14.55	4.66%	2.57	2.57	4.41%	4.36%	5.19	
	2200	14.48	5.02%	1.81	1.81	5.13%	4.58%	5.53	
	2205	14.73	3.19%	2.62	2.62	4.19%	4.82%	5.09	
	2210	14.81	3.53%	2.00	2.00	3.16%	5.02%	5.61	
	2215	14.83	4.04%	2.59	2.59	3.06%	3.22%	5.94	
	37	2220	14.74	4.56%	2.25	2.25	3.49%	3.51%	5.99
		2225	14.83	5.02%	2.48	2.48	4.05%	3.76%	5.37
		2230	14.91	3.12%	2.35	2.35	4.43%	4.04%	6.07
2235		14.90	3.66%	2.14	2.14	5.14%	4.37%	5.79	
2240		15.00	4.12%	1.97	1.97	4.19%	4.69%	5.51	
2245		15.21	4.53%	2.19	2.19	3.19%	5.07%	6.02	
2250		13.09	5.06%	2.24	2.24	3.00%	4.61%	5.61	
2255		13.15	3.05%	2.70	2.70	3.44%	4.22%	5.38	
2260		13.21	3.54%	2.17	2.17	3.93%	3.91%	6.02	
2265		13.27	4.11%	2.13	2.13	4.55%	3.61%	5.71	
2270		13.36	4.60%	2.63	2.63	5.08%	3.33%	5.61	
2275		13.47	5.03%	2.01	2.01	4.02%	3.01%	5.51	
38		2280	13.56	3.01%	2.66	2.66	3.08%	3.18%	5.64
		2285	13.64	3.69%	2.13	2.13	3.05%	3.35%	5.78
		2290	13.72	4.19%	2.31	2.31	3.43%	3.47%	5.36
	2295	13.82	4.52%	2.23	2.23	3.97%	3.65%	5.59	
	2300	13.92	5.13%	2.56	2.56	4.54%	3.80%	5.45	
	2305	13.96	3.11%	2.41	2.41	5.09%	3.97%	5.39	
	2310	14.04	3.55%	2.17	2.17	4.00%	4.16%	5.79	
	2315	14.13	4.18%	2.46	2.46	3.00%	4.38%	5.90	
	2320	14.16	4.67%	2.43	2.43	3.08%	4.58%	6.08	
	2325	14.28	5.14%	2.13	2.13	3.47%	4.77%	6.30	
	2330	14.24	3.03%	2.20	2.20	3.90%	5.03%	5.67	
	2335	14.28	3.70%	1.96	1.96	4.51%	3.24%	5.65	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
39	2340	14.35	4.14%	2.15	2.15	5.04%	3.45%	6.09
	2345	14.46	4.68%	2.04	2.04	4.03%	3.76%	5.82
	2350	14.43	5.08%	2.21	2.21	3.19%	4.01%	6.32
	2355	14.49	3.07%	2.31	2.31	3.07%	4.37%	6.51
	2360	14.52	3.62%	2.03	2.03	3.42%	4.67%	5.55
	2365	14.51	4.13%	2.64	2.64	4.00%	5.01%	6.50
	2370	14.52	4.66%	2.24	2.24	4.41%	4.65%	6.50
	2375	14.62	5.10%	2.66	2.66	5.12%	4.27%	5.73
	2380	14.53	3.17%	2.00	2.00	4.10%	3.91%	6.18
	2385	14.56	3.66%	2.03	2.03	3.10%	3.58%	5.80
	2390	14.55	4.07%	2.47	2.47	3.11%	3.29%	5.66
	2395	14.60	4.63%	1.91	1.91	3.54%	3.01%	6.22
40	2400	14.64	5.06%	2.39	2.39	3.95%	3.20%	6.59
	2405	14.86	3.08%	2.00	2.00	4.59%	3.33%	6.17
	2410	15.04	3.57%	2.92	2.92	5.13%	3.47%	6.13
	2415	15.20	4.02%	2.69	2.69	4.19%	3.64%	6.46
	2420	14.00	4.54%	2.17	2.17	3.15%	3.85%	6.41
	2425	14.00	5.08%	2.52	2.52	3.17%	3.98%	6.40
	2430	13.21	3.12%	2.56	2.56	3.53%	4.15%	6.12
	2435	13.26	3.60%	2.30	2.30	3.92%	4.37%	6.77
	2440	13.36	4.10%	2.70	2.70	4.42%	4.58%	6.21
	2445	14.09	4.52%	2.55	2.55	5.02%	4.78%	6.35
	2450	14.10	5.07%	2.78	2.78	4.11%	5.06%	6.40
	2455	14.10	3.17%	2.75	2.75	3.17%	3.23%	6.75
41	2460	14.04	3.54%	2.66	2.66	3.13%	3.49%	6.42
	2465	14.09	4.12%	2.63	2.63	3.47%	3.75%	6.74
	2470	14.11	4.53%	2.13	2.13	4.04%	4.05%	6.69
	2475	14.12	5.15%	2.44	2.44	4.43%	4.36%	6.45
	2480	14.09	3.05%	2.89	2.89	5.03%	4.66%	6.00
	2485	14.07	3.54%	2.96	2.96	4.02%	5.02%	6.60
	2490	14.21	4.02%	2.85	2.85	3.00%	4.59%	6.27
	2495	14.28	4.62%	2.90	2.90	3.16%	4.27%	6.74
	2500	14.25	5.05%	2.93	2.93	3.57%	3.87%	6.92
	2505	14.34	3.08%	2.06	2.06	4.04%	3.59%	6.83
	2510	14.37	3.59%	3.00	3.00	4.59%	3.28%	6.54
	2515	14.46	4.17%	2.30	2.30	5.16%	3.05%	6.51

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice				
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)	
42	2520	14.41	4.55%	2.42	2.42	4.15%	3.15%	6.71	
	2525	14.50	5.19%	2.60	2.60	3.03%	3.30%	6.53	
	2530	14.52	3.15%	2.41	2.41	3.12%	3.51%	6.75	
	2535	14.55	3.69%	2.28	2.28	3.56%	3.62%	6.57	
	2540	14.59	4.01%	2.28	2.28	4.07%	3.84%	6.69	
	2545	14.61	4.63%	3.00	3.00	4.50%	4.00%	6.61	
	2550	14.60	5.10%	2.48	2.48	5.16%	4.18%	7.16	
	2555	14.57	3.18%	2.55	2.55	4.07%	4.36%	7.14	
	2560	14.60	3.54%	2.68	2.68	3.17%	4.56%	6.60	
	2565	14.64	4.18%	2.67	2.67	3.14%	4.78%	6.85	
	2570	14.64	4.65%	2.75	2.75	3.50%	5.02%	6.58	
	2575	14.84	5.19%	2.76	2.76	3.93%	3.21%	6.96	
	43	2580	15.05	3.01%	2.86	2.86	4.48%	3.48%	7.24
		2585	15.10	3.51%	2.80	2.80	5.00%	3.75%	6.82
		2590	13.10	4.12%	2.47	2.47	4.14%	4.03%	7.12
2595		13.35	4.57%	2.78	2.78	3.19%	4.36%	6.87	
2600		13.41	5.12%	2.80	2.80	3.20%	4.67%	7.28	
2605		13.53	3.07%	2.50	2.50	3.50%	5.00%	7.18	
2610		13.81	3.58%	2.21	2.21	3.92%	4.62%	6.65	
2615		14.01	4.17%	1.94	1.94	4.55%	4.23%	6.58	
2620		14.19	4.53%	2.73	2.73	5.00%	3.92%	7.33	
2625		14.25	5.16%	2.17	2.17	4.08%	3.57%	7.42	
2630		14.29	3.17%	2.02	2.02	3.01%	3.32%	6.99	
2635		14.34	3.61%	2.23	2.23	3.11%	3.06%	7.12	
44		2640	14.44	4.19%	2.89	2.89	3.57%	3.17%	7.49
		2645	14.43	4.54%	2.27	2.27	3.92%	3.29%	7.28
		2650	14.46	5.14%	2.03	2.03	4.57%	3.51%	6.86
	2655	14.50	3.09%	2.26	2.26	5.01%	3.64%	7.09	
	2660	14.60	3.53%	2.19	2.19	4.15%	3.81%	7.18	
	2665	14.54	4.19%	2.29	2.29	3.07%	4.02%	7.59	
	2670	14.58	4.54%	2.04	2.04	3.01%	4.15%	6.88	
	2675	14.53	5.03%	2.61	2.61	3.50%	4.36%	7.68	
	2680	14.60	3.18%	2.61	2.61	3.87%	4.58%	7.34	
	2685	14.64	3.54%	2.12	2.12	4.45%	4.81%	7.74	
	2690	14.61	4.00%	2.46	2.46	5.06%	5.06%	6.98	
	2695	14.46	4.69%	2.58	2.58	4.12%	3.21%	6.91	

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
45	2700	14.56	5.19%	2.62	2.62	3.03%	3.47%	7.70
	2705	14.57	3.05%	2.54	2.54	3.12%	3.75%	7.63
	2710	14.57	3.70%	2.71	2.71	3.44%	4.04%	7.92
	2715	14.61	4.06%	2.49	2.49	4.03%	4.35%	7.51
	2720	14.55	4.62%	2.61	2.61	4.48%	4.68%	7.79
	2725	14.55	5.18%	2.98	2.98	5.03%	5.02%	7.75
	2730	14.59	3.14%	2.45	2.45	4.11%	4.64%	7.91
	2735	14.56	3.59%	2.69	2.69	3.13%	4.28%	7.75
	2740	14.60	4.00%	2.51	2.51	3.17%	3.88%	7.82
	2745	14.90	4.69%	2.89	2.89	3.42%	3.60%	8.01
	2750	15.04	5.04%	3.00	3.00	4.03%	3.29%	7.26
	2755	15.10	3.08%	2.29	2.29	4.54%	3.03%	7.35
46	2760	13.10	3.70%	2.14	2.14	5.12%	3.18%	7.44
	2765	13.57	4.18%	3.01	3.01	4.00%	3.32%	7.65
	2770	13.58	4.67%	2.21	2.21	3.14%	3.50%	8.13
	2775	13.55	5.12%	2.31	2.31	3.02%	3.63%	7.95
	2780	13.31	3.12%	2.68	2.68	3.58%	3.82%	7.88
	2785	13.29	3.60%	2.24	2.24	4.01%	4.03%	7.37
	2790	14.14	4.05%	2.28	2.28	4.55%	4.17%	7.87
	2795	14.26	4.61%	2.47	2.47	5.04%	4.40%	7.39
	2800	14.34	5.11%	2.14	2.14	4.10%	4.57%	8.12
	2805	13.00	3.02%	2.49	2.49	3.18%	4.79%	7.69
	2810	14.37	3.53%	2.70	2.70	3.16%	5.04%	7.72
	2815	14.45	4.16%	2.36	2.36	3.52%	3.20%	7.47
47	2820	14.01	4.66%	2.62	2.62	4.02%	3.47%	8.03
	2825	14.59	5.05%	2.40	2.40	4.43%	3.73%	7.86
	2830	14.53	3.17%	2.25	2.25	5.07%	4.05%	8.35
	2835	14.85	3.66%	2.71	2.71	4.04%	4.35%	7.81
	2840	14.60	4.19%	2.56	2.56	3.02%	4.66%	7.75
	2845	14.57	4.56%	2.79	2.79	3.10%	5.03%	7.71
	2850	14.58	5.03%	2.39	2.39	3.59%	4.64%	8.54
	2855	14.60	3.05%	2.41	2.41	4.04%	4.28%	8.54
	2860	14.63	3.64%	2.59	2.59	4.49%	3.91%	8.35
	2865	14.73	4.12%	2.19	2.19	5.18%	3.58%	7.74
	2870	14.57	4.66%	3.05	3.05	4.20%	3.31%	7.94
	2875	14.61	5.03%	2.38	2.38	3.08%	3.03%	8.53

Jam ke-	Menit ke-	Gas CO2			Ice gel dan Dry Ice			
		Suhu (C)	O2 (%)	Ethylene (PPM)	Suhu (C)	O2 (%)	CO2 (%)	Ethylene (PPM)
48	2880	14.72	3.10%	2.94	2.94	3.10%	3.15%	8.67
	2885	14.89	3.65%	2.94	2.94	3.45%	3.32%	8.18
	2890	14.94	4.10%	2.40	2.40	3.98%	3.48%	8.14
	2895	14.86	4.60%	2.92	2.92	4.41%	3.64%	8.65
	2900	14.96	5.00%	2.58	2.58	5.12%	3.79%	8.59
	2905	14.94	3.08%	2.86	2.86	4.08%	3.98%	8.85
	2910	15.09	3.68%	2.17	2.17	3.07%	4.18%	8.90
	2915	15.22	4.17%	2.94	2.94	3.15%	4.39%	8.76
	2920	15.28	4.64%	3.09	3.09	3.41%	4.58%	8.01
	2925	15.10	5.03%	2.15	2.15	3.96%	4.82%	8.26