



SKRIPSI – ME141501

**PERANCANGAN SISTEM KONTROL ATMOSFER UNTUK
PENANGANAN KADAR CO₂ DIDALAM *REEFER CONTAINER*
UNTUK MUATAN PISANG MAS KIRANA**

Azizah Maulani
NRP 42 12 100 011

Dosen Pembimbing

Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Adi Kurniawan, ST., MT.

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



SKRIPSI – ME141501

**PERANCANGAN SISTEM KONTROL ATMOSFER UNTUK
PENANGANAN KADAR CO₂ DIDALAM *REEFER CONTAINER*
UNTUK MUATAN PISANG MAS KIRANA**

Azizah Maulani
NRP 42 12 100 011

Dosen Pembimbing

Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Adi Kurniawan, ST., MT.

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



FINAL PROJECT – ME 141501

**DESIGN OF CONTROL SYSTEM FOR HANDLING OF
ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION IN THE REEFER
CONTAINER FOR THE CARGO OF BANANA MAS KIRANA**

Azizah Maulani
NRP 42 12 100 011

Supervisor:

Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
Adi Kurniawan, ST., MT.

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM KONTROL ATMOSFER UNTUK PENANGANAN KADAR CO₂ DI DALAM *REEFER CONTAINER* UNTUK MUATAN PISANG MAS KIRANA

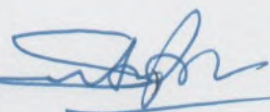
SKRIPSI


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Azizah Maulani
NRP : 4212 100 011

Disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

1. Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D ()
NIP. 197510062002121003

2. Adi Kurniawan, ST., MT. ()
NIP. 198904292014041001

SURABAYA
JULI 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM KONTROL ATMOSFER UNTUK PENANGANAN KADAR CO₂ DI DALAM *REEFER CONTAINER* UNTUK MUATAN PISANG MAS KIRANA

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Azizah Maulani
NRP : 4212 100 011

Disetujui oleh:

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Dr.Eng.M.Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007

PERANCANGAN SISTEM KONTROL ATMOSFER UNTUK PENANGANAN KADAR CO₂ DI DALAM REEFER CONTAINER UNTUK MUATAN PISANG MAS KIRANA

Nama Mahasiswa : Azizah Maulani
NRP : 4212 100 011
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing :
1. Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D
2. Adi Kurniawan, ST., MT.

ABSTRAK

Setiap muatan pada dasarnya memiliki karakteristik dan membutuhkan perlakuan yang berbeda-beda. Produk hortikultura merupakan suatu komoditas yang terus mengalami proses respirasi meskipun sudah terpisah dari tanaman induknya. Oleh karenanya, untuk pengangkutan komoditas hortikultura selain memperhatikan suhu penyimpanan perlu diperhatikan juga kadar gas dari hasil respirasi komoditas tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem kontrol atmosfer untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* untuk muatan pisang mas kirana. Sensor gas CO₂ yang digunakan adalah *DT-sense carbon dioxide* MG-811, sedangkan mikrokontroler yang digunakan adalah arduino mega. Berdasarkan percobaan, sistem kontrol yang dirancang mampu menjaga kadar CO₂. Percobaan dilakukan pada suhu penyimpanan 11°C, 20°C, dan 30°C. Pada suhu 11°C kadar CO₂ naik dari 40ppm ke 70ppm membutuhkan waktu sekitar 4,49 jam, suhu 20°C 3,10 jam, dan suhu 30°C 2,06 jam. Kadar CO₂ kembali mencapai batas bawah 40ppm pada suhu 11°C membutuhkan waktu 17,30 menit. Pada suhu 20°C dan 30°C masing – masing membutuhkan waktu 11,30 menit dan 7,30 menit.

Kata Kunci: *Refeer Container, kontrol atmosfer, kadar gas CO₂, ppm, mikrokontroler.*

DESIGN OF CONTROL SYSTEM FOR HANDLING OF ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION IN THE REEFER CONTAINER FOR THE CARGO OF BANANA MAS KIRANA

Name : Azizah Maulani

NRP : 4212 100 011

Department : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS

Supervisor :

1. Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D

2. Adi Kurniawan, ST., MT.

ABSTRACT

Every cargo is basically has distinctive characteristics and requires different treatment. Horticultural product is a commodity that continues to experience the process of respiration, although it has been separated from their parent plant. Therefore, in the transport of horticultural commodities there are several factors that must be considered, the storage temperature and respiration gas levels from the results of these commodities. CO₂ gas sensor which is used DT-sense carbon dioxide MG-811, whereas the microcontroller that is used arduino mega. The experiments were carried out at the temperature storage 11°C, 20°C and 30°C. Based on the experiment control system which has planed can keep the amount of CO₂ concentration. At the temperature of 11°C CO₂ levels rise from 40ppm to 70ppm takes about 4.49 hours, 3.10 hours at the temperature of 20°C and 30°C temperature of 2.06 hours. The levels of CO₂ were back to the lower limit of 40 ppm at the temperature of 11°C it took 17.30 minutes. At the temperature of 20°C and 30°C each of them needs 11.30 and 7.30 minutes.

Keywords: Reefer Container, atmospheric control. CO₂ gas concentration, ppm, microcontroller.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan	5
2.2 <i>Reefer Container</i>	7
2.3 Karakteristik Hortikultura Pascapanen	11
2.4 Sistem Penyimpanan Kontrol Atmosfer	14
2.5 Kontroler	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1. Identikasi dan perumusan masalah	19
3.2. Studi literatur	19
3.3. Perhitungan <i>Mass Flowrate</i> gas CO ₂	19

3.4. Draft Rancangan Automatic Ventilated Exhaust Fan.....	20
3.5. Perancangan <i>Prototype</i>	20
3.6. Pengetesan Alat.....	20
3.7. Pengambilan Data.....	20
3.8. Analisa Data.....	20
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN ANALISA DATA.	23
4.1 Perancangan Sistem.....	23
4.1.1 <i>Reefer Container</i> Pembanding	23
4.1.2 Perancangan Sistem Kontrol Atmosfer.....	23
4.1.3 Prinsip Kerja Alat.....	35
4.2 Perhitungan Awal.....	36
4.2.1 Perhitungan <i>Mass Flowrate</i> Produksi CO ₂ di dalam <i>Reefer Container</i>	36
4.2.2 Perhitungan Kadar CO ₂ dalam satuan ppm.....	37
4.3 Percobaan	39
4.3.1 Tujuan Percobaan	39
4.3.2 Alat dan Bahan Percobaan	40
4.3.3 Prosedur Pengoperasian <i>Cold Storage</i>	42
4.3.4 Prosedur Penggunaan <i>Thermocouple</i>	45
4.4 Analisa data.....	47
4.4.1 Produksi CO ₂ pada suhu penyimpanan 11°C	48
4.4.2 Produksi CO ₂ pada suhu penyimpanan 20°C	54
4.4.4 Pengaruh Pendinginan Terhadap Laju Respirasi.....	62
4.4.5 Analisa respon sistem.....	63

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 KESIMPULAN.....	67
5.2 SARAN.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Produksi Pisang di beberapa Provinsi	1
Tabel II. 1 Laju Produksi Etilen Komoditi Hortikultura.....	11
Tabel II. 2 Kelompok Buah Klimaterik dan non - Klimaterik.....	12
Tabel II. 3 Tingkatan Produksi CO ₂ pada Buah.....	13
Tabel II.4 Suhu penyimpanan dan pemasakan yang biasa digunakan untuk beberapa komoditas yang dapat dimasakan.....	14
Tabel II. 5 Batas toleransi komposisi gas CO ₂ dan O ₂ pada komoditas Hortikultura.....	15
Tabel IV. 1 Dimensi <i>Reefer Container</i> Pembanding.....	23
Tabel IV. 2 Penjelasan masing-masing pin pada LCD.....	28
Tabel IV. 3 Komponen sistem kontrol atmosfer.....	33
Tabel IV. 4 Alat dan bahan percobaan.....	40
Tabel IV. 5 Produksi CO ₂ pada suhu 11°C terhadap waktu.....	51
Tabel IV. 6 Produksi CO ₂ pada suhu 20°C terhadap waktu.....	56
Tabel IV. 7 Produksi CO ₂ pada suhu 30°C terhadap waktu.....	60
Tabel IV. 8 Respon sensor terhadap kenaikan CO ₂	65
Tabel IV. 9 Respon sensor terhadap penurunan kadar CO ₂	65

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV. 1 Produksi CO ₂ pada suhu 11°C.....	49
Grafik IV. 2 Produksi CO ₂ pada suhu 20°C.....	55
Grafik IV. 3 Produksi CO ₂ pada suhu 30°C.....	59
Grafik IV. 4 Kadar CO ₂ berdasar waktu pengambilan data.....	63
Grafik IV. 5 Output relay (<i>normaly close/normaly open</i>).....	63
Grafik IV. 6 Output servo (<i>open/close</i>).....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Skema penempatan kardus dengan sistem <i>block stowage</i>	8
Gambar II. 2 Skema penempatan mustan dengan tipe <i>palletized cargo stowage</i>	9
Gambar II. 3 Skema sirkulasi udara pada <i>refeer container</i>	10
Gambar II. 4 Lubang ventilasi <i>refeer container</i>	10
Gambar II. 5 Kontroler <i>on-off</i>	16
Gambar III. 1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	22
Gambar IV. 1 Desain <i>Fan</i> dan <i>Flap</i> pada <i>cool box</i>	24
Gambar IV. 2 Desain peletakan mikrokontroler pada <i>cool box</i>	24
Gambar IV. 3 Desain peletakan sensor pada <i>cool box</i>	25
Gambar IV. 4 Bentuk pulsa kendali motor servo.....	26
Gambar IV. 5 LCD 16x2 dan letak pinnya.....	28
Gambar IV. 6 Rangkaian PCB penutup Arduino Mega.....	30
Gambar IV. 7 Jalur Rangkaian PCB penutup Arduino Mega.....	31
Gambar IV. 8 Foto pin <i>header</i> pada Arduino yang dipakai.....	32
Gambar IV. 9 Diagram Blok Prinsip Kerja Alat.....	35
Gambar IV. 10 Panel MCB 1.....	43
Gambar IV. 11 Tampak depan Panel MCB 2.....	43
Gambar IV. 12 MCB 2.....	44
Gambar IV. 13 Saklar LCD.....	44
Gambar IV. 14 Setting temperature.....	45
Gambar IV. 15 Koneksi PC ke <i>data logger</i>	46
Gambar IV. 16 Tampilan aplikasi Kipling.....	46
Gambar IV. 17 Tampilan aplikasi LJ LogM.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada *reefer container* panas yang dihasilkan tidak hanya berasal dari luar, tetapi panas juga ditimbulkan dari *cargo* yang diangkut. Untuk *reefer container* yang mengangkut buah dan sayur, selain memperhatikan proses penyimpanan pada suhu dingin tentunya perlu diperhatikan pula monitoring pada kadar gas hasil respirasi. Seperti yang telah diketahui bahwa komoditi hortikultura terus mengalami respirasi meskipun telah terpisah dari tanaman induknya. Dari respirasi tersebut dihasilkan gas CO₂, etilen dan energi panas.

Salah satu produk hortikultura yang memiliki daya tarik untuk diekspor adalah buah pisang. Produksi pisang tertinggi di Indonesia berada di pulau Jawa, yaitu sebesar 63,7% dari total produksi nasional. Provinsi Jawa Timur menempati urutan kedua dengan rata-rata total produksi buah pisang terbanyak setelah provinsi Jawa Barat. Berikut ini akan disajikan tabel I.1 produksi pisang di beberapa provinsi.

Tabel I. 1 Produksi Pisang di beberapa Provinsi

No	Provinsi	Produksi (ton)			
		2009	2010	2011	2012
1.	Jawa Barat	1.415.694	1.090.777	1.360.126	1.192.861
2.	Jawa Timur	1.020.773	921.964	1.188.926	1.362.881
3.	Jawa Tengah	965.389	854.383	750.775	617.455
4.	Lampung	681.875	677.781	687.761	817.706
5.	Sumatera Utara	335.790	403.391	429.629	363.060
6.	Banten	194.835	234.887	248.272	248.243
7.	Sumatera	212.718	218.770	109.268	182.959

	Selatan				
8.	Sulawesi Selatan	195.973	144.667	153.540	149.061

Sumber: (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2013)

Pisang Mas Kirana dari Kabupaten Lumajang merupakan varietas unggulan di Jawa Timur dan memiliki potensi besar untuk diekspor (Saeri, 2012). Salah satunya mulai merambah pasar Singapura dan Hongkong (Kasutjaningati, 2013). Karena Pisang termasuk Buah Klimaterik dan mengalami proses respirasi, maka dalam pengirimannya tidak hanya didinginkan saja. Tetapi kandungan atmosfer dalam *container* saat pendistribuan juga harus diperhatikan.

Oleh sebab itu, agar buah dapat didinginkan sekaligus kadar gasnya dapat terus dijaga, maka dibutuhkan monitoring kadar CO₂ di dalam *reefer container*. Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang perancangan sistem kontrol atmosfer untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* untuk muatan pisang mas kirana.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

Bagaimana cara melakukan kontrol atmosfer untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* untuk muatan buah pisang Mas Kirana?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Metode *controlled atmosphere* ini hanya di khususkan pada *reefer container* dengan muatan buah pisang.
2. *Reefer container* dibuat dalam skala 1:10 cm.
3. Jenis pisang yang digunakan adalah pisang Mas Kirana (*Musa acuminata paradisiaca*).
4. Tidak melakukan analisa dari segi ekonomis

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :
Merancang sistem kontrol atmosfer untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* bermuatan buah pisang Mas Kirana, dengan menerapkan *automatic ventilated exhaust fan*.

1.5 Manfaat Penulisan

Tugas akhir ini diharapkan memiliki manfaat diantaranya:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam perancangan sistem kontrol atmosfer untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* untuk muatan pisang Mas Kirana (*Musa acuminata paradisiaca*).
2. Meningkatkan kualitas *cargo* pisang Mas Kirana (*Musa acuminata paradisiaca*).

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan

Santoso (2006), dalam bukunya “Teknologi Pengawetan Bahan Segar” menyebutkan perbedaan antara *Controlled atmosfer* (CA) dan *Modified Atmosfer* (MA). CA merupakan metode penyimpanan yang konsentrasi O₂ dan Co₂ diatur secara terus menerus melalui suatu alat yang ada di luar sistem. Sedangkan pada metode MA konsentrasi O₂ dan Co₂ diatur dan ditentukan melalui respirasi dari produk dan derajat permeabilitas bahan kemasan dari ruang maupun kendaraan pengangkutan. Jika dikombinasikan dengan pendinginan, metode ini dapat memperlambat proses respirasi, penguningan, hingga kemunduran mutu. Untuk menjaga suhu udara dalam kotak penyimpanan, kotak penyimpanan harus dikondisikan dalam keadaan kedap udara. Kadar udara yang tinggi dapat digunakan senyawa penyerap CO₂.

Bhande (2007), dalam penelitiannya “*Respiration rate of Banana fruit under aerobic condition at different storage temperatures*”. Menyebutkan bahwa respirasi pada produk hortikultura selain dipengaruhi oleh temperatur pada ruang penyimpanan juga dipengaruhi oleh komposisi dari O₂, CO₂, dan gas Etilen. Tingkat kadar O₂ yang rendah dan kadar CO₂ yang sedikit tinggi dapat mengurangi laju proses respirasi. Sehingga penyusutan karbohidarat pada buah juga berkurang. Interval waktu yang digunakan pada penelitian ini 2 jam untuk temperatur 25°C-30°C, 4 jam pada temperatur 15°C-20°C dan 8 jam pada temperature 10°C.

Analisa gas dilakukan sampai konsentrasi CO₂ mencapai 18%. Untuk analisa konsentarsi gas O₂ dan Co₂ menggunakan gas *analyzer* (MAP check combi, PBI-Dansensor). Zirconium sensor digunakan untuk mendeteksi gas O₂ dan *infrared detector* digunakan untuk mendeteksi gas CO₂. Dari penelitian tersebut, didapat kesimpulan bahwa tingkat respirasi pada sistem tertutup

bervariasi berbanding terbalik dengan kenaikan suhu penyimpanan dikisaran 10°C – 30°C untuk berbagai jenis pisang. Hal ini dapat dikaitkan dengan berkurangnya kadar O_2 dan peningkatan proporsional konsentrasi CO_2 .

Utama (2011), mempublikasikan sebuah penelitian yang berjudul “Kajian Atmosfir Terkendali untuk Memperlambat Penurunan Mutu Buah Mangga Arumanis selama Penyimpanan”. Pada penelitian tersebut ragam kombinasi gas terkendali yang digunakan yaitu sebesar 5% O_2 dan 5% CO_2 , 5% O_2 dan 10% CO_2 , 10% O_2 dan 5% CO_2 , 10% O_2 dan 10% CO_2 .

Untuk memastikan bahwa konsentrasi kedua gas O_2 dan CO_2 di dalam *chamber* sesuai dengan kombinasi gas perlakuan maka setiap hari konsentrasinya diperiksa menggunakan pengukur gas O_2 *Cosmotector* tipe XP-318 dan untuk gas CO_2 menggunakan *Cosmotector* tipe XP-314. Bila terjadi penyimpangan maka aliran gas segera diatur melalui regulator pada masing – masing tabung. Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap dua faktor yaitu perlakuan komposisi gas dan suhu penyimpanan yang mana suhu penyimpanan ini sama dengan suhu pada penelitian pertama.

Penelitian tersebut menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya ragam kombinasi campuran gas cenderung tidak memberikan pengaruh berarti terhadap kekerasan buah selama penyimpanan dingin, atmosfir terkendali bermanfaat untuk menurunkan laju proses kemunduran mutu buah mangga Arumanis dibandingkan buah tanpa pengendalian atmosfir pada penyimpanan suhu dingin.

Augusto Victor (2015), melakukan “Analisa Pemodelan *Fresh Air Exchange* Sebagai Sistem Ventilasi Pada *Reefer Container* Untuk Mengurangi Kadar CO_2 dan Gas Etilen”. Pada penelitian tersebut menggunakan *software ANSYS CFD Fluent* dalam memodelkan aliran reaksi kimia dalam *reefer unit*.

Pada pemodelan *reefer container* ini aliran udara pendingin sebesar 1.96 kg/s. Untuk aliran gas CO_2 *mass flow rate* sebesar 0.0046296 dan untuk gas Etilen sebesar 0.0023148 kg/s. Suhu di dalam *reefer* akan dijaga sebesar 13°C . *Flow rate* dari *fresh air*

exchange sebesar 250 m³/hr. Pemodelan dilakukan dengan 2 tahap dan waktu selama 7200 s atau 2 jam, yaitu pemodelan aliran udara tanpa bukaan ventilasi dan dengan bukaan ventilasi udara luar.

Pada pemodelan tanpa *fresh air exchange*, konsentrasi gas CO₂ dan gas etilen sebesar 0.01257755 mol/L dan 0.00762067 mol/L. Secara presentasi berat untuk gas CO₂ yaitu 6.174% atau 1.05475 kg dari total berat reaksi 17.08638 kg. Untuk gas etilen adalah 1.52143% atau 0.2599162 kg dari total 17.08683 kg. dari penelitian ini, dapat dilihat jika *Fresh air exchange* memberikan dampak yang cukup signifikan dengan penurunan presentasi dari kedua gas tersebut.

2.2 Reefer Container

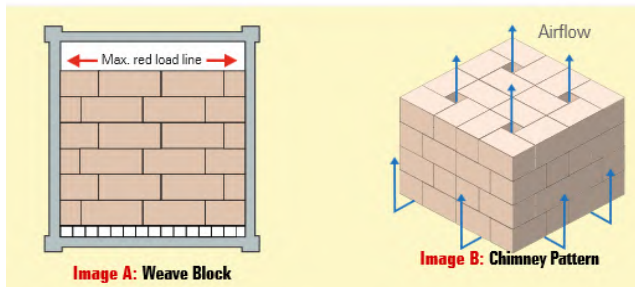
Reefer container atau seringkali disebut dengan petikemas berpendingin merupakan salah satu jenis *container* yang digunakan untuk menjaga kesegaran produk yang diangkut. Pada saat *reefer container* akan digunakan maka ruangan pendingin dikondisikan dalam temperatur yang diset (*setting temperature*) sesuai persyaratan temperatur yang diperlukan oleh komoditas yang akan ditransportasikan. Selanjutnya, komoditas tersebut dipindahkan ke dalam ruang pendingin *reefer container* dalam keadaan temperatur telah memenuhi persyaratan temperatur yang diperlukan dan kemudian *reefer container* ditutup rapat dan dijaga temperaturnya dalam kondisi tetap sama.

Sirkulasi udara di dalam *container* sangat penting dalam menjaga suhu. Udara dari luar masuk ke dalam *container* melalui lubang ventilasi. Pada *Reefer Container* terdapat sensor *flow rate* udara yang jumlahnya akan tertera pada monitor. Besar kecilnya *flow rate* yang akan masuk dipengaruhi oleh bukaan ventilasi. Udara yang masuk didinginkan dengan melewati kumparan evaporator dalam mesin pendingin. Udara yang telah dingin mengalir melalui kisi-kisi yang terdapat dibagian bawah *container*. Setelah dari kisi-kisi *container*, udara dingin tadi mengalir melalui muatan hingga pada akhirnya sampai pada

bagian atas *container*. Bentuk yang paling umum dari lantai *container* adalah lantai T-bar (*T-Floor*).

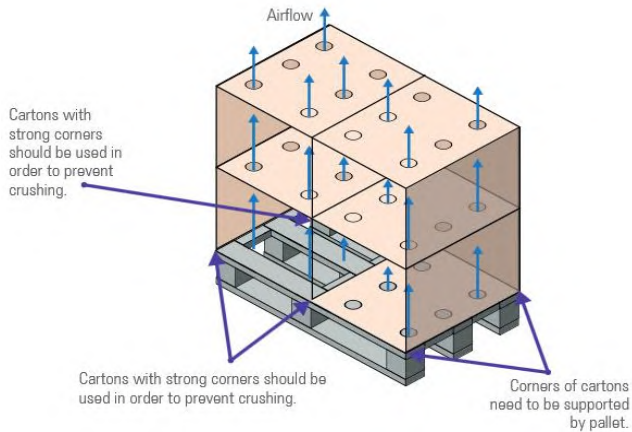
Pada *Reefer Container* panas yang dihasilkan tidak hanya berasal dari luar, tetapi panas juga ditimbulkan dari *cargo* yang diangkut. Untuk *Reefer Container* yang mengangkut buah dan sayur tentunya dibutuhkan adanya sirkulasi udara. Untuk muatan seperti buah-buahan dan sayuran membutuhkan sirkulasi udara yang mengalir melalui muatan. Hal ini dikarenakan muatan tersebut menghasilkan panas saat respirasi. Panas ini tentu harus di hilangkan karena bisa merusak muatan. Umumnya ada dua metode penempatan untuk muatan yang mudah membusuk seperti buah dan sayuran, yaitu :

1. *Block stowage*.
2. *Palletised cargo stowage*.



Gambar II. 1 Skema penempatan kardus dengan sistem *block stowage*
 Sumber: (Hamburg SUD, 2010)

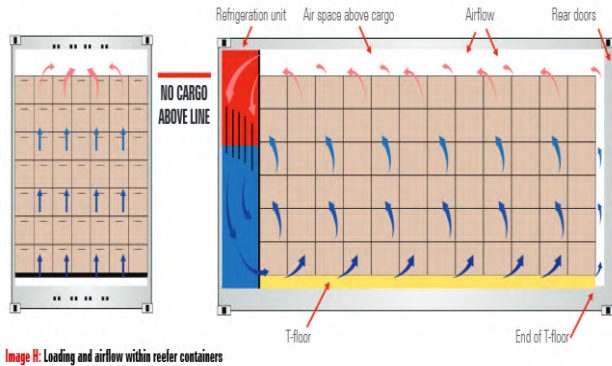
Tipe *palletized cargo stowage* adalah tipe dengan menggunakan keranjang atau kardus pallet. Sudut kardus harus selaras dengan sudut pallet untuk memastikan keseimbangan berat muatan. Lubang pada pallet ini akan memastikan udara bisa bergerak melalui muatan. Umumnya muatan seperti buah dan sayuran memakai tipe *palletized cargo stowage*. Penyusunan dengan tipe pada *palletized cargo stowage* dapat dilihat pada gambar II.2.



Gambar II. 2 Skema penempatan muatan dengan tipe *palletized cargo stowage*

Sumber: (Hamburg SUD, 2010)

Bila menggunakan penyimpanan pallet, disarankan agar kargo terakhir dimuat ke dalam *container* harus ditumpuk untuk mendorong aliran udara melalui kargo dan mencegah udara keluar melalui ruang terbuka di sekitar karton. Apabila muatan tidak sepenuhnya menutup *T-floor*, sebaiknya dipasang *filler* atau kayu pada bagian bawah. Skema sirkulasi udara pada *reefer container* dapat dilihat pada gambar II.3.



Gambar II. 3 Skema sirkulasi udara pada *reefer container*.
Sumber: (Hamburg SUD, 2010)

Proses respirasi menghasilkan CO_2 dan gas etilen. Oleh karenanya, ventilasi udara pada container berfungsi untuk mengurangi kadar kedua gas tersebut. Kebutuhan ventilasi tergantung pada tingkat produksi etilen dan karbon dioksida yang dihasilkan muatan. Besarnya udara yang disirkulasikan berkisar antara $0\text{-}260 \text{ m}^3/\text{h}$.



Gambar II. 4 Lubang ventilasi *reefer container*
Sumber: (CMA CGM Group, 2016)

2.3 Karakteristik Hortikultura Pascapanen

Komoditi hortikultura buah dan sayuran segar merupakan sub-sektor pertanian yang sepuluh tahun belakangan ini mendapatkan perhatian masyarakat dunia termasuk Indonesia. Buah pisang merupakan salah satu komoditi yang diminati oleh pasar manca Negara. Sehingga, selama ini pendistribusiannya memanfaatkan *Reefer Container*. Terdapat empat jenis gas penting dalam periode pascapanen buah pisang. Gas – gas tersebut adalah oksigen (O_2), CO_2 , etilen (C_2H_4), dan uap air (H_2O). Udara normal terdiri atas 78% nitrogen, 21% oksigen, 0.03% karbon dioksida, dan volatil- volatil lainnya (termasuk etilen) yang jumlahnya sekitar 1%. Etilen adalah senyawa organik hidrokarbon (C_2H_4) berupa gas yang berpengaruh pada proses fisiologis tanaman. Semakin tinggi laju respirasi, semakin cepat pula kemunduran dari suatu produk (Utama, 2006).

Berikut ini akan disajikan tabel komoditi hortikultura (lihat tabel II.1) berdasarkan laju produksi etilennya termasuk kelompok buah klimaterik dan non – klimaterik.

Tabel II. 1 Laju Produksi Etilen Komoditi Hortikultura

Laju Produksi Etilen	Jenis Komoditi
Sangat rendah	Asparagus, bunga kol, <i>cheery</i> , jeruk, delima, strawberi, sayuran daun, sayuran umbi, kentang, kebnyakan bunga potong.
Rendah	<i>Blueberry</i> , mentimun, terong, <i>okra</i> , <i>olive</i> , kesemek, nenas, <i>raspberry</i> , semangka.
Moderat	Pisang, jambu biji, melon, mangga, tomat.

Tinggi	Apel, <i>apricot</i> , alpukat, kiwi, papaya, <i>peach</i> , <i>plum</i> .
Sangat tinggi	Markisa, <i>sapote</i> , <i>cherimoya</i> , beberapa jenis apel.

Sumber: (Utama, Peranan Teknologi Pascapanen Untuk Fresh Produce Retailing, 2011)

Tabel II. 2 Kelompok Buah Klimaterik dan non - Klimaterik

Buah Klimaterik	Buah non - Klimaterik
<i>Pome fruit</i> (apel dan <i>pear</i>)	<i>Berries</i> (<i>strawberry</i> , <i>Blackberry</i>)
Stone fruit (<i>apricot</i> , <i>peach</i> , <i>plum</i>)	Cherry
Alpokot	Mentimun
Pisang	Terung
<i>Fig</i>	Anggur
Buah kiwi	Leci

Mangga	Paprika
<i>Rockmelon</i>	Nenas

Sumber:(Utama, 2006)

Tabel II. 3 Tingkatan Produksi CO₂ pada Buah

Kelas	Produksi CO ₂ Pada suhu 5° C (Mg CO ₂ /kg.jam)	Komoditi
Sangat rendah	<5	Kurma, kacang – kacang, buah kering
Rendah	5 – 10	Apel, Jeruk, Anggur, Kentang, bawang, ubi jalar
Sedang	10 – 20	Apricot, pisang, kubis, tomat, lobak
Tinggi	20 – 40	Starwberry, aplukat
Sangat tinggi	40 – 60	Atrichoke, bunga potong
Sangat – sangat tinggi	>60	Brokoli, asparagus, bayam, jagung manis

Sumber : (Kitinoja, 2002)

Tabel II. 4 Suhu penyimpanan dan pemasakan yang biasa digunakan untuk beberapa komoditas yang dapat dimasakan

Komoditas	Respirasi (mg CO ₂ /kg-hr) ¹	Suhu Pematangan (°C)	Suhu Penyimpanan (°C)
Pisang	25-110	15-18	13-14
Tomat	24-44	20-25	10-13
Stone fruit	12-81	13-25	-0.5 - 0
Mangga	40-200	20-22	13-14
Melon	20-27	20-25	7-10
Alpoket	62-157	15-18	4,4-13
Kiwi	16-22	0-20	0-0,5
Jeruk	22-34	20-22	5-9

Catatan:1) kalikan dengan 220 untuk mendapatkan panas respirasi (BTU/ton/24 jam)

Sumber: (Kitinoja, 2002)

2.4 Sistem Penyimpanan Kontrol Atmosfer

Proses respirasi dan tanda-tanda kerusakan pada buah dapat dihambat jika buah disimpan pada ruangan yang memiliki kadar CO₂ tinggi dan O₂ rendah dibandingkan udara normal. Kontrol atmosfer merupakan sistem penyimpanan buah dan sayuran segar dalam atmosfer atau udara dengan komposisi CO₂ tinggi dan O₂ rendah yang diatur dan dipertahankan tetap. Salah satu pengaruh penyimpanan buah dan sayur segar dalam atmosfer dengan komposisi CO₂ tinggi dan O₂ rendah antara lain dapat menyebabkan respirasi terhambat. Respirasi terhambat mengakibatkan pematangan buah dan sayur juga terhambat. Sehingga, umur penyimpanan buah dapat diperpanjang.

Kondisi atmosfer yang buruk pada tempat penyimpanan menyebabkan perubahan warna daging buah, perubahan citarasa,

gagal matang, penimbunan asam organik, dan kerusakan jaringan. Sedangkan dengan tingginya konsentrasi CO₂ menyebabkan penurunan reaksi sintesis pematangan, penghambatan sintesis klorofil, dan menghambat peran etilen. Komposisi CO₂ dan O₂ masing-masing komoditas berbeda-beda. Batas toleransi komposisi udara pada masing-masing komoditas dapat dilihat pada tabel II.5 berikut ini:

Tabel II. 5 Batas toleransi komposisi gas CO₂ dan O₂ pada komoditas Hortikultura

Komoditi	Kisaran suhu (°C)	CA		Penggunaan komersial Juni 2001
		% O ₂	% CO ₂	
Apricot	0-5	2-3	2-3	
Asian Pear	0-5	2-4	0-1	Penggunaan terbatas untuk beberapa kultivar
Alpukat	5-13	2-5	3-10	Penggunaan selama transportasi laut
Pisang	12-16	2-5	2-5	Penggunaan selama transportasi laut.
<i>Blackberry</i>	0-5	5-10	15-20	Penggunaan dalam penutup palet selama transportasi
<i>Blueberry</i>	0-5	2-5	12-20	Pemggunaan terbatas

				selama transportasi
Cactus pear	5-10	2-3	2-5	

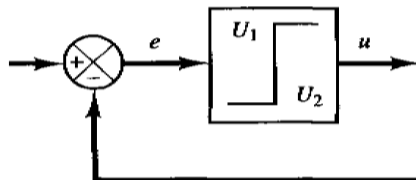
Sumber : (Kitinoja, 2002)

Teknik atmosfer terkendali sekitar produk bertujuan untuk mengendalikan metabolisme produk segar sehingga masa simpan dapat diperpanjang. Konsentrasi gas CO_2 dan O_2 di sekitar produk dijaga pada suatu konsentrasi yang diinginkan. Dengan adanya pengendalian kedua gas tersebut, akan terjadi hambatan laju respirasi sehingga laju respirasi relatif rendah pada batas tidak menimbulkan kondisi respirasi anaerob pada produk segar tersebut. Pada tugas akhir ini, hanya difokuskan pada perancangan sistem kontrol untuk gas CO_2 .

2.5 Kontroler

Kontroler merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengendalikan keluaran dari sebuah sistem. *Input* dari kontroler berupa sinyal dari sensor dan sinyal dari *set point*. Kedua sinyal tersebut akan dibandingkan. Apakah sinyal dari sensor sudah sesuai dengan sinyal *set point*. Hasil akhir (*out put*) dari kontroler berupa sinyal perintah yang akan dikirim pada *actuator*. Kontroler sangat banyak jenisnya. Berdasarkan cara kerjanya kontroler dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Diskontinyu
 - a. *On / Off*



Gambar II. 5 Kontroler *on-off*
Sumber: (Kurniawan, 2014)

$$u(t) = U1 \text{ untuk } e(t) > 0$$

$$= U2 \text{ untuk } e(t) < 0$$

- Implementasi fisik sederhana dan murah.
- Dapat menimbulkan efek *cycling/hysterisis* (osilasi disekitar nilai set point).
- *Differential gap*: adakalanya digunakan untuk menghindari terlalu seringnya terjadi mekanisme *on-off*.
- Aplikasi :
Sistem skala besar dengan laju proses lambat (sistem pendingin / pemanas ruangan, sistem level tangki).

(Gamayanti, 2007)

b. *Programmable (PLC)*

PLC adalah sistem kontrol industri komputer yang terus menerus memantau keadaan input dan membuat keputusan berdasarkan program khusus untuk mengontrol keadaan output. Hampir setiap lini produksi, fungsi mesin, atau proses dapat ditingkatkan dengan signifikan menggunakan jenis sistem kontrol ini. Namun, manfaat terbesar dalam menggunakan PLC adalah kemampuan untuk mengubah dan meniru operasi atau proses sementara mengumpulkan dan mengkomunikasikan suatu informasi penting. (Pessen, 2008)

2. Kontinyu (Analog)

Untuk kontroler jenis analog dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Integral

Kontroler integral merupakan kontroler yang aksi kontrolnya merupakan integral terhadap sinyal kesalahan. Hubungan antara masukan dan keluaran kontroler integral dinyatakan oleh persamaan:

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Proporsional

Pada kontroler proporsional sinyal kontrol proporsional terhadap sinyal kesalahan. Hubungan antara masukan dan keluaran kontroler proporsional dinyatakan oleh persamaan:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \dots\dots\dots (2.2)$$

c. Proporsional + Integral (PI)

Kontroler proporsional ditambah integral merupakan kontroler yang aksi kontrolnya mempunyai sifat proporsional dan integral terhadap sinyal kesalahan. Hubungan antara masukan dan keluaran kontroler proporsional ditambah integral dinyatakan oleh persamaan:

$$u(t) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

d. Proporsional + Derivatif (PD)

Kontroler proporsional ditambah differensial merupakan kontroler yang aksi kontrolnya mempunyai sifat proporsional dan differensial terhadap sinyal kesalahan. Hubungan antara masukan dan keluaran kontroler proporsional ditambah differensial dinyatakan oleh persamaan:

$$u(t) = K_p (1 + \tau_d s) \dots\dots\dots (2.4)$$

e. Proporsional + Integral + Derivatif (PID)

Kontroler PID merupakan kontroler yang aksi kontrolnya merupakan kombinasi dari aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial. Hubungan antara masukan dan keluaran kontroler PID dinyatakan oleh persamaan:

$$u(t) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

(Gamayanti, 2007)

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah metode perancangan dan percobaan alat hasil rancangan. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.1. Identikasi dan perumusan masalah

Awal tahapan dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Selain itu, penting juga untuk merumuskan masalah. Dalam pengerjaanpun perlu adanya batasan masalah agar topik pembahasan lebih detail, fokus dan tidak jauh melebar. Permasalahan pada penelitian ini adalah Bagaimana merancang sistem *kontrol atmosfer* untuk penanganan kadar CO₂ di dalam *reefer container* untuk muatan pisang Mas Kirana.

3.2. Studi literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk pengumpulan bahan pustaka yang menunjang kegiatan penelitian ini yang bersumber dari buku, jurnal, tugas akhir dan internet. Referensi berasal dari berbagai media, antara lain:

1. Buku.
2. Jurnal.
3. Artikel.
4. Paper
5. Tugas akhir
6. Internet

Untuk pencarian beberapa referensi tersebut, dilakukan di beberapa tempat, yaitu :

1. Perpustakaan ITS.
2. Ruang Baca FTK.
3. Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS

3.3. Perhitungan *Mass Flowrate gas CO₂*

Pada tahap ini yang dilakukan perhitungan laju produksi gas CO₂ pada buah Pisang.

3.4. Draft Rancangan Automatic Ventilated Exhaust Fan

Membuat rancangan *Automatic Ventilated Exhaust Fan* yang akan dimanfaatkan untuk penanganan kadar gas CO₂. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan dimensi *Cool box*, pemilihan Sensor, dan Kontroler yang akan digunakan.

3.5. Perancangan Prototype

Pada tahap ini, dilakukan perancangan *prototype*. Yaitu mulai dari pemasangan sensor, *fan*, dan kontroler. Setelah perancangan *prototype* selesai, dilakukan kalibrasi.

3.6. Pengetesan Alat

Pada tahap ini, dilakukan pengetesan apakah alat yang sudah jadi sesuai dengan yang dikehendaki. Yaitu sensor CO₂ dapat melakukan fungsi untuk menangani kadar CO₂. Sehingga apabila kandungan gas tersebut di dalam *Cool box* melebihi batas maksimal *Fan* yang ada di *Cool box* akan *On*.

3.7. Pengambilan Data

Setelah alat yang dirancang dapat melakukan kerja sesuai dengan yang diharapkan, maka dilakukan pengambilan data. Data yang akan diambil pada percobaan antara lain:

1. Produksi CO₂ terhadap waktu. Hal ini bertujuan untuk menguji apakah sistem kontrol atmosfer yang sudah dirancang dapat memonitoring kadar CO₂ di dalam *cool box*.
2. Aliran udara yang keluar dari dalam *cool box*.
3. Lama waktu kipas menyala sampai kadar CO₂ kembali normal.
4. Pengaruh pendinginan pada produksi CO₂

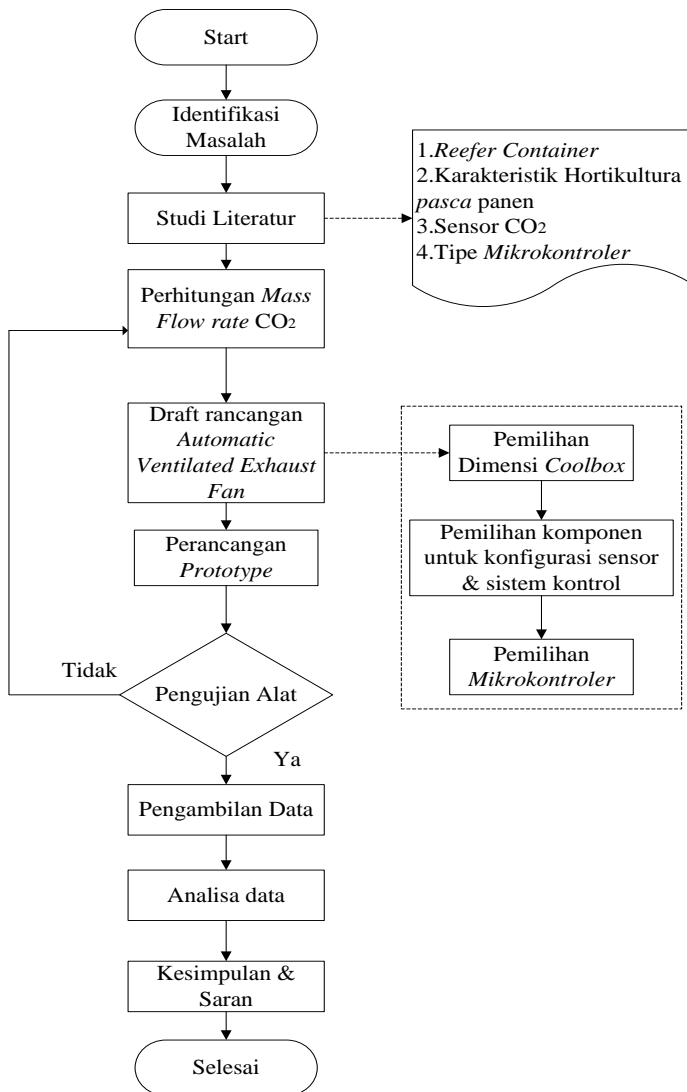
3.8. Analisa Data

Dari data yang terkumpul, akan dilakukan analisa data apakah dengan diterapkannya *Automatic Ventilated Exhaust Fan* dapat mengontrol kadar CO₂.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap terakhir ini akan ditarik kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan, yaitu seberapa besar prosentase alat yang telah dibuat untuk mengurangi kadar CO₂. Adapun saran dibutuhkan untuk menyempurnakan alat maupun metode untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

FLOWCHART METODE PENELITIAN



Gambar III. 1 Flowchart metode penelitian

BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN ANALISA DATA

4.1 Perancangan Sistem

4.1.1 Reefer Container Pemanding

Pada tugas akhir ini, yang digunakan sebagai pemanding adalah *reefer container* dari **IJ Container**. Dimensi utama *reefer container* yang digunakan sebagai pemanding adalah sebagai berikut:

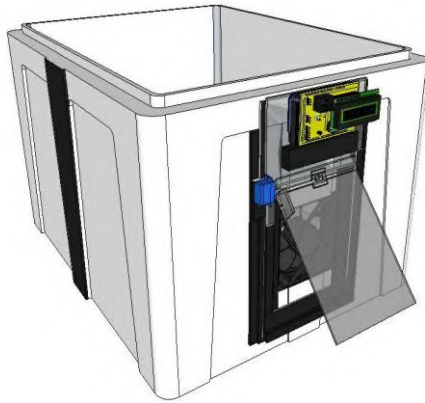
Tabel IV. 1 Dimensi *Reefer Container* Pemanding

Parameter	Dimensi Luar (m)	Dimensi Dalam (m)
Panjang	6,058	5,443
Lebar	2,438	2,290
Tinggi	2,591	2,271
<i>Payload</i>	27.360 kg	
<i>Max. Gross Weight</i>	30.480 kg	
Volume	28.300 liter	

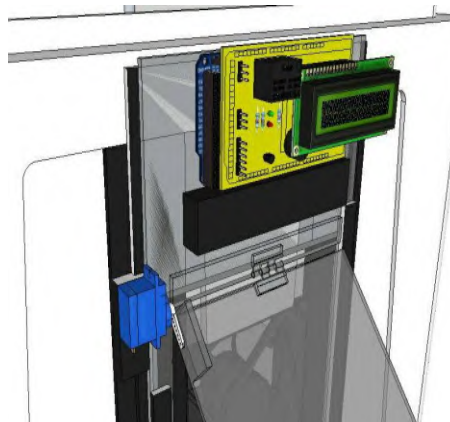
Sumber: (IJ Container, 2006)

4.1.2 Perancangan Sistem Kontrol Atmosfer

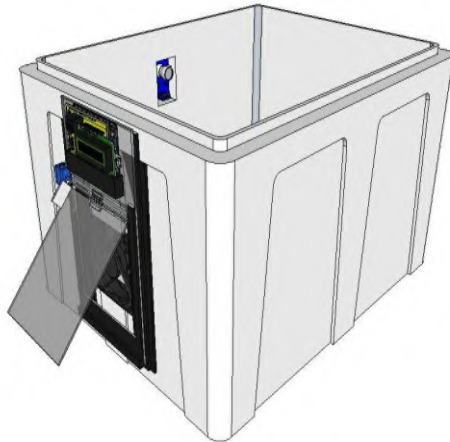
Reefer container yang digunakan diskalakan dalam bentuk *cool box* dari *styrofoam*. Untuk mempermudah perancangan sistem, dilakukan desain *cool box* yang akan dimodifikasi dengan komponen lainnya. Desain *cool box* beserta komponen lainnya dapat dilihat pada gambar IV.1 desain *flap* dan *fan* di bawah ini:



Gambar IV. 1 Desain *Fan* dan *Flap* pada *cool box*



Gambar IV. 2 Desain peletakan mikrokontroler pada *cool box*



Gambar IV. 3 Desain peletakan sensor pada *cool box*

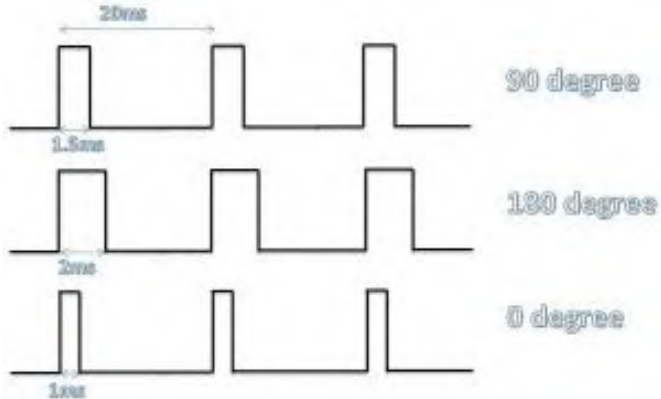
Komponen penyusun sistem kontrol atmosfer terdiri dari:

a. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel *motor* servo.

Untuk menjalankan atau mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengedalikan motor servo perlu diberikan sumber tegangan dan sinyal kontrol. Besarnya sumber tegangan tergantung dari spesifikasi motor servo yang digunakan. Sedangkan untuk mengendalikan putaran motor servo dilakukan dengan mengirimkan pulsa kontrol dengan frekuensi 50 Hz dengan periode 20ms dan *duty cycle* yang berbeda. Dimana untuk menggerakkan motor servo

sebesar 90° diperlukan pulsa dengan ton *duty cycle* pulsa positif 1,5ms dan unjtu bergerak sebesar 180° diperlukan lebar pulsa 2ms.



Gambar IV. 4 Bentuk pulsa kendali motor servo

Sumber : (zona elektro, 2014)

b. Relay

Relay atau sering disebut dengan saklar (*switch*) menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar. Sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang mengalirkan arus lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature *Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

c. Sensor CO₂ (DT-Sense)

Sensor DT-Sense merupakan modul sensor gas yang dapat digunakan untuk menentukan kadar karbon dioksida yang terdapat pada udara. Modul ini berbasis sensor MG-811 yang mampu melakukan pendeteksian gas karbon dioksida. Sensor DT-Sense cocok digunakan pada sistem

pemantauan kualitas udara dalam ruangan, sistem kontrol proses fermentasi, dll.

Spesifikasi dari sensor DT-Sense:

- Tegangan kerja : 5 VDC.
- Target gas : karbon dioksida (CO₂).
- Range deteksi : s.d 10.000 ppm.
- Antarmuka : UART TTL, I²C.
- Menggunakan ADC 10-bit untuk konversi data analog dari sensor.
- Memiliki output berupa data digital dengan nilai 0 – 1023 (hasil konversi ADC).
- Terdapat 1 buah variable resistor untuk pengaturan nilai *threshold* secara manual.
- Disediakan beberapa *jumper* untuk konfigurasi *pull-up* I²C, resistor beban, serta *variable resistor threshold*.
- Memiliki fitur kendali *on/off* dengan 2 mode kerja pilihan yaitu *hysteresis* dan *window*.
- Pin I/O yang kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
- Memiliki 2 buah LED sebagai indikator.
- Dilengkapi dengan rangkaian EMI *filter* untuk mengurangi gangguan elektromagnetik.
- Kompatibel dengan sensor gas :
 - * MQ-3 (alkohol).
 - * MQ-4 (metana).
 - * MQ-6 (LPG).
 - * MQ-7 (karbon monoksida).
 - * MQ-135 (kualitas udara).
 - * MG-811 (karbon dioksida)

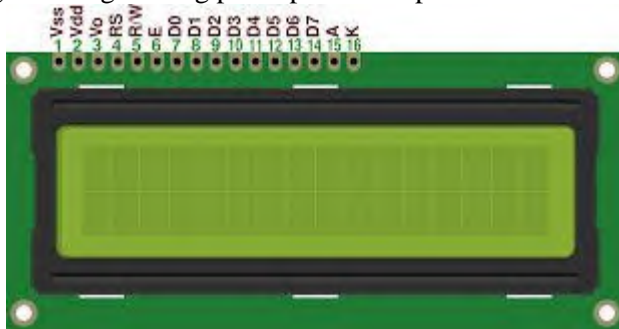
d. Liquid Cristal Display (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) layar merupakan modul layar elektronik yang dapat digunakan pada berbagai macam aplikasi. Sebuah layar LCD 16x2 adalah modul yang sangat

dasar dan sangat umum digunakan di berbagai perangkat. Modul ini lebih disukai daripada tujuh segmen dan LED multi segmen lainnya, karena lebih ekonomis, mudah diprogram, tidak memiliki batasan menampilkan karakter khusus & bahkan kustom (seperti dalam tujuh segmen), animasi dan sebagainya.

Sebuah LCD 16x2 berarti dapat menampilkan 16 karakter per baris dan ada 2 garis tersebut. Dalam LCD ini masing-masing karakter ditampilkan dalam matriks 5x7 pixel. LCD ini memiliki dua register, yaitu, *Command* dan *Data*.

Command Register menyimpan instruksi perintah yang diberikan ke LCD. Instruksi yang diberikan kepada LCD diantaranya untuk melakukan tugas yang telah ditetapkan seperti inisialisasi, membersihkan layar, pengaturan posisi kursor, mengendalikan display dll. *Data Register* menyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD. Data tersebut adalah nilai ASCII dari karakter yang akan ditampilkan pada LCD. Letak pin pada LCD dapat dilihat pada gambar IV.5 dan fungsi masing-masing pin dapat dilihat pada tabel IV.2.



Gambar IV. 5 LCD 16x2 dan letak pinnya

Tabel IV. 2 Penjelasan masing-masing pin pada LCD

<i>PIN NUMBER</i>	<i>SYMBOL</i>	<i>FUNCTION</i>
1	<i>Vss</i>	<i>GND</i>
2	<i>Vdd</i>	<i>+3V or +5V</i>

3	<i>Vo</i>	<i>Contrast Adjustment</i>
4	<i>RS</i>	<i>H/L Register Select Signal</i>
5	<i>R/W</i>	<i>H/L Read/Write Signal</i>
6	<i>E</i>	<i>H→L Enable Signal</i>
7	<i>DB0</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
8	<i>DB1</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
9	<i>DB2</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
10	<i>DB3</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
11	<i>DB4</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
12	<i>DB5</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
13	<i>DB6</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
14	<i>DB7</i>	<i>H/L Data Bus Line</i>
15	<i>A/Vee</i>	<i>+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output</i>
16	<i>K</i>	<i>Power Supply for B/L (OV)</i>

e. Adaptor

Adaptor merupakan alat atau jembatan untuk menyambungkan sumber tegangan DC. Tegangan DC ini dibutuhkan oleh berbagai macam rangkaian elektronik untuk dapat dioperasikan. Rangkaian inti dari adaptor/ *power supply* adalah suatu rangkaian penyearah yaitu rangkaian yang mengubah sinyal bolak-balik (AC) menjadi sinyal searah (DC). Sistem rangkaian penyearah ada 4 fungsi dasar yaitu:

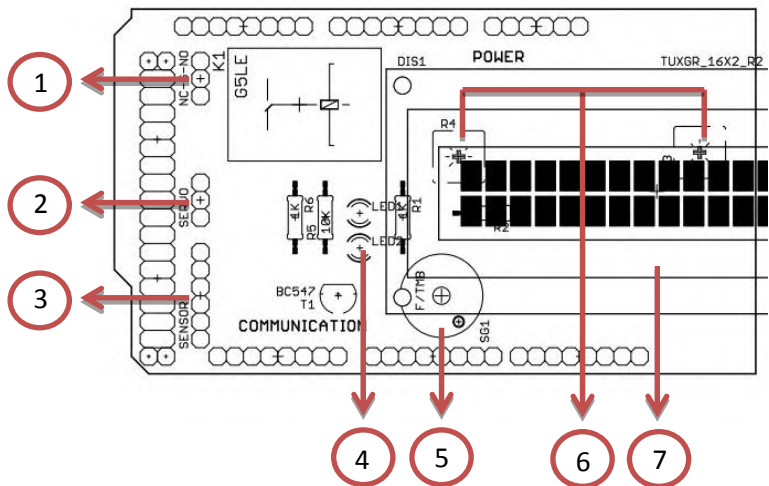
1. Transformasi (travo) tegangan yang diperlukan untuk menurunkan tegangan.
2. Rangkaian penyearah, untuk mengubah tegangan arus bolak balik ke arus searah.
3. Filter merupakan rangkaian untuk memproses fluktuasi penyearah yang menghasilkan *output* tegangan DC yang lebih rata.
4. Regulasi adalah parameter yang sangat penting pada adaptor dan regulator tegangan dengan bahan bervariasi.

f. Cool Box

Cool box digunakan untuk mempertahankan suhu dingin pada penyimpanan makanan. Pada tugas akhir ini *cool box* merupakan skala dari *reefer container*.

g. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program di dalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Adapun *coding* pada mikrokontroler dilampirkan pada lampiran.

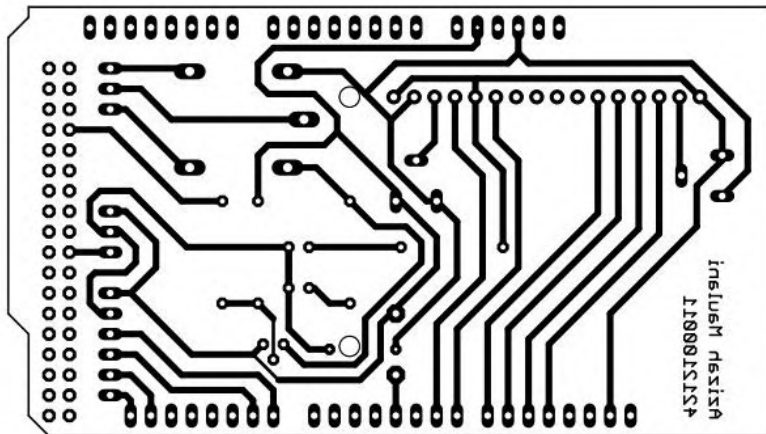


Gambar IV. 6 Rangkaian PCB penutup Arduino Mega

Keterangan:

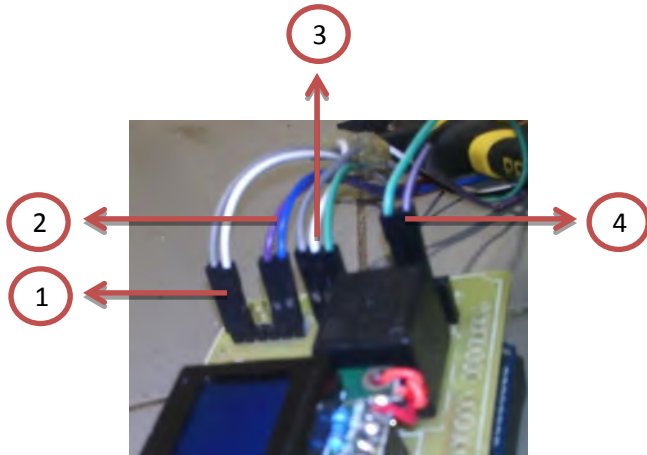
1. Pin dari *relay* terhubung dengan *fan* – untuk mengontrol on/off dari *fan* seperti saklar
2. Pin menuju servo - untuk otomasi *flap*

3. Pin menuju sensor DT-Sence – untuk mendapat data dari sensor sehingga dapat diolah arduino
4. LED sebagai indikator output *relay* – dapat sekaligus sebagai indikator seluruh sistem, karena semua sistem bekerja dengan ketentuan set poin yang sama
5. *Buzzer* - sebagai indikator ada tidaknya sensor DT-Sence
6. Resistor variabel - untuk kontrol penggunaan daya pada LCD
7. LCD 16x2 - untuk menampilkan data



Gambar IV. 7 Jalur Rangkaian PCB penutup Arduino Mega

Penggunaan Arduino Mega merupakan salah satu pilihan yang paling optimal untuk pengerjaan tugas akhir ini. Fitur yang dibutuhkan tentusaja mikrokontroller. Namun kelebihan dari Arduino adalah dapat mengirim data langsung kepada PC / laptop tanpa memerlukan perangkat tambahan serta bahasa pemrograman yang sederhana dibandingkan dengan mikrokontroller lainnya. Pin *header* yang digunakan pada arduino dapat dilihat pada gambar IV.8.



Gambar IV. 8 Foto pin *header* pada Arduino yang dipakai


Keterangan:





1. Transfer data Arduino dengan Sensor DT-Sence menggunakan I2C (abu-abu = SCL, putih = SDA)
2. Power suplai sensor DT-Sence (ungu = vcc, biru = ground)
3. Pin header menuju servo (abu-abu = sinyal input servo – PWM, putih = vcc, hijau = ground)
4. Pin header dari *relay* untuk pengaturan *fan* (hijau = normally close, abu-abu = input vcc *fan*)

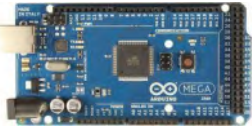

h. Kipas (*Fan*) dan Jendela (*Flap*)

Fan dan *flap* berfungsi sebagai komponen pada sistem ventilasi. Agar *cool box* tetap kedap udara, maka *flap* akan tertutup saat *fan* mati. *Fan* yang digunakan mempunyai debit aliran angin maksimal sebesar 5,4 cmm. *Flap* sendiri direkatkan dengan servo yang pergerakannya diatur oleh mikrokontroler.

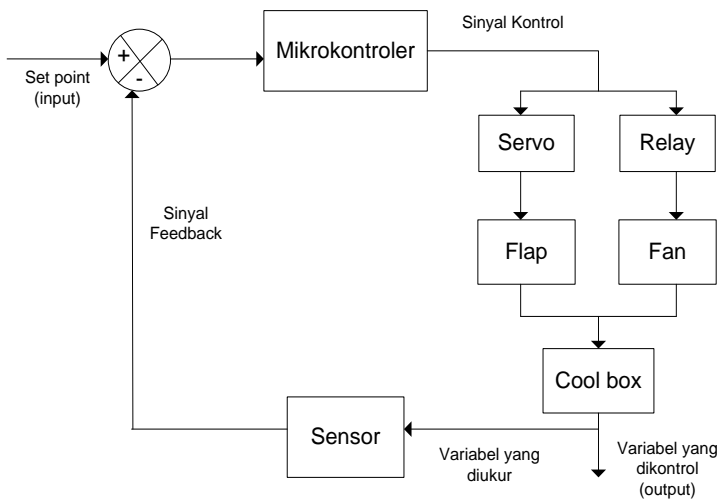
Tabel IV. 3 Komponen sistem kontrol atmosfer

No	Nama Alat/Bahan	Gambar	Spesifikasi
1	<i>Cool Box</i>		<p>Dimensi: P = 0,5 m L = 0,42 m T = 0,3 m</p> <p>Material: <i>Styrofoam</i></p> <p>Ketebalan = 0,03 m</p>
2	Servo		<p>Tegangan kerja 5 Volt, rotasi 180°.</p>
3	<i>Relay</i>		<p>Tegangan kerja 5 Volt</p>

4	<i>LCD</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Panjang = 10 cm - Lebar = 3 cm
5	<i>Flap Acrylic</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Panjang = 15 cm - Lebar = 13 cm - Material <i>Acrylic</i>
6	Kipas		<ul style="list-style-type: none"> - Panjang = 10 cm - Lebar = 10 cm - Tegangan = 12 volt - Arus = 2 ampere - Flowrate max = 5,4 cmm
7	Sensor CO ₂		<ul style="list-style-type: none"> - Tegangan kerja : 5 VDC. - Range deteksi : s.d 10000 ppm. - Antarmuka : UART TTL, I2C. Menggunakan ADC 10-bit untuk konversi data analog dari sensor. - Dilengkapi

			dengan rangkaian EMI filter untuk mengurangi gangguan elektromagnetik.
8	Mikrokontroler		Arduino mega
9	Buzzer (alarm)		Tegangan kerja 5 Volt

4.1.3 Prinsip Kerja Alat



Gambar IV. 9 Diagram Blok Prinsip Kerja Alat

Pokok bahasan utama pada tugas akhir ini hanya difokuskan pada penanganan kadar CO₂ saja. Variabel yang diukur adalah besar kadar CO₂ yang ada di dalam *cool box*. Sedangkan variabel yang dikontrol adalah kadar CO₂ pada batas maksimal 70 ppm.

Seperti terlihat pada gambar IV,9 prinsip kerja sistem kontrol atmosfer menggunakan sensor CO₂. *Set point* didasarkan pada perhitungan *mass flow rate* produksi CO₂ dari buah pisang yang akan dimonitoring pada 2%-5%. Sensor memonitoring kadar CO₂ di dalam *cool box*, saat kadar CO₂ melebihi batas maksimal sebesar 70 ppm, sensor mengirim sinyal *feed back* pada mikrokontroler. Mikrokontroler mengirim sinyal kontrol untuk mengaktifkan *relay* dan servo. Servo digunakan untuk buka tutup *flap*. Sedangkan *relay* digunakan untuk *on/off fan*. Sehingga, saat *fan* dan *relay* menyala, kadar CO₂ yang berlebih keluar dan udara segar masuk kedalam *cool box*.

Jika kadar CO₂ kembali normal yaitu 40 ppm, *flap* dan *fan* akan *off* secara otomatis. Nilai kadar CO₂ dapat dilihat pada LCD yang terpasang dibagian depan *cool box*. Selain itu, nilai kadar CO₂ juga dapat dilihat pada layar PC yang sudah terpasang aplikasi arduino. Nilai perubahan kadar akan tersimpan setiap 30 detik sekali.

4.2 Perhitungan Awal

4.2.1 Perhitungan *Mass Flowrate* Produksi CO₂ di dalam *Reefer Container*

Perhitungan awal digunakan untuk menentukan CO₂ yang dihasilkan oleh buah pisang per jam. Rata-rata produksi gas CO₂ yang dihasilkan oleh buah pisang digunakan untuk *setpoint* pada sensor. Kadar CO₂ yang digunakan untuk *setpoint* dalam satuan ppm (*part per million*). Laju produksi CO₂ pada buah pisang = 25-110 mg CO₂/kg jam. Massa buah pisang pada satu *container* diasumsikan sebesar 20 ton atau 20.000 kg dan laju produksi CO₂ diambil 75 mg CO₂/kg jam.

Sehingga, untuk menghitung *Mass flowrate* produksi CO₂ pada satu *container* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produksi CO}_2 \text{ pada Container} &= \text{Produksi CO}_2/\text{jam} \times \text{Massa} \\ &= 75 \text{ mg CO}_2/\text{kg jam} \times 20.000 \text{ kg} \\ &= 1.500.000 \text{ mg CO}_2/\text{jam} \end{aligned}$$

Atau dalam satuan ppm yang dihasilkan per jam :

$$\begin{aligned} &= \frac{1.500.000 \text{ mg CO}_2/\text{jam}}{28.300 \text{ liter}} \\ &= 53,003 \text{ ppm/jam} \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Kadar CO₂ dalam satuan ppm

Ppm (*Part per million*) merupakan satuan konsentrasi yang menyatakan perbandingan bagian dalam satu juta bagian yang lain. Lebih mudahnya ppm sering digunakan untuk menentukan konsentrasi gas yang dinyatakan dalam mg/liter atau mg/kg. Pengukuran gas CO₂ pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm disebut keadaan kamar atau sering dinyatakan RTP (*Room Temperature and Pressure*). Berdasarkan penelitian di bidang pertanian, untuk komoditas buah dan sayur terutama buah pisang, suhu penyimpanan berkisar 13°-15°C. Digunakan suhu sebesar 13°C untuk penyimpanan buah pisang. Oleh karenanya, untuk menghitung kadar CO₂ dalam satuan ppm dapat digunakan rumus berikut ini:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan : P = Tekanan (atm)

V = Volume (Liter)

n = Jumlah mol (Mol)

T = Temperatur (°K)

R = Tetapan gas

(0,082 L atm/molK)

Suhu penyimpanan yang akan digunakan untuk menyimpan buah pisang di dalam *cool box* sebesar 13°C atau 286°K.

Langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung mol udara total

$$\begin{aligned} \text{Mol udara total} &= \frac{P.V}{R.T} \dots\dots\dots(4.2) \\ &= 1.10^{-3} / 0,082 . 286 \\ &= 4,427 \times 10^{-5} \text{ kmol} \\ &= 0,0427 \text{ mol} \end{aligned}$$

2. Menghitung massa O₂ di udara

$$\begin{aligned} \text{Massa O}_2 \text{ di udara} &= \% \text{ O}_2 \times n \text{ O}_2 \times \text{Mr} \dots\dots\dots(4.3) \\ &= 0,02 \times 0,0427 \times 32 \\ &= 0,02729 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol O}_2 &= \text{Massa} / \text{Mr O}_2 \dots\dots\dots(4.4) \\ &= 0,02729 / 32 \\ &= 0,000853 \text{ mol} \end{aligned}$$

3. Reaksi kimia pada proses respirasi buah

Kandungan glukosa pada buah pisang Mas Kirana sebesar 20,6% dari massa pisang (Prahardini, Yuniarti, & Krisnawati, 2010). Sehingga massa glukosa dari 25 ton pisang adalah :

$$\begin{aligned} \text{Massa glukosa} &= 20,6\% \times 20.000 \text{ kg} \dots\dots\dots(4.5) \\ &= 4120 \text{ kg} \\ &= 412 \times 10^4 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol glukosa} &= \text{Massa} / \text{Mr} \dots\dots\dots(4.6) \\ &= (412 \times 10^4) / 180 \\ &= 22888,8 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol O}_2 &= \text{Mol O}_2 / \text{Koefisien} \dots\dots\dots(4.7) \\ &= 0,000853 / 6 \\ &= 0,000142 \end{aligned}$$

(digunakan sebagai pereaksi pembatas)



M :	22888,88	0,000853	0	0
R :	0,000142	0,000853	-	-
S :	22888,7998	0	0,000853	0,000853

$$\begin{aligned} \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol} \times \text{Mr} \dots\dots\dots(4.8) \\ &= 0,000853 \times 44 \\ &= 0,0375 \text{ gram} \\ &= 37,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar CO}_2 &= \text{Massa (mg)} / \text{Volume (liter)} \dots\dots\dots(4.9) \\ (2\%) &= 37,5 \text{ mg} / 1 \text{ liter} \\ &= 37,5 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan hasil perhitungan untuk kadar CO₂ sebesar 5%:

$$\begin{aligned} \text{Kadar CO}_2 &= \% \text{CO}_2 \times \text{mol total} \times \text{Mr} \dots\dots\dots(4.10) \\ (5\%) &= 0,05 \times 0,0427 \times 44 \\ &= 0,09394 \text{ gram} \\ &= 93,94 \text{ ppm} \end{aligned}$$

4.3 Percobaan

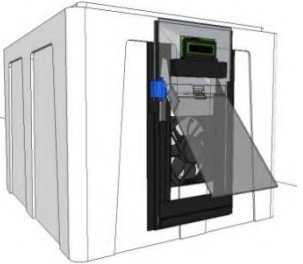


4.3.1 Tujuan Percobaan




Adapun tujuan percobaan pada tugas akhir ini adalah:



1. Mengetahui pengaruh produksi CO₂ terhadap waktu.
2. Mengetahui aliran udara keluar dari dalam *cool box*.
3. Mengetahui lama waktu *fan* menyala sampai kadar CO₂ kembali normal.
4. Mengetahui apakah dengan adanya pendinginan dapat mempengaruhi produksi CO₂ di dalam *cool box*?

4.3.2 Alat dan Bahan Percobaan

Tabel IV. 4 Alat dan bahan percobaan

No	Nama Alat/Bahan	Gambar	Keterangan
1	<i>Cool Box</i> termodifikasi		<p>Dimensi: P = 0,5 m L = 0,42 m T = 0,3 m</p> <p>Terbuat dari <i>styrofoam</i></p>
2	<i>Cold Storage</i>		<p>Dimensi: P = 2400 mm L = 1260 mm T = 2500 mm</p>
3	<i>Anemometer</i>		<p>Lutron YK-2005AH Hot Wire Anemometer Tipe K/J</p>

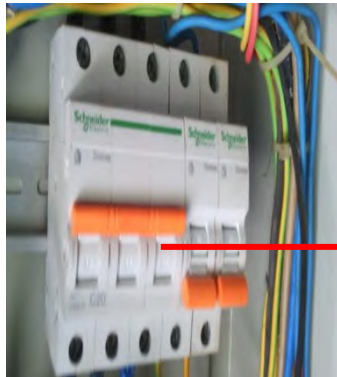
4	<i>Thermocouple</i>		<p>PT100 untuk FWAS T/C tipe K untuk analisa temperatur <i>coldstorage</i></p>
5	<i>Labjack T7-Pro</i>		<p>14 analog input Analog input range: 10 s/d 0.001 V Current output: 200 μA</p>
6	Buah Pisang		<p>Pisang Mas 4 kg</p>

7	<i>Stopwatch</i>		<i>Stopwatch smartphone Lava iris 600</i>
8	<i>Sealant</i>		<i>Medium silicone sealant sebagai penutup celah/lubang</i>

4.3.3 Prosedur Pengoperasian *Cold Storage*

1. Prosedur menyalakan *cold storage*

1. Menyalakan saklar utama pada MCB 1.
2. Mengaktifkan kontrol listrik cold storage pada MCB



Kontrol listrik pada MCB 1

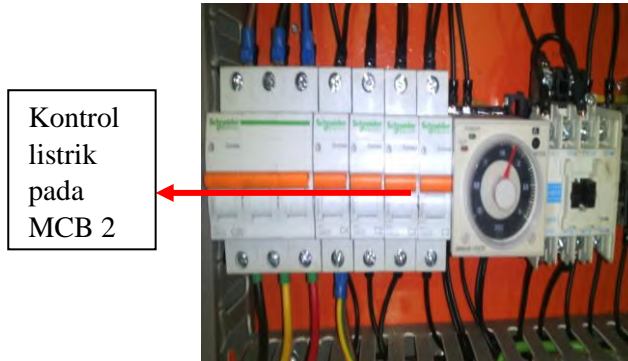
Gambar IV. 10 Panel MCB 1

3. Membuka kunci panel pada MCB 2. Menekan tombol sampai kuncinya terbuka.



Gambar IV. 11 Tampak depan Panel MCB 2

4. Mengaktifkan kontrol listrik cold storage pada MCB 2.



Gambar IV. 12 MCB 2

5. Menyalakan *LCD cold storage* dengan memindahkan saklar dari posisi satu ke posisi 2.



Gambar IV. 13 Saklar LCD

6. Mengatur temperatur *cold storage* sesuai dengan temperatur pendinginan yang diinginkan. Temperatur yang diinginkan 13°C .



Gambar IV. 14 Setting temperature

7. Mengatur temperatur diferensial. Pada percobaan ini temperatur diferensial sebesar 2°C .

2. Prosedur menonaktifkan *cold storage*

1. Mengubah *switch on/off* dari angka 2 ke 1 pada MCB 2.
2. Setelah LCD mati, kemudian menonaktifkan kontrol *cold storage* yang terdapat di bagian dalam MCB 2 (ke arah bawah).
3. Mengunci kembali panel MCB 2.
4. Menonaktifkan kontrol *cold storage* yang terdapat di bagian dalam MCB 1 (ke arah bawah).

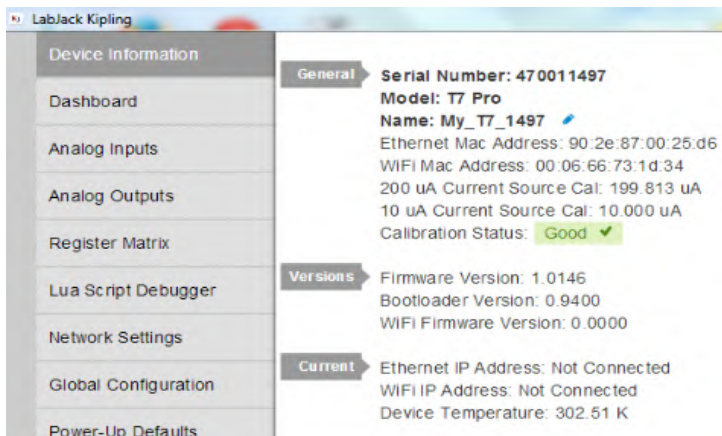
4.3.4 Prosedur Penggunaan *Thermocouple*

1. Memasang *thermocouple* ke data logger (*Lab Jack T7 Pro*). Pada data logger terdapat banyak slot untuk *thermocouple*. Pada percobaan ini, menggunakan 4 *thermocouple*.
2. Memasang kabel berwarna merah pada slot AIN dan kabel warna putih pada slot GND. Kabel harus terpasang dengan benar, agar data yang terbaca akurat.
3. Membuka aplikasi kipling yang sudah terpasang pada PC. Mengkoneksikan data logger dengan PC dengan menggunakan kabel USB. Agar lebih jelas, dapat dilihat pada gambar IV.15.



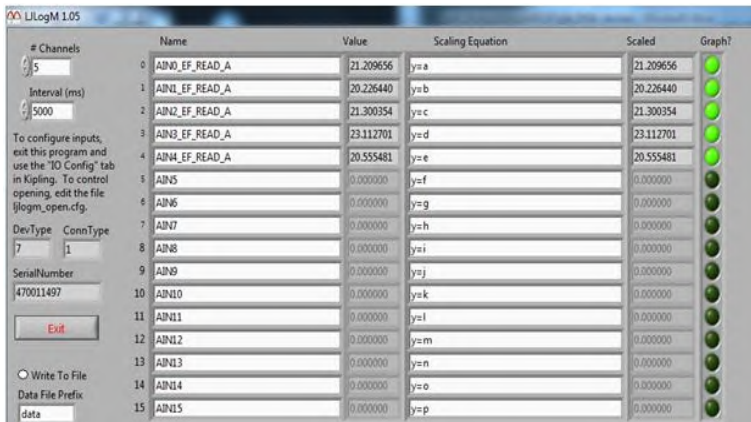
Gambar IV. 15 Koneksi PC ke *data logger*

Jika *data logger* dan PC sudah terhubung dengan benar, maka pada aplikasi kipling akan muncul kotak dialog seperti pada gambar IV.16.



Gambar IV. 16 Tampilan aplikasi Kipling

4. Mengatur *analog input* yang diinginkan. Mengatur satuan temperatur dalam satuan derajat Celcius. Kemudian pilih *thermocouple* tipe K. Tentukan jumlah *thermocouple* yang terpasang pada *data logger*.
5. Menjalankan aplikasi LJ LogM yang sudah terpasang pada PC. Mengatur tiap berapa detik data akan dibaca. Pada aplikasi ini, satuan untuk waktu memakai mili detik. Kemudian, klik ikon *write to file*, agar data dapat tersimpan secara otomatis. Data yang tersimpan dalam bentuk Microsoft excel. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.17.



Gambar IV. 17 Tampilan aplikasi LJ LogM

4.4 Analisa data

Pada tugas akhir ini dilakukan tiga kali percobaan. Data yang diambil berdasarkan suhu penyimpanan sebesar 11°C, 20°C, dan pada suhu 30°C. Tujuan percobaan antara lain:

1. Mengetahui pengaruh produksi CO₂ terhadap waktu.
2. Mengetahui aliran udara keluar dari dalam *cool box*.
3. Mengetahui lama waktu *fan* menyala sampai kadar CO₂ kembali normal.

4. Mengetahui apakah dengan adanya pendinginan dapat mempengaruhi produksi CO₂

Secara lebih detail hasil percobaan akan dijabarkan sebagai berikut.

4.4.1 Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 11°C

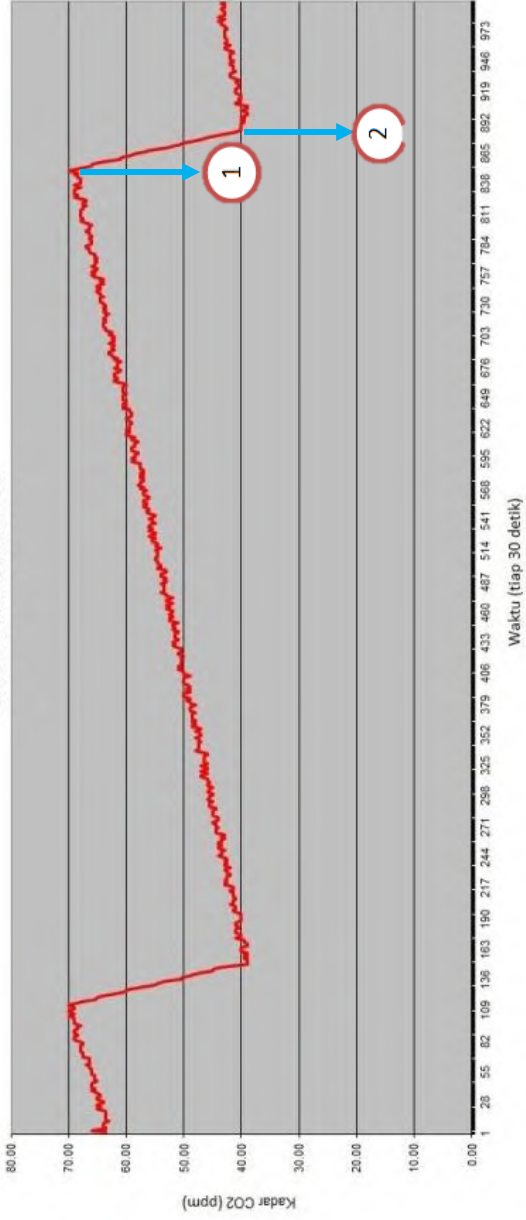
Secara umum waktu antara panen sampai dengan konsumsi, pengendalian suhu pada produk hortikultura seperti pisang merupakan faktor yang paling penting untuk menjaga mutu produk. Hal ini tambah diperburuk dengan karakteristik buah pisang yang terus mengalami proses respirasi meskipun telah terpisah dari tanaman induknya. Untuk meningkatkan masa simpan dapat dilakukan dengan cara menurunkan laju respirasi, menurunkan sensitifitasnya pada gas etilen, mengurangi produksi CO₂, dan mengurangi kehilangan air. Menurunkan laju kehilangan air akan menurunkan laju pelayuan yang biasa menyebabkan kerusakan dan penurunan mutu produk.

Namun perlu diperhatikan juga, menyimpan produk terlalu dingin juga merupakan masalah serius yang dapat merusak produk. Hal ini dikarenakan produk hortikultura dapat mengalami kerusakan akibat pendinginan (*chilling injuries*). Kerusakan akibat suhu dingin pada pisang ditandai dengan gagalnya buah pisang untuk masak. Metode pendinginan untuk menyimpan produk hortikultura sangat beragam diantaranya pendinginan dalam ruang (*room cooling*), pendinginan dengan pergerakan udara cepat (*forced-air cooling*), dan pendinginan dengan air (*hydro-cooling*). Pada tugas akhir ini, pendinginan dilakukan di *cold storage (room cooling)*. *Cool box* yang telah dimodifikasi dengan sistem kontrol dimasukkan kedalam *cold storage* dengan suhu penyimpanan 11°C. Differensial suhu penyimpanan diatur sebesar 2°C. Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 11°C akan ditampilkan pada grafik IV.1 pada halaman 50.

Berdasarkan grafik IV.1 dapat dilihat jika produksi CO₂ terus bertambah seiring dengan semakin lamanya buah pisang disimpan. Hal ini dikarenakan buah pisang mengalami proses respirasi yang menghasilkan sejumlah gas. Diantaranya gas CO₂, etilen, uap air dan energi panas. *Setpoint* pada sensor diatur dengan batas bawah 40ppm dan batas atas sensor 70ppm. Agar sensor dapat mendeteksi kadar gas secara akurat, dibutuhkan waktu untuk sensor mencapai kestabilan. Waktu yang dibutuhkan sensor sampai stabil rata-rata memerlukan 2-3 menit.

Pada grafik IV.1 *point 1* merupakan keadaan dimana kadar CO₂ berada pada batas atas yaitu 70 ppm, data tersebut dicapai pada pengambilan data ke 848. Sedangkan *point 2* adalah keadaan dimana kadar CO₂ berada pada batas bawah yaitu 40 ppm, data tersebut dicapai pada pengambilan data ke 884. Kadar CO₂ dari 40 ppm hingga mencapai 70 ppm memerlukan waktu sekitar 4 jam 49 menit 30 detik (sekitar - karena pengambilan data tiap 30 detik sekali). Pada posisi kadar CO₂ 70ppm *flap* terbuka dan *fan* menyala. *Flap* dan *fan* akan kembali mati saat kadar CO₂ di dalam *cool box* kembali berada dibatas bawah yaitu 40ppm. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar CO₂ hingga mencapai 40ppm adalah sekitar 17 menit 30 detik.

Grafik saat temperatur 11°C

Grafik IV.1 Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 11°C

Tabel IV. 5 Produksi CO₂ pada suhu 11°C terhadap waktu

No	Pengambilan data ke-	Lama waktu pengambilan (jam:menit:detik)	Kadar CO ₂ (ppm)
1	842	5:11:01	68.00
2	843	5:11:31	69.00
3	844	5:12:01	68.00
4	845	5:12:31	69.00
5	846	5:13:01	69.00
6	847	5:13:31	68.00
7	848	5:14:01	70.00
8	849	5:14:31	70.00
9	850	5:15:01	69.00
10	851	5:15:31	68.00
11	852	5:16:01	67.00
12	853	5:16:31	66.00
13	854	5:17:01	66.00
14	855	5:17:31	66.00
15	856	5:18:01	65.00
16	857	5:18:31	64.00
17	858	5:19:01	63.00
18	859	5:19:31	61.00
19	860	5:20:01	61.00
20	861	5:20:31	61.00
21	862	5:21:01	60.00
22	863	5:21:31	59.00
23	864	5:22:01	58.00
24	865	5:22:31	57.00
25	866	5:23:01	56.00
26	867	5:23:31	56.00

27	868	5:24:01	54.00
28	869	5:24:31	53.00
29	870	5:25:01	52.00
30	871	5:25:31	52.00
31	872	5:26:01	50.00
32	873	5:26:31	51.00
33	874	5:27:01	49.00
34	875	5:27:31	49.00
35	876	5:28:01	47.00
36	877	5:28:31	47.00
37	878	5:29:01	46.00
38	879	5:29:31	46.00
39	880	5:30:01	44.00
40	881	5:30:31	44.00
41	882	5:31:01	42.00
42	883	5:31:31	42.00
43	884	5:32:01	40.00
44	885	5:32:31	40.00
45	886	5:33:01	40.00
46	887	5:33:31	40.00
47	888	5:34:01	40.00
48	889	5:34:31	40.00
49	890	5:35:01	40.00
50	891	5:35:31	40.00
51	892	5:36:01	39.00
52	893	5:36:31	40.00
53	894	5:37:01	40.00
54	895	5:37:31	39.00
55	896	5:38:01	40.00

56	897	5:38:31	40.00
57	898	5:39:01	39.00
58	899	5:39:31	39.00
59	900	5:40:01	39.00
60	901	5:40:31	39.00
61	902	5:41:01	40.00
62	903	5:41:31	40.00
63	904	5:42:01	39.00
64	905	5:42:31	39.00
65	906	5:43:01	39.00
66	907	5:43:31	41.00
67	908	5:44:01	41.00
68	909	5:44:31	41.00
69	910	5:45:01	40.00
70	911	5:45:31	40.00
71	912	5:46:01	41.00
72	913	5:46:31	40.00
73	914	5:47:01	40.00
74	915	5:47:31	40.00
75	916	5:48:01	40.00
76	917	5:48:31	41.00
77	918	5:49:01	41.00
78	919	5:49:31	41.00
79	920	5:50:01	41.00
80	921	5:50:31	41.00
81	922	5:51:01	41.00
82	923	5:51:31	40.00
83	924	5:52:01	41.00
84	925	5:52:31	40.00

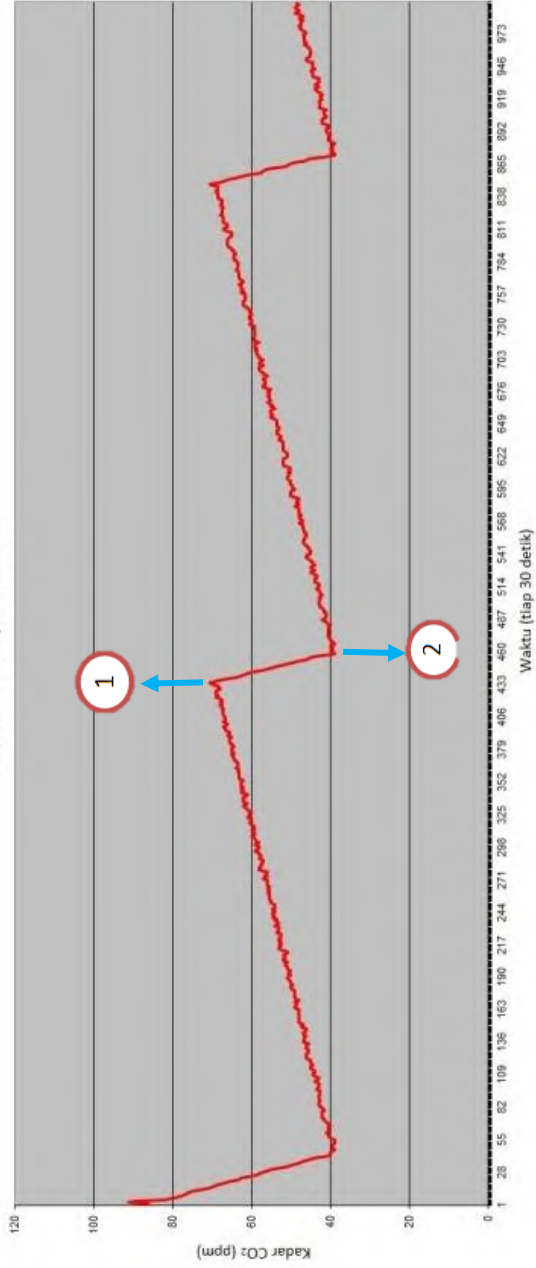
85	926	5:53:01	41.00
86	927	5:53:31	41.00
87	928	5:54:01	40.00
88	929	5:54:31	41.00
89	930	5:55:01	41.00
90	931	5:55:31	42.00

4.4.2 Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 20°C

Percobaan ke-dua dilakukan pada suhu penyimpanan 20°C. Deferasial pada *cold storage* diatur sebesar 20°C. Grafik produksi gas CO₂ pada suhu penyimpanan 20°C dapat dilihat pada grafik IV.2 pada halaman 55.

Sebelum digunakan untuk mendeteksi kadar CO₂, sensor dinyalakan terlebih dahulu sampai mencapai kestabilan. Pada penyimpanan 20°C, kadar CO₂ mencapai batas atas (*point 1*) pada pengambilan data ke 432, sedangkan kadar CO₂ mencapai batas bawah (*point 2*) yaitu pada pengambilan data ke 456. Perubahan dari batas bawah menuju batas atas (40ppm lalu naik hingga mencapai 70 ppm) memerlukan waktu sekitar 3 jam 10 menit 30 detik. Pada posisi kadar CO₂ 70ppm *flap* terbuka dan *fan* menyala. *Flap* dan *fan* akan kembali mati saat kadar CO₂ di dalam *cool box* kembali berada dibatas bawah yaitu 40ppm. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar CO₂ hingga mencapai 40ppm adalah sekitar 11 menit 30 detik. Terjadi kenaikan kadar CO₂ yang lebih cepat jika dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu 11°C.

Grafik saat temperatur 20°C



Grafik IV.2 Produksi CO₂ pada suhu 20°C

Tabel IV. 6 Produksi CO₂ pada suhu 20°C terhadap waktu

No	Pengambilan data ke-	Lama waktu pengambilan (jam:menit:detik)	Kadar CO2 (ppm)
1	419	3:29:01	67
2	420	3:29:31	69
3	421	3:30:01	69
4	422	3:30:31	68
5	423	3:31:01	69
6	424	3:31:31	69
7	425	3:32:02	69
8	426	3:32:31	69
9	427	3:33:01	68
10	428	3:33:31	68
11	429	3:34:01	68
12	430	3:34:31	69
13	431	3:35:01	68
14	432	3:35:31	71
15	433	3:36:01	70
16	434	3:36:31	69
17	435	3:37:01	68
18	436	3:37:31	67
19	437	3:38:01	64
20	438	3:38:31	64
21	439	3:39:01	62
22	440	3:39:31	61
23	441	3:40:01	61
24	442	3:40:31	59
25	443	3:41:01	58

26	444	3:41:31	56
27	445	3:42:01	56
28	446	3:42:31	54
29	447	3:43:01	52
30	448	3:43:31	52
31	449	3:44:01	50
32	450	3:44:31	49
33	451	3:45:01	49
34	452	3:45:31	46
35	453	3:46:01	46
36	454	3:46:31	44
37	455	3:47:01	44
38	456	3:47:31	40
39	457	3:48:01	39
40	458	3:48:31	39
41	459	3:49:01	40
42	460	3:49:31	40
43	461	3:50:01	39
44	462	3:50:31	40
45	463	3:51:01	40
46	464	3:51:31	40
47	465	3:52:01	39
48	466	3:52:31	39
49	467	3:53:01	40
50	468	3:53:31	40
51	469	3:54:01	40
52	470	3:54:31	40
53	471	3:55:01	41
54	472	3:55:31	40

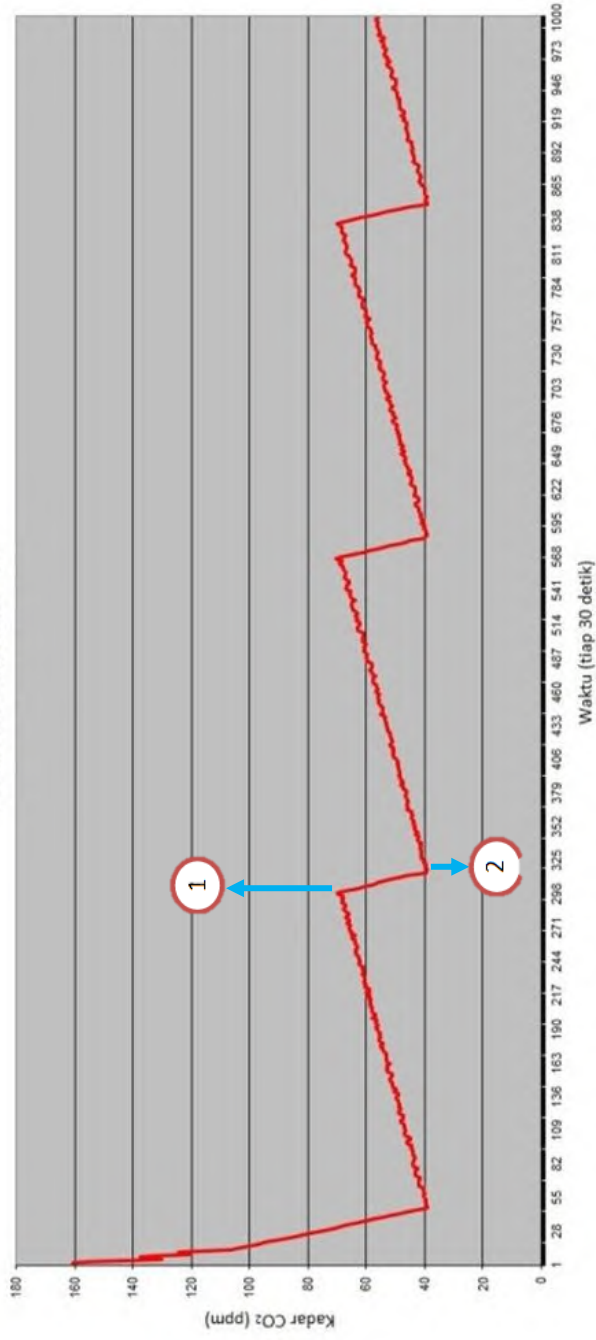
55	473	3:56:01	41
56	474	3:56:31	40
57	475	3:57:01	41
58	476	3:57:31	40
59	477	3:58:01	41
60	478	3:58:31	40
61	479	3:59:01	41
62	480	3:59:31	40
63	481	4:00:01	40
64	482	4:00:31	41
65	483	4:01:01	41
66	484	4:01:31	41
67	485	4:02:01	42

4.4.3 Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 30°C

Percobaan dengan suhu penyimpanan 30°C dilakukan diruang terbuka. Untuk komoditas buah pisang suhu penyimpanan 30°C tidak dianjurkan. Percobaan ini dilakukan hanya untuk membandingkan rata-rata produksi CO₂ pada buah pisang jika tidak dilakukan proses pendinginan. Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 30°C dapat dilihat pada grafik IV.3 halaman 59.

Berdasarkan grafik IV.3, kadar CO₂ mencapai batas maksimal pada data ke 298. Waktu yang diperlukan untuk naik dari batas bawah hingga batas atas adalah 2 jam 6 menit, sedangkan untuk turun dari batas atas hingga bawah adalah 11 menit 30 detik. Rentang waktu seluruh percobaan dilakukan selama 30.000 detik. Pada rentang waktu yang sama, penyimpanan dengan temperature 30°C paling cepat mengalami kenaikan kadar CO₂.

Grafik saat temperatur 30°C



Grafik IV.3 Produksi CO₂ pada suhu penyimpanan 30°C

Tabel IV. 7 Produksi CO₂ pada suhu 30°C terhadap waktu

No	Pengambilan data ke-	Lama waktu pengambilan (jam:menit:detik)	Kadar CO ₂ (ppm)
1	284	2:21:31	67
2	285	2:22:01	68
3	286	2:22:31	68
4	287	2:23:01	67
5	288	2:23:31	67
6	289	2:24:01	67
7	290	2:24:31	68
8	291	2:25:01	69
9	292	2:25:31	68
10	293	2:26:01	68
11	294	2:26:31	69
12	295	2:27:01	68
13	296	2:27:31	68
14	297	2:28:01	69
15	298	2:28:31	70
16	299	2:29:01	70
17	300	2:29:31	68
18	301	2:30:01	66
19	302	2:30:31	63
20	303	2:31:01	62
21	304	2:31:31	61
22	305	2:32:01	59
23	306	2:32:31	56
24	307	2:33:01	56
25	308	2:33:31	53

26	309	2:34:01	52
27	310	2:34:31	50
28	311	2:35:01	48
29	312	2:35:31	47
30	313	2:36:01	44
31	314	2:36:31	40
32	315	2:37:01	39
33	316	2:37:31	40
34	317	2:38:01	39
35	318	2:38:31	39
36	319	2:39:01	40
37	320	2:39:31	40
38	321	2:40:01	39
39	322	2:40:31	40
40	323	2:41:01	41
41	324	2:41:31	40
42	325	2:42:01	40
43	326	2:42:31	41
44	327	2:43:01	41
45	328	2:43:31	41
46	329	2:44:01	41
47	330	2:44:31	41
48	331	2:45:01	41
49	332	2:45:31	41
50	333	2:46:01	41
51	334	2:46:31	42
52	335	2:47:01	41
53	336	2:47:31	41
54	337	2:48:01	42

4.4.4 Pengaruh Pendinginan Terhadap Laju Respirasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, semakin cepat laju respirasi buah maka semakin cepat pula buah tersebut untuk matang. Dengan diterapkannya sistem kontrol atmosfer diharapkan dapat memperlambat laju respirasi. Sehingga buah tidak cepat matang dan masa simpan dapat lebih lama. Berdasarkan percobaan, maka laju respirasi dapat dihitung seperti berikut ini :

$$RCO_2 = \left[\frac{(GCO_2)_{t+1} - (GCO_2)_t}{\Delta t} \right] \frac{V_{fr}}{W} \dots\dots\dots(4.11)$$

dimana:

RCO_2 : *Respiration rate* (mg.CO₂/kg h)

GCO_2 : Kadar CO₂ (ppm)

V_{fr} : *Volume free space*(liter)

W : *Weight* (kg)

- Laju respirasi padapenyimpanan 11°C

$$RCO_2 = \left[\frac{70-40}{4,825} \right] \frac{49,5}{4}$$

$$RCO_2 = 76,93 \text{ mg.CO}_2/\text{kg h} = 6,2 \text{ ppm/h}$$

- Laju respirasi padapenyimpanan 20°C

$$RCO_2 = \left[\frac{70-40}{3,175} \right] \frac{49,5}{4}$$

$$RCO_2 = 116,92 \text{ mg.CO}_2/\text{kg h} = 9,5 \text{ ppm/h}$$

- Laju respirasi padapenyimpanan 30°C

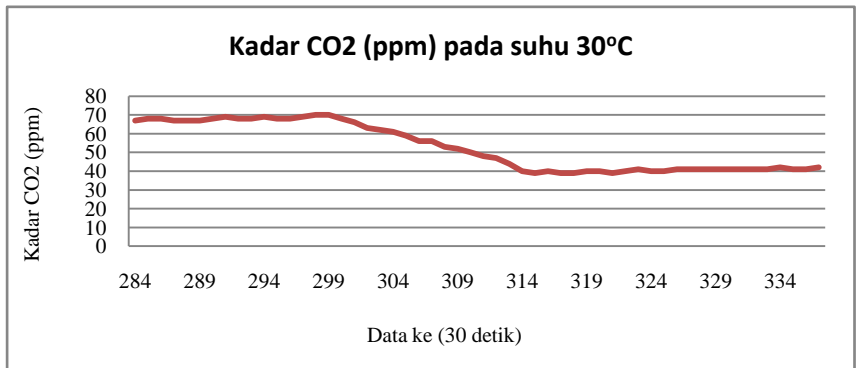
$$RCO_2 = \left[\frac{70-40}{2,1} \right] \frac{49,5}{4}$$

$$RCO_2 = 176,78 \text{ mg.CO}_2/\text{h} = 14,3 \text{ ppm/h}$$

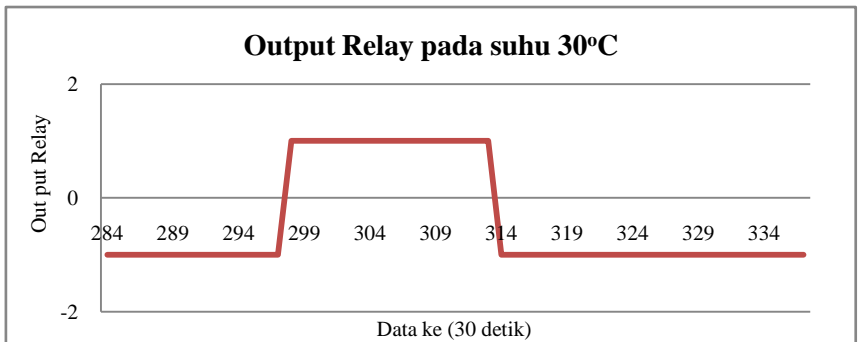
Berdasarkan perhitungan tersebut, pada penyimpanan 11°C laju respirasi paling rendah. Hal ini sesuai jika dengan adanya pendinginan dapat menurunkan laju respirasi.

4.4.5 Analisa respon sistem

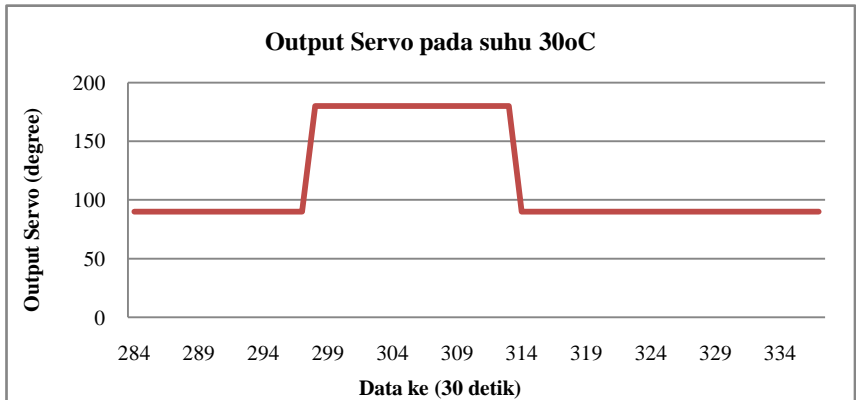
Analisa ini bertujuan untuk mengetahui sinkronisasi antara mikrokontroler dengan aktuator. Hal yang akan diperhatikan adalah pembacaan sensor DT-Sense dan juga aktivasi *fan* dan terbuka-tutupnya *flap*.



Grafik IV. 4 Kadar CO₂ berdasar waktu pengambilan data



Grafik IV. 5 Output relay (*normaly close/normaly open*)



Grafik IV. 6 Output servo (open/close)

Berdasar grafik IV.4 dapat diperhatikan bahwa kadar CO₂ mencapai batas atas pada data ke 299 dan mencapai batas bawah pada data ke 314. Kemudian dapat diperhatikan pada grafik IV.5 bahwa perubahan output *relay* juga sesuai dengan pencapaian kadar CO₂ pada batas-batas yang telah diinginkan pada grafik IV.4. Demikian pula pada grafik IV.6, nilai sudut servo juga berubah sesuai pencapaian kadar CO₂ pada batas-batas yang telah ditentukan.

Nilai *relay* 1 itu berarti *relay* dalam kondisi *normally close* (arus mengalir pada pin NC), sedangkan nilai -1 berarti *relay* dalam kondisi *normally open* (arus mengalir pada pin NO). Sudut pada tiap-tiap servo yang dibeli di pasaran berbeda-beda. Untuk servo yang digunakan kali ini, sudut untuk menutup *flap* adalah 90°, sedangkan untuk membuka *flap* sebesar 90° dimasukkan masukan impuls sebesar 180°. Sehingga, ketika kadar CO₂ telah mencapai 70, maka servo membuka *flap* dengan masukan *input impuls* sebesar 180° demikian dengan kondisi saat kadar CO₂ mencapai 40, maka servo akan menutup *flap* dengan masukan *input impuls* sebesar 90°.

Tabel IV. 8 Respon sensor terhadap kenaikan CO₂

Posisi Awal (ppm)	Set Poin (ppm)	Posisi Akhir (ppm)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Eror (%)
40	70	70	11	289.5	0
40	70	71	20	190.5	1.43
40	70	71	30	126	1.43

Tabel IV. 9 Respon sensor terhadap penurunan kadar CO₂

Posisi Awal (ppm)	Set Poin (ppm)	Posisi Akhir (ppm)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Eror (%)
70	40	39	11	17.5	2.5
70	40	39	20	11.5	2.5
70	40	39	30	7.5	2.5

Kadar CO₂ dari beberapa kondisi masih diluar *range* yang diinginkan. Adapun *error* yang terjadi sebesar 1 digit diluar *range*, atau 1.43% untuk batas atas 70ppm dan 2.5% untuk batas bawah 40ppm.

“Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1

Spesifikasi *Labjack T7-Pro*



Core Features :

Analog I/O

14 Analog Inputs (16-18+ Bits Depending on Speed)

Single-Ended Inputs (14) or Differential Inputs (7)

Instrumentation Amplifier Inputs

Software Programmable Gains of x1, x10, x100, and x1000

Analog Input Ranges of ± 10 , ± 1 , ± 0.1 , and ± 0.01 Volts

2 Analog Outputs (12-Bit, ~ 0 -5 Volts)

Digital I/O

23 Digital I/O

Supports SPI, I2C, and Asynchronous Serial Protocols (Master Only)

Supports Software or Hardware Timed Acquisition

Maximum Input Stream Rate of 100 kHz (Depending on Resolution)

Capable of Command/Response Times Less Than 1 Millisecond

Digital I/O Extended Features

Simple PWM Output (1-32 bit)

PWM Output w/ phase control

Pulse Output w/ phase control

Positive edge capture

Negative edge capture

PWM measure

Edge capture & compare

High speed counter (TBD ~ 40 MHz)

Software counter (TBD ~ 200 kHz)

Other highlights

Built-In CJC Temperature Sensor

Watchdog system

Field Upgradable Firmware

Programmable Startup Defaults

LJTick Compatible

Fixed Current Outputs

200 μ A

10 μ A

LAMPIRAN 2

Spesifikasi Sensor CO2

- Sumber catu daya menggunakan tegangan 5 Volt.
- Kompatibel dengan sensor gas MQ-3, MQ-4, MQ-6, MQ-7, MQ-135, dan MG-811.
- Menggunakan ADC dengan resolusi 10 bit.
- Tersedia 1 jalur output kendali ON/OFF.
- Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
- Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
- Jika menggunakan I2C, DT-SENSE GAS SENSOR dapat di-cascade hingga 8 modul.

SISTEM YANG DIANJURKAN

Sistem yang dianjurkan untuk penggunaan DT-SENSE GAS SENSOR adalah:

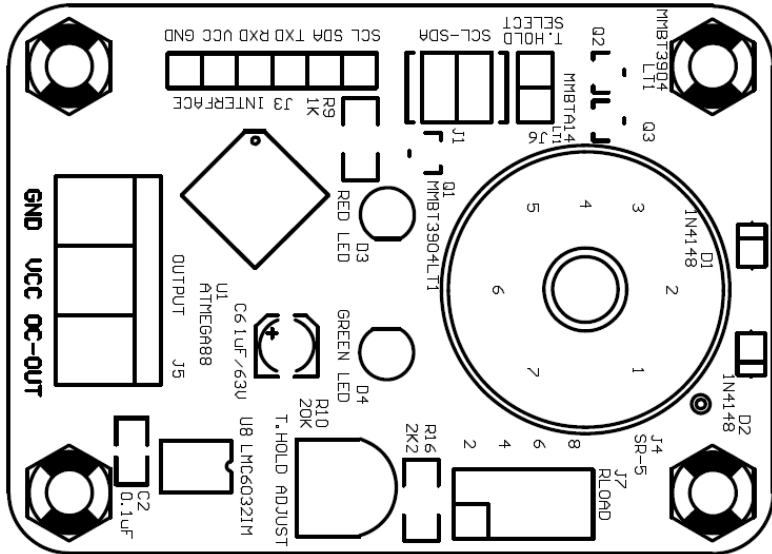
Perangkat keras :

- PC™ AT™ Pentium® IBM™ Compatible.
- DT-51 Minimum System, DT-51 Low Cost Series, atau DT-AVR Low Cost Series.
- DVD-ROM Drive dan Hard disk.

Perangkat lunak :

- Sistem operasi Windows® XP.
- BASCOM-8051©, BASCOM-AVR©, atau CodeVisionAVR©.
- File-file yang ada pada pada CD/DVD program:
DATASHEET, CONTOH_I2C.C, CONTOH_I2C.HEX,
CONTOH_UART.C, CONTOH_UART.HEX, dan MANUAL
DT-SENSE GAS SENSOR.3

TATA LETAK KOMPONEN



ANTARMUKA UART TTL

Parameter komunikasi UART TTL adalah sebagai berikut:

- 38400 bps · Tanpa bit *parity*
- 8 bit data · Tanpa *flow control*
- 1 bit stop

Semua perintah yang dikirim melalui antarmuka UART TTL dimulai dengan. Mengirim 1 byte data yang berisi <nomor perintah> dan (jika diperlukan) nbyte data parameter perintah.

Jika perintah yang telah dikirimkan merupakan perintah yang meminta data dari modul DT-SENSE GAS SENSOR, maka DT-SENSE GAS SENSOR akan mengirimkan data melalui jalur TX TTL. Perintah dan parameternya yang bisa digunakan dapat dilihat pada **bagian**

ANTARMUKA I₂C

Modul DT-SENSE GAS SENSOR memiliki antarmuka I₂C. Pada antarmuka I₂C ini, modul DT-SENSE GAS SENSOR bertindak sebagai *slave* dengan alamat sesuai dengan telah ditentukan

sebelumnya. Alamat *default* DT-SENSE adalah **0xE0** dan dapat diganti menggunakan perintah yang dijelaskan pada **bagian 4.3.13** menggunakan jalur komunikasi UART. Antarmuka I2C pada modul DTSENSE GAS SENSOR mendukung *bit rate* sampai dengan maksimum 100 kHz. Semua perintah yang dikirim melalui antarmuka I2C diawali dengan *start condition* dan kemudian diikuti dengan pengiriman 1 byte alamat modul DT SENSE GAS SENSOR. Setelah pengiriman alamat, selanjutnya *master* harus mengirim 1 byte data yang berisi **<nomor perintah>** dan (jika diperlukan) nbyte data parameter perintah. Selanjutnya, setelah seluruh parameter perintah telah dikirim, urutan perintah diakhiri dengan *stop condition*. Berikut urutan yang harus dilakukan untuk mengirimkan perintah melalui antarmuka I2C. Jika perintah yang telah dikirimkan merupakan perintah yang meminta data dari modul DT-SENSE GAS SENSOR, maka data-data tersebut dapat dibaca dengan menggunakan urutan perintah baca. Berikut urutan yang harus dilakukan untuk membaca data dari DT-SENSE GAS SENSOR: Sebuah data/parameter yang memiliki *range* lebih besar dari 255 desimal (lebih besar dari 1 byte) dikirim secara dua tahap. Satu byte data MSB dikirim lebih dahulu kemudian diikuti dengan data LSB. Misalnya parameter <dataSensor> yang memiliki *range* 0 – 1023. Jika <dataSensor> bernilai 1000 maka byte MSB yang dikirim adalah 3 dan byte LSB yang dikirim adalah 232 ($(3 \times 256) + 232 = 1000$).

LAMPIRAN 3

Program pada Arduino Mega

```
if (2 <= Wire.available()) {
    kadarCO2 = Wire.read();kadarCO2 = kadarCO2<< 8;
    kadarCO2 |= Wire.read();
    detik1+=1;

    if(detik == 60){detik=0; menit+=1;}
    if(menit == 60){menit=0; jam+=1;}
    if(jam>24){jam=0;}

    lcd.clear();lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Kadar CO2 =
    ");lcd.print(round(kadarCO2));
    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Waktu = ");
    lcd.print(jam);lcd.print(":");lcd.print(menit);lcd.print(":");
    lcd.print(detik);

    if((detik+1)%a==0){ Serial.print("DATA, TIME,
    ");Serial.println(round(kadarCO2));}

    if (kadarCO2<=40){
        flap.write(nutup); digitalWrite(relayPin,LOW);
    }
    if (kadarCO2>=70 ){
        flap.write(mbukak); digitalWrite(relayPin,HIGH);
    }
}
else{
    lcd.clear();lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Sensor tidak ada");
    flap.write(nutup);digitalWrite(relayPin,LOW);digitalWrite(spe
    akerPin,HIGH);
}
```

LAMPIRAN 4

Spesifikasi Anemometer YK-2005AH

FEATURES

- * Combination of hot wire and standard thermostat, deliver rapid and precise measurements even at low air velocity value.
- * Slim probe, ideal for grilles & diffusers.
- * Air velocity : m/S, Ft/min, Km/h, Knot, Mile/h.
- * Air flow : CMH (m³/min.) and CFM (ft³/min.)
- * Air temperature (°C, °F)
- * Type K/ Type J thermocouple thermometer.
- * Real time data logger, build in clock (hour-min-sec., year-month-date).
- * Auto or manual data record, 16,000 Data logger no.
- * Wide sampling time adjustment range from two seconds to 8 hours 59 minutes 59 seconds.
- * Zero adjustment.
- * Can default auto power off or manual power off.
- * Can default the air velocity, air flow, Temp. unit.
- * Air flow measurement can set the area dimension.
- * Large LCD with multiple display.
- * Data hold, record max. and min. reading.
- * Microcomputer circuit provides special function & offer high accuracy.
- * Air Temp. used thermostat sensor, fast response time.
- * Power by UM3 (1.5 V) x 4 batteries or DC 9V adapter.
- * RS232 computer interface.
- * Separate probe, easy for remote measurement.
- * Applications : Environmental testing, Air conveyors, Flow hoods, Clean rooms, Air velocity, Air balancing, Fans/motors/blowers, Furnace velocity, Refrigerated case, Paint spray booths.

Data Output	RS 232 PC serial interface.
Operating Temperature	0 to 50 °C.
Operating Humidity	Less than 80% R.H.
Power Supply * main instrument	DC 1.5 V battery (UM3) x 4 PCs, (Heavy duty type). DC 9V adapter input. (@ AC/DC power adapter is optional.
Power Supply * robot module	DC 3V silver battery. Type : CR2032.
Power Current	Approx. DC 21.5 mA (@ Main instrument. Approx. DC 70 mA (@ Air wire probe.
Weight	515 g/ 1.13 LB. @ Battery is included.
Dimension	Main instrument : 203 x 75 x 38 mm Telescope Probe : Round, 12 mm Dia x 280 mm (min. length). Round, 12 mm Dia x 940 mm (max. length).
Accessories Included	Instruction manual..... 1 PC Telescope Probe..... 1 PC DC 3V silver battery, CR2032..... 1 PC Carrying case..... 1 PC
Optional Accessories	Type K thermocouple probe. AC to DC 9V adapter. RS232 cable, UPCB-02. Data Acquisition software, SW-U801-WIN. Data Logger software, SW-DL2005.

GENERAL SPECIFICATIONS

Circuit	Custom one-chip of microprocessor LSI circuit.
Display	LCD size : 58 mm x 34 mm.
Measurement Unit	Air velocity: m/S (meters per second) Km/h (kilometers per hour) Ft/min (feet per minute) Knot (nautical miles per hour) Mile/h (miles per hour) Air flow: CMH (m ³ /min., cube meter per min.) CFM (m ³ /min., cube feet per min.) Air temperature: °C, °F Type K/ Type J thermometer. °C, °F
Sampling Time of Data Logger	Manual : Push the data logger button once will save data one time. @ Set the sampling time to 0 second Auto : 2 sec to 8 hour 59 min. 59 sec.
Sensor Structure	Air velocity & Air flow : Thin glass bead thermostat. Air temperature : Thermistor. Type K/ Type J thermometer. Thermocouple
Temperature Compensation	Automatic temp. compensation for the Type K/J thermometer.
Data Hold	Freeze the display reading.
Memory Recall	Maximum & Minimum value.
Sampling Time of display	Approx. 1 second.
Power off	Auto shut off saves battery life or manual off by push button.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS (23 ± 5 °C)

Air velocity			
Measurement	Range	Resolution	Accuracy
m/S	0.2 to 20.0 m/s	0.1 m/S	± (5% + a)
Km/h	0.7-72.0 km/h	0.1 Km/h	reading or
Mile/h	0.5-44.7 mph	0.1 Mile/h	reading
Knot	0.4-38.8 knot	0.1 Knot	± (1% + a)
Ft/min	40-3940 ft/min	1 Ft/min	full scale
@ a = 0.1 m/s, 0.1 km/h, 0.1 mile/h, 0.1 knot, 10 Ft/min			
Note: m/s - meters per second km/h - kilometers per hour ft/min - feet per minute knot - nautical mile per hour mile/h - mile per hour (International knot)			
Air flow			
Measurement	Range	Resolution	Area
CMH (m ³ /min.)	0 to 99.99 m ³ /min.	0.001 m ³	0.001-99.99 m ² /min.
CFM (ft ³ /min.)	0 to 1271.36 ft ³ /min.	0.01 CFM	0.01-1271.36 ft ² /min.
Air temperature			
Measuring Range 0 °C to 50 °C / 32 °F to 120 °F			
Resolution 0.1 °C / 0.1 °F			
Accuracy ± 0.3 °C / 1.5 °F			
Type K/J thermometer			
Sensor Type	Resolution	Range	Accuracy
Type K	0.1 °C	-50.0 to 1300.0 °C	± (0.2 % + 0.5 °C)
		-50.0 to -100.0 °C	± (0.2 % + 1 °C)
	0.1 °F	-50.0 to 2372.0 °F	± (0.2 % + 1 °F)
		-50.0 to -140.0 °F	± (0.2 % + 1.8 °F)
Type J	0.1 °C	-100.0 to 1100.0 °C	± (0.2 % + 0.5 °C)
		-50.0 to -100.0 °C	± (0.2 % + 1 °C)
	0.1 °F	-50.0 to 2012.0 °F	± (0.2 % + 1 °F)
		-50.0 to -140.0 °F	± (0.2 % + 1.8 °F)

* Appearance and specifications listed in this brochure are subject to change without notice.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Rancangan sistem kontrol atmosfer terdiri dari *cool box*, mikrokontroler, sensor CO₂ DT-Sense, *flap* yang terpasang dengan *servo*, *fan* yang dihubungkan dengan *relay*. Adapun spesifikasi komponen sebagai berikut:
 - *Cool Box* : Ukuran 50x42x30 cm
 - Mikrokontroler : Arduino Mega
 - Sensor CO₂ : Tegangan kerja 5 VDC, range deteksi s.d 10000 ppm, Menggunakan ADC 10-bit untuk konversi data analog dari sensor, dan UART TTL 12 C.
 - *Flap* : ukuran 15x13cm, *acrylic*
 - Servo : Tegangan 5 Volt, rotasi 180°
 - Fan : Ukuran 10x10 cm, tegangan kerja 12 volt, kuat arus 2 ampere, maksimal flowrate 5,4 cmm.
 - Relay : Tegangan kerja 5 volt
2. Respon sistem bekerja dengan baik. Servo dan *Relay* merespon langsung seketika, sehingga kadar CO₂ dapat dikontrol sesuai dengan yang diinginkan. Adapun *error* yang masih terjadi yaitu sebesar 1.4-2.5%.
3. Sistem bekerja untuk menjaga kadar CO₂ antara *range* 40-70 ppm. Apabila kadar CO₂ ≥ 70 , maka servo akan membuka *flap* dan *relay* akan mengalirkan arus ke *fan* sehingga *fan* menyala. Apabila kadar CO₂ ≤ 40 maka servo akan menutup *flap* dan *relay* memutus arus ke *fan* sehingga *fan* mati.
4. Berdasarkan percobaan dapat diketahui jika adanya pendinginan dapat memperlambat produksi CO₂.

5.2 SARAN

Demi terlaksananya penelitian yang lebih baik dimasa yang akan datang, berikut ini saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan.

1. Perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap komponen sistem, seperti kualitas sensor CO₂ yang lebih baik.
2. Pada produk hortikultura, respirasi juga menghasilkan gas etilen. Sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai kontrol atmosfer yang mempertimbangkan kadar etilen pada saat penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Augusto, V. (2015). Analisa pemodelan fresh air exchange sebagai sistem ventilasi pada reefer container untuk mengurangi kadar CO₂ dan gas etilen. *Jurnal Teknik ITS Vol.4* , 1-7.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2013). Produksi Pisang di Beberapa Provinsi. Jakarta: BPS.
- Bhande, S., Ravindra, M., & Goswani, T. (2007). Respiration Rate of Banana Under Aerobic Conditions at Different Storage Temperatures. *ScienceDirect* , 1-8.
- CMA CGM Group. (2016). *Fresh Air Ventilation*. Copyright.
- Gamayanti, N. (2007). *Kuliah DSP*. Surabaya: ITS.
- Hamburg SUD. (2010). Stay Cool We Care. Hamburg: Hamburg SUD Cooperation.
- IJ Container. (2006). *Technical Specification For Refrigerated Container*. Copenhagen: IJ Container.
- Kasutjaningati, d. (2013). Mikropopagasi Pisang Mas Kirana Memanfaatkan BAP dan NAA Secara Invitro . *Jurnal Teknik* .
- Kitinoja, L. (2002). *Postharvest Horticulture*. Davis: University of Calivornia.
- Kurniawan, A. (2014). Sistem Pengendalian. In *Materi Kuliah Sistem Pengendalian* (p. 6). Surabaya: ITS.
- Pessen, D. W. (2008). *Industrial Automation Circuit Design and Componenets*.

- Prahardini, Yuniarti, & Krisnawati, A. (2010). *Karakterisasi Varietas Unggul Pisang Mas Kirana dan Agung Semeru di Kabupaten Lumajang*. Malang: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.
- Saeri. (2012). Kajian Potensi dan Identifikasi Kebutuhan Bibit Pisang Mas Kirana di Jawa Timur. *Jurnal Teknik* .
- Santoso. (2006). *Teknologi Pengawetan Bahan Segar*. Malang: Faperta UWIGA .
- Utama, I. M. (2011). *Peranan teknologi pascapanen untuk fresh produce retailing*. Bali: Universitas Udayana.
- zona elektro*. (2014, Desember 14). Retrieved Juli 18, 2016, from Pulsa Kendali Motor Servo: <http://zoniaelektro.net/motor-servo/pulsa-kendali-motor-servo/>

BIODATA PENULIS



Penulis, Azizah Maulani dilahirkan di kota Lumajang pada tanggal 29 Agustus 1993. Penulis adalah anak pertama dari 2 bersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari MI NURUL ISLAM 1 Karanganom , kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Senduro. Setelah itu penulis melanjutkan ke SMA Negeri 1 Lumajang. Setelah lulus tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur masuk SNMPTN Undangan pada tahun 2012. Penulis mengambil bidang studi di Lab. *Marine Machinery And System* (MMS). Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard dan PT Antakesuma Inti Raharja Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan akademis maupun non-akademis. Dalam kegiatan akademis, penulis aktif menjadi pengurus Laboratorium Mesin Fluida. Pada bidang non-akademis penulis aktif di HIMASISKAL sebagai Sekretaris departemen Entrepreneurship pada periode kepengurusan 2013/2014, sekretaris *dragon boat race* pada *Marine Icon* 2013, dan menjadi komisi disiplin LKMM Pra-TD 2013. Selain itu, penulis juga aktif di LDJ Al-Miraj dan Al-Bahri.

*Life must go on, never give up!!! cause Allah always in your side

azizahleny@gmail.com

085707282593