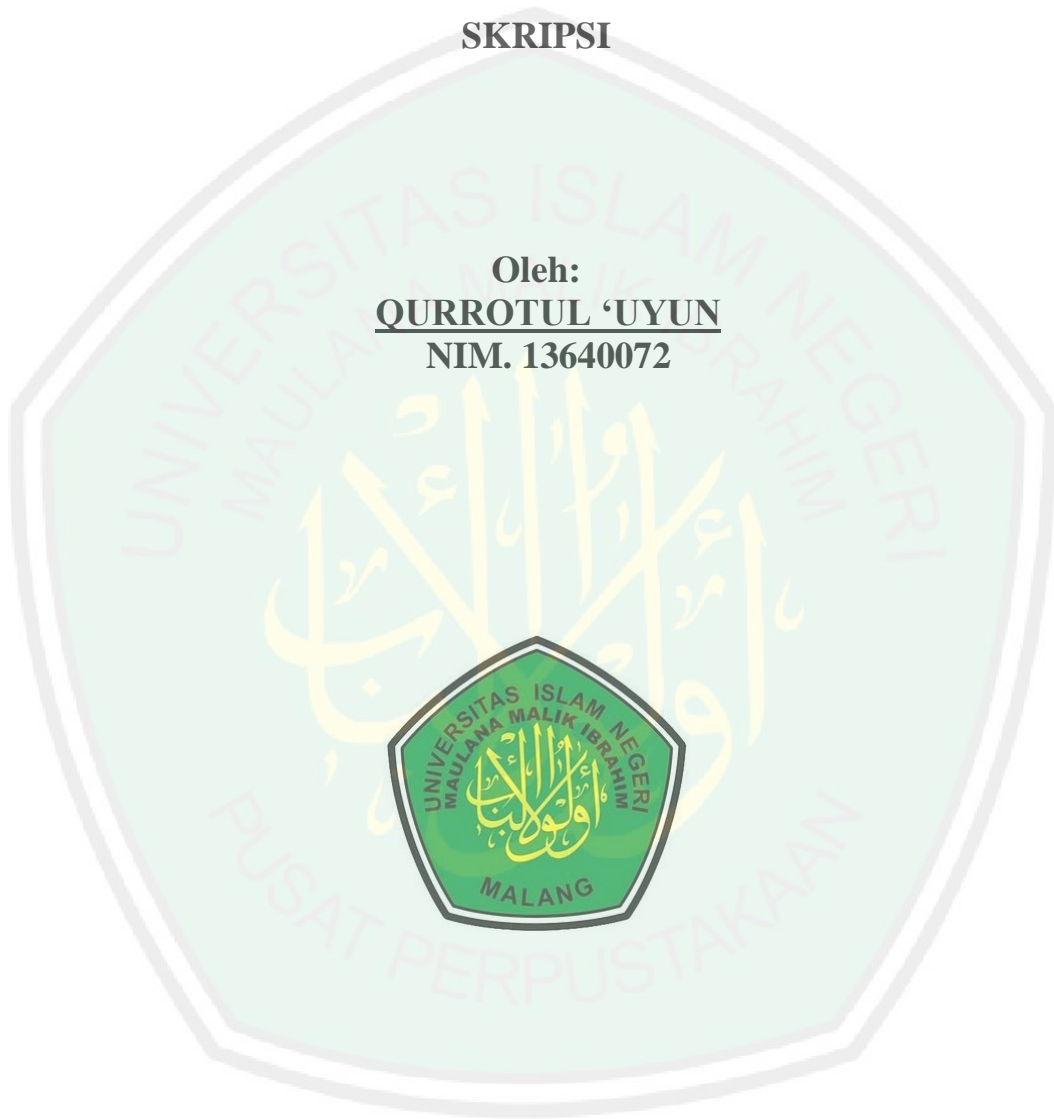


**ANALISIS LAMA PENYIMPANAN YOGHURT MENGGUNAKAN
BOX SEKAM PADI SEBAGAI SARANA MENJAGA BAKU MUTU
YOGHURT BERDASARKAN SUHU, PERTUMBUHAN BAKTERI
DAN pH PADA YOGHURT**

SKRIPSI

Oleh:
QURROTUL 'UYUN
NIM. 13640072



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**ANALISIS LAMA PENYIMPANAN YOGHURT MENGGUNAKAN
BOX SEKAM PADI SEBAGAI SARANA MENJAGA BAKU MUTU
YOGHURT BERDASARKAN SUHU, PERTUMBUHAN BAKTERI
DAN pH PADA YOGHURT**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**QURROTUL 'UYUN
NIM. 13640072**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS LAMA PENYIMPANAN YOGHURT MENGGUNAKAN
BOX SEKAM PADI SEBAGAI SARANA MENJAGA BAKU MUTU
YOGHURT BERDASARKAN SUHU, PERTUMBUHAN BAKTERI
DAN pH PADA YOGHURT**

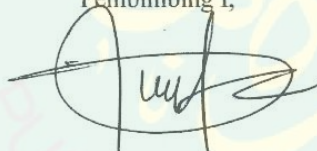
SKRIPSI

Oleh:

Qurrotul 'Uyun
NIM. 13640072

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
pada tanggal 2018

Pembimbing I,



Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II,



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

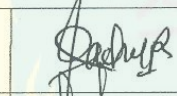

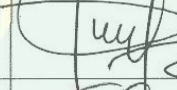

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS LAMA PENYIMPANAN YOGHURT MENGGUNAKAN
BOX SEKAM PADI SEBAGAI SARANA MENJAGA BAKU MUTU
YOGHURT BERDASARKAN SUHU, PERTUMBUHAN BAKTERI
DAN pH PADA YOGHURT

SKRIPSI

Oleh:
Qurrotul 'Uyun
NIM. 13640072

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
pada tanggal 30 Mei 2018

Penguji Utama	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Ketua Penguji	<u>Khusnul Yakin, M.Si</u> NIDT. 19910103 20160801 1 073	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Qurrotul 'Uyun
NIM : 13640072
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Lama Penyimpanan Yoghurt Menggunakan Box Sekam Padi sebagai Sarana Menjaga Baku Mutu Yoghurt Berdasarkan Suhu, Pertumbuhan Bakteri dan pH pada Yoghurt.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, 30 Mei 2018
Yang membuat pernyataan,


Qurrotul 'Uyun
NIM. 13640072

MOTTO

“Yakinlah... Apa yang sedang dijalani dan apa yang sudah dipilih adalah apa-apa yang telah diridhoi-NYA. Jangan pernah menyesal. Tetapi, menyesallah ketika tidak punya pilihan”.

(Tanwirul Qulub Fi Mu'amalati 'Alamul Ghuyub- hal 15)

Barakah dengan Bismillaah...



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah wa syukurillaah yang tiada tara penulis ucapkan kehadiran Alah SWT yang telah memberikan nikmat iman, islam, ihsan dan kesehatan serta petunjuk kebenaran yakni Addiinul Islam. Serta shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabiullah Muhammad Saw yang diharapkan syafaatnya pada hari kiamat kelak.

Karya ilmiah skripsi dan gelar S.Si ini penulis sembahkan untuk kedua orang tua tercinta (Almh) Ibuk Umi Afifah dan Abah Yasin. Terimakasih atas kasih sayang yang tak terhingga, jerih payah serta do'a - do'a ibuk dan abah. Kakak adik tersayang Asmaul Hadi dan Sulistyowati, Kuni Ummatin Hasanah dan Wawan Susanto, Ruhana Maskurun, Muhammad Nasih Rifqi Akbara dan Muhammad Wildan Mubarak, untuk keponakan Aisyah Binta Khoirun Amala, Nafisa Syuhda Ramadhania dan Athayya Zidna Maharani terimakasih atas semangat, do'a dan canda tawamu. Serta keluarga Besar Mansur-Syarofah terimakasih support dan do'anya.

Tidak lupa seluruh guru-guru mulai RA, MI dan TPQ Al-Hidayah, Mts Al-Ikhlash Blabak, MAN Kediri II Kota Kediri serta Bapak/Ibu dosen jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, terimakasih atas ilmu, kesabaran dan keridhoannya. "Tanpamu apa jadinya aku..".

Kepada pengasuh Pondok Pesantren Darul 'Ulum (PPDU) Al-Fadholi (Alm) KH. Muhammad Rofi' Mahmud dan Nyai Hj. Siti Nurul Aminah beserta keluarga yang senantiasa membimbing dan memberi banyak pelajaran berharga bagi penulis yang selalu mengharap keberakahannya. Gus Muhammad Arsyad

Fadhli Zamzami terimakasih kebersamaanya. Ustadz/Ustadzah Pesantren terimakasih ilmu dan kesabarannya yang senantiasa penulis harap keberkahannya. Serta keluarga pengurus PPDU Al-Fadhli masa khidmah 2015/2016 dan 2016/2017 terimakasih atas kebersamaan yang luarbiasa dalam menghadapi masalah-masalah yang ada.

Terimakasih Keluarga besar Fisika 2013 dan Biofisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang atas kenangan kebersamaan dalam menuntut ilmu. Teruntuk teman rasa saudara Ira Diana Pratama Wati yang selalu ada untuk penulis terimakasih nasehat, bantuan dan supportnya. Untuk teman istimewa Faza Nuzulun Ni'matul 'Ula dan Siti Maftuhah terimakasih support dan canda tawa kalian.

Kelurga besar Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang baik dosen, staf dan relawan posdaya Masjid terimakasih kebersamaan, kerjasama, pengalaman bermasyarakat dan pengabdianya. Rekan-rekan Organisasi Azzam Islamic Research (AIR), Komunitas Muda Nuklir Nasional (KOMMUN) wilayah Malang, Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Fisika terimakasih atas pengalaman organisasinya.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat, hidayah serta keberkahan disetiap langkah pelajaran dan perjuangan kita semua selama ini.

Aamiin Yaa Rabbal 'Aalamiin....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat, hidayah serta inayah-Nya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran. Sholawat serta salam yang senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang yakni agama islam. Penulis menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Lama Penyimpanan Yoghurt Menggunakan Box Sekam Padi sebagai Sarana Menjaga Baku Mutu Yoghurt Berdasarkan Suhu, Pertumbuhan Bakteri dan pH pada Yoghurt**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata 1 Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Mukhammad Tirono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, pengarahan, saran dan motivasi dalam penulisan skripsi.

5. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Integrasi yang telah memberikan bimbingan integrasi dan motivasi dalam penulisan skripsi.
6. Ahmad Abtokhi, M.Pd dan Khusnul Yakin, M.Si selaku penguji sidang skripsi yang telah menyempurnakan karya ilmiah ini.
7. Seluruh dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berkenan berbagi ilmu dan membimbing penulis.
8. Staf administrasi yang membantu penyelesaian kepenulisan skripsi.
9. Seluruh staf laboran khususnya Bu Nurun Nayiroh, M.Si selaku laboran Riset Fisika yang telah membimbing dan membantu dalam penelitian.
10. Kedua orang tua tercinta (Almh) Ibuk Umi Afifah dan Abah Yasin, kakak adik, dan keluarga Mansur-Syarofah yang selalu memberikan semangat, do'a dan kasih sayang kepada penulis.
11. Pengasuh serta ustadz/ustadzah Pondok Pesantren Darul Ulum Al Fadholi Malang yang telah mendidik saya selama di pesantren serta teman-teman pengurus dan santri PPDU Al Fadholi Malang yang selalu memberikan support dan kekuatan kepada penulis.
12. Bapak/Ibu Guru RA, MI, TPQ Al-Hidayah, MTs Al-Ikhlash Blabak, MAN Kediri II Kota Kediri yang telah mendidik saya di jenjang sebelumnya.
13. Seluruh rekan Fisika 2013 dan keluarga Biofisika yang penulis banggakan.
14. Keluarga LP2M, AIR, KOMMUN, HMJ Fisika yang telah memberi pengalaman organisasi dan bermasyarakat.
15. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis ucapkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasa. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran demi tersusunnya karya ilmiah skripsi ini dengan benar.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi pembaca.

Malang, 30 Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
المخلص	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJAIAN PUSTAKA	8
2.1 Kandungan Sekam Padi	8
2.2 Hantaran Kalor (<i>Heat Conduction</i>)	12
2.2.1 Konduksi	14
2.2.2 Konveksi	16
2.2.3 Radiasi	18
2.3 Asas Black	20
2.4 Yoghurt	21
2.5 Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	25
2.6 Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Suhu	27
2.7 Pengaruh Suhu dengan Pertumbuhan Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> ...	27
2.8 Pengaruh Jumlah Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> terhadap pH	30
BAB III METODOLOGI	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Jenis dan Kerangka Penelitian	31
3.2.1 Jenis Penelitian	31
3.2.2 Kerangka Penelitian	32
3.3 Alat dan Bahan	33
3.3.1 Alat	33
3.3.2 Bahan	33
3.4 Penentuan Bahan dan Rancangan Penelitian	33
3.5 Pengambilan Data	35
3.5.1 Pembuatan Sampel Kontrol	35
3.5.2 Pembuatan Sampel Uji dengan Box Sekam Padi	36

3.5.3 Pembuatan Sampel Uji Penyimpanan pada Box Steroform	39
3.5.4 Uji Suhu	40
3.5.5 Uji Jumlah Koloni Bakteri	40
3.5.6 Uji pH.....	42
3.5.6 Densitas Sekam Padi Media Pengisi Box	43
3.6 Analisis Data	43
3.7 Variabel Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Penelitian	45
4.1.1 Prosedur Penelitian	45
4.1.2 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap Suhu Yoghurt.....	46
4.1.3 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada Yoghurt.....	51
4.1.4 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap pH pada Yoghurt.....	56
4.2 Pembahasan.....	62
4.2.1 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap Suhu Yoghurt.....	62
4.2.2 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada Yoghurt.....	66
4.2.3 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap pH pada Yoghurt.....	68
4.3 Integrasi Al-Quran	70
BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pertukaran Kalor, Usaha dan Perubahan Energi Internal Sistem....	13
Gambar 2.2 Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	23
Gambar 2.2 Kurva Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Bakteri.....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.2 Rancangan Box Lapis Sekam Padi Tampak Atas	35
Gambar 3.3 Rancangan Box Lapis Sekam Padi Tampak Depan	35
Gambar 4.1 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan <i>box steroform</i> terhadap suhu yoghurt.....	47
Gambar 4.2 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap suhu yoghurt.....	49
Gambar 4.3 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box steroform dan box lapis sekam padi ($\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$) terhadap kenaikan suhu pada yoghurt.....	50
Gambar 4.4 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada yoghurt.....	53
Gambar 4.5 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi ($\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$) terhadap jumlah koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	55
Gambar 4.6 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan <i>box steroform</i> terhadap pH yoghurt	58
Gambar 4.7 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap pH yoghurt	59
Gambar 4.8 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box steroform dan box lapis sekam padi ($\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$) terhadap pH pada yoghurt	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi kimia sekam padi	9
Tabel 2.2	Nilai konduktivitas termal beberapa bahan.....	16
Tabel 3.1	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yogurt pada penyimpanan suhu ruang.....	36
Tabel 3.2	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pertumbuhan koloni bakteri yogurt pada penyimpanan suhu ruang.....	36
Tabel 3.3	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pH yogurt dan pH ruang pada penyimpanan suhu ruang	36
Tabel 3.4	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yogurt pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi	37
Tabel 3.5	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pertumbuhan koloni bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> yogurt pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi.....	38
Tabel 3.6	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pH yogurt dan pH ruang pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi.....	38
Tabel 3.7	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yogurt pada penyimpanan menggunakan <i>box</i> steroform.....	39
Tabel 3.8	Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pH yoghurt dan pH ruangan pada penyimpanan menggunakan box steroform	39
Tabel 3.9	Data densitas sekam padi media pengisi box	43
Tabel 4.1	Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box lapis sekam padi terhadap Besar Suhu pada Yoghurt	46
Tabel 4.2	Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box Lapis Sekam Padi terhadap Jumlah Rata-Rata Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> pada Yoghurt	51
Tabel 4.3	Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Pelapis Sekam Padi terhadap Besar pH pada Yoghurt	56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pengaruh Penyimpanan terhadap Suhu Yoghurt
- Lampiran 2 Data Pengaruh Penyimpanan terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Yoghurt
- Lampiran 3 Data Pengaruh Penyimpanan terhadap pH pada Yoghurt
- Lampiran 4 Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap suhu yoghurt
- Lampiran 5 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,09$ gram/cm³ terhadap suhu yoghurt
- Lampiran 6 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,11$ gram/cm³ terhadap suhu yoghurt
- Lampiran 7 Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt
- Lampiran 8 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09$ gram/cm³ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt
- Lampiran 9 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,11$ gram/cm³ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt
- Lampiran 10 Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap pH yoghurt
- Lampiran 11 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,09$ gram/cm³ terhadap pH yoghurt
- Lampiran 12 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,11$ gram/cm³ terhadap pH yoghurt
- Lampiran 13 Alat dan Bahan Penelitian
- Lampiran 14 Proses Pengambilan Data

ABSTRAK

Uyun, Qurrotul. 2018. **Analisis Lama Penyimpanan Yoghurt Menggunakan Box Sekam Padi Sebagai Sarana Menjaga Baku Mutu Yoghurt Berdasarkan Suhu, Pertumbuhan Bakteri dan pH Pada Yoghurt.** Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Erna Hastuti, M.Si.

Kata Kunci: Box sekam padi, Yoghurt, Suhu, Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, pH.

Yoghurt merupakan olahan susu melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri asam laktat *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Yoghurt memiliki manfaat sebagai prebiotik tubuh sehingga banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Distributor harus memenuhi kebutuhan konsumen dan menjaga kualitas yogurt melalui teknik penyimpanan dan sanitasi yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lama penyimpanan yoghurt menggunakan box styrofoam dan box sekam padi berdasarkan suhu, pertumbuhan bakteri dan pH pada yoghurt. Metode penelitian yang dilakukan adalah menyiapkan yoghurt plain dengan kultur bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang telah dibekukan selama 3x24 jam kemudian yoghurt disimpan pada box styrofoam dan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ selama 0-10 jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa box penyimpanan yang efisien adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Didapatkan hasil berturut-turut yaitu suhu yoghurt mengalami kenaikan dari $-2,5$ menjadi $-1,5$ °C, pertumbuhan koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* menghasilkan nilai *Total Plate Count* (TPC) dengan mengalami kenaikan dari $45,2 \times 10^7$ menjadi $53,4 \times 10^7$ CFU/ml dan pH yoghurt mengalami penurunan dari 4,5 menjadi 4,3. Hasil di atas masih berada pada standart SNI yoghurt. Pendekatan eksponensial menggunakan *software* Origin didapatkan lama penyimpanan yoghurt berturut-turut yaitu 45 jam, 47 jam, dan 45 jam.

ABSTRACT

'Uyun, Qurrotul. 2018. An Analysis of Yoghurt Storage time Using Rice Husk Box as a Means in Maintaining the Quality Standard of Yoghurt Based on Temperature, Growth of Bacteria and pH in the Yoghurt. Thesis. Department of Physics. Faculty of Science and Technology. State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Supervisor: (1) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Erna Hastuti, M.Si.

Keywords: rice husk Box, Yoghurt, Temperature, Bacteria of *Lactobacillus bulgaricus*, pH.

Yogurt is processed milk through fermentation process with the lactic acid help of bacteria of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Yoghurt has the benefit of being a body prebiotic so it often consumes by society. Distributors must meet the needs of consumers and maintain the quality of yogurt through good storage and sanitation techniques. The research aims at determining the storage time of yogurt using steroform box and rice husk box based on temperature, bacterial growth and pH in yoghurt. The research method was used to prepare yoghurt plain with culture of *Lactobacillus bulgaricus* bacteria which had been frozen for 3x24 hours then yoghurt was stored on steroform box and rice husk box with density value of $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, and $\rho = 0.13 \text{ gram/cm}^3$ for 0-10 hours. The result of the analysis showed that efficient storage box is box of rice husk with density value of $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. The results showed that the temperature of yogurt increased from -2.5 to $-1.5 \text{ }^\circ\text{C}$, the growth of *Lactobacillus bulgaricus* bacteria colonies resulted in the value of Total Plate Count (TPC) with an increase from 45.2×10^7 to $53.4 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$ and yoghurt pH decreased from 4.5 to 4.3. The results above are still in the standard SNI of yoghurt. The exponential approach used Origin software and it was found the yoghurt storage time of 45 hours, 47 hours and 45 hours.

الملخص

العيون، قرة. 2018. أثر عمق التخزين مع طلاء قشر الأرز على درجة الحرارة والنمو البكتيري ودرجة الحموضة على الزبادي. بحث علمي. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. مشرف: (1) محمد تيرونو الماجيستير (2) ارنا هاستوتي الماجستير

الكلمات الرئيسية: مربع قشر الأرز، الزبادي، درجة الحرارة، البكتيريا لاكتوجيلوس بولكاريجوس، درجة الحموضة.

تهدف هذا البحث إلى تحديد أثر مدة التخزين باستخدام مربع سنزوفوم و مربع طبقة قشرة الأرز على درجة الحرارة والنمو البكتيري ودرجة الحموضة في الزبادي. كانت الطريقة البحثية هي إعداد سائل الزبادي مع ثقافة البكتيريا لاكتوجيلوس بولكاريجوس التي تجمد مدة 3 × 24 ساعة، ثم تخزن الزبادي في مربع سنزوفوم وصندوق طبقة قشر الأرز بقيمة كثافة $\rho = 0.09$ كرم/سنتي متير كوبيك، $\rho = 0.11$ كرم/سنتي متير كوبيك، $\rho = 0.13$ كرم/سنتي متير كوبيك مدة 0-10 ساعة. يتم قياس درجة حرارة الزبادي باستخدام ميزان حرارة، و قياس عدد من البكتيريا يتم حساب المستعمرات باستخدام العدد الإجمالي لوحة ودرجة الحموضة باستخدام مقياس درجة الحموضة. وأظهر التحليل أن صندوق تخزين هو أفضل في الحفاظ على درجة الحرارة، نمو البكتيريا لاكتوجيلوس بولكاريجوس، درجة حموضة الزبادي هو مربع طبقة قشرة الأرز مع كثافة $\rho = 0.13$ كرم/سنتي متير كوبيك. النتائج التي تحصل متوليا هي، درجة حرارة الزبادي من -2.5 إلى 1.5 درجة مئوية مع تخزين مدة 45 ساعة، زيادة عدد البكتيريا لاكتوجيلوس بولكاريجوس من $10^7 \times 45.2$ إلى $10^7 \times 53.4$ مع تخزين مدة 47 ساعة ودرجة الحموضة من 4.55 إلى 4.3 مع تخزين مدة 45 ساعة. النتائج المذكورة أعلا حدود الزبادي القياسية SNI.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk olahan makanan dan minuman instan saat ini lebih digemari oleh masyarakat karena praktis dan mudah didapatkan. Distributor makanan dan minuman instan harus memiliki stok dan melakukan pengiriman secara terus-menerus guna memenuhi permintaan konsumen. Makanan dan minuman instan tentu saja memiliki resiko terkena bakteri bila tidak memenuhi prinsip pengemasan dan sanitasi dengan baik. Oleh karena itu, hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan makanan dan minuman adalah suhu, terutama saat pengiriman ke tempat pemasaran.

Cara yang dimanfaatkan distributor makanan dan minuman untuk menjaga suhu penyimpanan selama ini adalah dengan menggunakan lemari pendingin atau refrigerator, sterofom, dan es batu. Penggunaan lemari pendingin atau refrigerator akan memperbanyak penggunaan energi listrik dan menjadi salah satu faktor penyebab pemanasan global, sedangkan sterofom dapat mencemari lingkungan karena tidak dapat didaur ulang dan es batu memiliki massa yang berat sehingga akan menambah biaya pengiriman. Adapun solusi yang sedang diteliti untuk menjaga suhu makanan atau minuman instan agar tetap terjaga kualitasnya yaitu dengan memanfaatkan sekam padi sebagai pelapis pengemasan makanan atau minuman.

Sekam padi memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi, sehingga memiliki sifat sebagai isolator panas yang dapat menghambat pertukaran suhu

dalam dengan lingkungan. Sekam padi adalah kulit buah padi berupa lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya menurut (Ellyawan, 2008) bahwa kotak partikel sekam padi campuran resin pada perbandingan 5:1 dengan tebal pengepresan 1 cm dan pemberian sumber kalor 100 watt didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar 1,638 W/m°C. Penggunaan kotak gabus dengan perlakuan yang sama didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar 3,036 W/m°C. Terlihat pada kemampuan kotak gabus dalam mempertahankan massa es sebesar 1000 gram mengalami penurunan seiring dengan lama penyimpanan yaitu pada jam ke-1 es tersisa 535 gram, pada jam ke-2 menjadi 370 gram, pada jam ke-3 menjadi 115 gram dan pada jam ke-4 es tersisa 15 gram. Sedangkan, penggunaan kotak sekam memiliki kemampuan menahan suhu es sebesar 1000 gram lebih baik daripada kotak gabus yaitu pada jam ke-1 es tersisa 680 gram, pada jam ke-2 menjadi 550 gram, pada jam ke-3 menjadi 350 gram dan pada jam ke-4 es tersisa 170 gram. Es yang diletakkan di tempat terbuka (suhu ruang) pada jam ke-2 es mulai habis. Jadi, bahan kotak pendingin yang efisien adalah kotak papan partikel sekam padi karena memiliki nilai isolator panas dua kali lipat daripada kotak gabus.

Menurut (Rofi'i, 2009) *Lactobacillus bulgaricus* tumbuh sangat baik pada pH 5,5 pertumbuhannya berhenti pada pH 3,8 – 4,0. Pertumbuhan bakteri sampel pertama penyimpanan pada suhu rendah (<10 °C) menghasilkan nilai *Total Plate Count* (TPC) dengan rata-rata $5.374 \pm 0.490 \log \text{CFU/ml}$ dan sampel ke dua penyimpanan pada suhu rendah (<10 °C) terdapat peningkatan nilai TPC dengan

rataan 5.494 ± 0.674 log CFU/ml. Perlakuan penyimpanan pada suhu ruangan (± 27.5 °C) sampel pertama menghasilkan nilai TPC dengan rata-rata 6.260 ± 0.512 log CFU/ml dan sampel kedua penyimpanan pada suhu ruangan (± 27.5 °C) terdapat peningkatan nilai TPC dengan rata-rata 7.446 ± 0.454 log CFU/ml. Disimpulkan bahwa penyimpanan pada suhu rendah (<10 °C) dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan bakteri akan tumbuh dengan cepat pada suhu yang optimum yaitu pada suhu ruang.

Kelemahan penelitian sebelumnya adalah menggunakan es batu sebagai objek penelitian dengan parameter yang diambil hanya sebatas perubahan massa es batu terhadap lama penyimpanan tanpa diketahui perubahan suhu dan kandungan lain pada es batu. Penelitian ini menggunakan produk minuman yaitu yoghurt agar dapat diketahui parameter lain yaitu perubahan suhu, pertumbuhan bakteri dan pH untuk tetap memenuhi standart mutu yoghurt layak konsumsi.

Yoghurt merupakan minuman susu fermentasi dengan memanfaatkan dua bakteri menguntungkan *Lactobacillus bulgarius* dan *Streptococcus thermophilus*. Mengonsumsi yoghurt (disebut sebagai prebiotik) dapat menekan pertumbuhan bakteri patogen pada tubuh. Susu merupakan minuman yang dihasilkan oleh hewan ternak dan merupakan bahan utama dalam pembuatan yoghurt.. Ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang anjuran untuk mengonsumsi susu terdapat dalam Q.S An-Nahl ayat 5 berbunyi:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿٥﴾

“Dan hewan ternak telah diciptakan-Nya untukmu, padanya ada (bulu) yang menghangatkan, dan berbagai manfaat, dari sebagiannya kamu makan.” (Q.S An-Nahl:5).

Menurut Thayyarah (2014) tafsir ayat di atas menjelaskan tentang manfaat-manfaat yang bisa diperoleh manusia dari hewan ternak. Kata الأَنْعَام diartikan *“hewan ternak”* yang meliputi sapi, domba, kambing, dan unta. Kata وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ *“dan dari sebagiannya kamu makan”* yang dimaksudkan dari *“sebagiannya kamu makan”* adalah berupa daging, lemak, dan susu sangat berperan penting dalam tubuh manusia. Berdasarkan ayat diatas dapat disimpulkan bahwa Allah SWT telah menurunkan air sebagai sumber kehidupan dari langit dan bumi, namun Allah Swt juga mengkaruniakan sumber kehidupan lain yang berasal dari hewan ternak yaitu susu. Susu kaya akan kandungan gizi yang bermanfaat untuk tubuh dan dapat diolah menjadi berbagai produk olahan susu salah satunya adalah yoghurt.

Yoghurt tentu saja memiliki waktu kebasian atau penurunan kualitas yang mana dapat diketahui melalui pencantuman tanggal kadaluwarsa pada kemasan produk. Sebenarnya kualitas yoghurt tidak bisa diukur melalui tanggal kadaluwarsa saja, melainkan bergantung pada cara penyimpanan yang diikuti dengan perubahan suhu, jumlah koloni bakteri, dan pH yoghurt. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk mempertahankan kualitas yoghurt pada saat pendistribusian yaitu melakukan penyimpanan dengan box lapis sekam. Ayat Al-Qur’an yang menjelaskan tentang anjuran untuk menjaga kualitas suatu produk sebelum memberikan kepada orang lain terdapat pada Q.S Asy-Syua’ara’ ayat 181 yang berbunyi:

أَوْفُوا الْكَيْلَ وَلَا تَكُونُوا مِنَ الْمُخْسِرِينَ

“Sempurnakanlah takaran dan janganlah kamu termasuk orang-orang yang merugikan”.

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2004) menjelaskan pada kata وَأَوْفُوا الْكَيْلَ “Sempurnakanlah takaran”. Yakni maksud dari kata tersebut adalah jika memberikan sesuatu kepada orang lain, maka sempurnakanlah timbangannya (takaran) dan janganlah mengurangi timbangannya dengan memberikannya secara kurang. Akan tetapi, ambilah sebagaimana kalian memberi dan berikanlah oleh kalian sebagaimana kalian mengambil. Kesimpulan ayat di atas adalah perlunya memperhatikan ukuran (pemberian kultur bakteri) dan kualitas (suhu, pertumbuhan bakteri dan pH) dari yoghurt sebelum pendistribusian. Penelitian ini akan dilakukan teknik penyimpanan menggunakan box sekam padi karena sekam padi memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi untuk menjaga kualitas yoghurt.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa lama box sekam padi dapat menjaga suhu yoghurt di bawah 20°C ?
2. Berapa lama box sekam padi dapat menahan pertumbuhan bakteri untuk tetap memenuhi baku mutu yoghurt?
3. Bagaimana pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi terhadap pH pada yoghurt.

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dalam menjaga suhu yoghurt di bawah 20 °C.
2. Untuk mengetahui lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dalam menahan pertumbuhan bakteri untuk tetap memenuhi baku mutu yoghurt.
3. Untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi terhadap pH pada yoghurt.

1.4 Manfaat

1. Meningkatkan nilai guna dan ekonomi sekam padi dalam bidang industri pengiriman makanan dan minuman yang memerlukan suhu rendah agar biaya pengiriman lebih murah dan ramah lingkungan.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa kandungan silika (SiO_2) yang tinggi pada sekam padi dapat dijadikan alternatif untuk menjaga suhu bahan makanan dan minuman yang membutuhkan suhu rendah.

1.5 Batasan Masalah

1. Yoghurt yang digunakan didapatkan di Koperasi Sinau Andandani Ekonomi (KOP SAE) Pujon dengan kultur bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.
2. Sekam padi yang digunakan didapatkan dari jenis padi Pandan Wangi di desa Ngenep Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang.
3. Suhu ruangan menggunakan suhu ruangan Laboratorium Riset Fisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Lama pembekuan yoghurt dilakukan selama 3x24 jam dengan suhu lemari es sebesar $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Box steroform yang digunakan dalam pengujian berukuran $33 \times 24,5 \times 27,5\text{ cm}^3$.
6. Box plastik yang digunakan untuk variasi densitas sekam padi berukuran $53,5 \times 36,5 \times 29\text{ cm}^3$.



BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Kandungan Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua bentuk daun yaitu sekam kelopak dan sekam mahkota, dimana pada proses penggilingan padi, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras (Nuryono dan Narsito, 2009) ; (Patabang, 2012).

Sekam padi merupakan material isolasi yang sangat baik karena sekam sulit untuk terbakar dan dapat mencegah kelembapan yang dapat menimbulkan jamur atau fungi. Butiran kecil dan bulu pada bagian luar epidermis juga terlihat mengecil ukurannya. Pada abu putih sekam padi, walau sangat rapuh, tapi masih memiliki struktur aslinya. Butiran kecil untuk sekam padi hampir menghilang, sementara bulunya ditemukan retak. sekam padi sangat tahan terhadap kelembapan dan dekomposisi jamur yang menyebabkan sekam padi sulit untuk terurai secara alami (Enymia dkk, 1998).

Sekam padi memiliki kerapatan jenis (*bulk density*) 125 kg/m^3 , dengan nilai kalori 3.300 kkal/kg sekam (Houston, 1972). Dengan demikian untuk penyimpanan dan transportasi, sekam padi membutuhkan volume besar, yang membuat transportasi jarak jauh menjadi tidak ekonomis.

Komposisi kimia sekam padi dapat dihasilkan dari ekstraksi silika menggunakan metode alkalis sebelum dan sesudah disintering yang ditunjukkan pada tabel 2.1 yaitu semakin tinggi suhu sintering maka diperoleh silika dengan kemurnian yang tinggi dan zat pengotor semakin berkurang (Sembiring dan Karo Karo, 2007):

Tabel 2.1 Komposisi kimia sekam padi (Sembiring dan Karo Karo, 2007).

Komposisi Kimia	Sintering		
	Tanpa Sintering	850 °C	1050 °C
SiO ₂	94,66	95,70	98,85
CaO	0,71	0,47	-
Na ₂ O	1,50	1,39	1,15
K ₂ O	1,01	0,70	-
Al ₂ O ₃	1,56	1,37	-
MgO	0,56	0,30	-
Total (%)	100%	100%	100%

Silika atau silikon dioksida (SiO₂) adalah senyawa kimia yang terbentuk dari atom silicon dan oksigen (Jones, 2000). Silikon tidak bereaksi dengan asam nitrat, asam klorida, dan asam sulfat, akan tetapi larut dalam asam hidrofliorik yang membentuk gas dan silikon tetrafluorida (SiF₄) (Sunardi, 2006). Silikon adalah unsur kedua terbanyak, maka bentuk silika merupakan bentuk yang sangat umum ditemukan di alam dalam keadaan tidak murni. Silika banyak terdapat pada tumbuhan sebagai diatom dan pada hewan sebagai radiolarian. Silika yang terakumulasi di dalam makhluk hidup, baik hewan atau tumbuhan memiliki

di atas juga menjelaskan tentang fase awal dari tumbuhan hidup adalah dimulai dengan adanya biji dan butiran yang ada di dalam tanah.

Biji atau butiran tersebut akan teraliri oleh air tanah sehingga pecah dan tumbuh. Akarnya akan tumbuh ke arah inti bumi dengan batang tumbuh menjulang ke atas. Biji atau butiran tidak mendapatkan makanan melainkan makanan yang dibutuhkan didapatkan dari apa yang telah disediakan oleh Allah SWT pada benih tumbuh-tumbuhan itu sendiri berupa komponen instan yaitu zat tepung, air tanah yang mengandung banyak mineral-mineral alami dan oksigen, dengan bantuan sinar matahari makan akan terjadi proses fotosintesis (Mahran dan Mubasyir, 2005).

Kata *فَالِقُ* memiliki arti membelah biji buah-buahan dan butir tumbuh-tumbuhan yang mati, lalu mengeluarkan daun yang hijau darinya dan daun yang hijau itu Allah mengeluarkan butir tumbuh-tumbuhan yang mati dan biji buah-buahan. Ini merupakan makna dari “*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup*”. Dilanjutkan penjelasan pada Q.S Al-An’aaam ayat 99 tentang proses pertumbuhan dari tumbuhan yaitu Allah SWT berfirman:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا
نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا ﴿٩٩﴾

“*Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang hijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak*” (Q.S Al-An’aaam:99).

Menurut Ibnu Katsir (2004) lafadz خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مُتْرَاكِبٍ “*Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang bersusun*”. Maksudnya adalah bersusun antara yang satu dengan yang lainnya, seperti bulir (misalnya pada padi). Padi memiliki hasil samping berupa sekam dan belum maksimal dalam pemanfaatannya, sehingga penelitian ini memanfaatkan sekam padi sebagai isi box penyimpanan untuk mempertahankan suhu yogurt selama pendistribusian karena kandungan silika pada sekam padi yang tinggi.

Silika akan terbentuk ketika unsur silicon (Si) teroksidasi secara termal, berupa lapisan yang sangat tipis terbentuk di permukaan silicon ketika silikon kontak dengan udara. Temperatur tinggi dan lingkungan yang berubah merupakan kondisi yang baik dalam pembentukan lapisan silika (Coniwanti, 2008). Temperatur tinggi silicon akan bersifat sebagai penghantar panas dan listrik yang baik, namun pada temperatur rendah silikon bersifat sebagai isolator panas dan listrik (Sunardi, 2006).

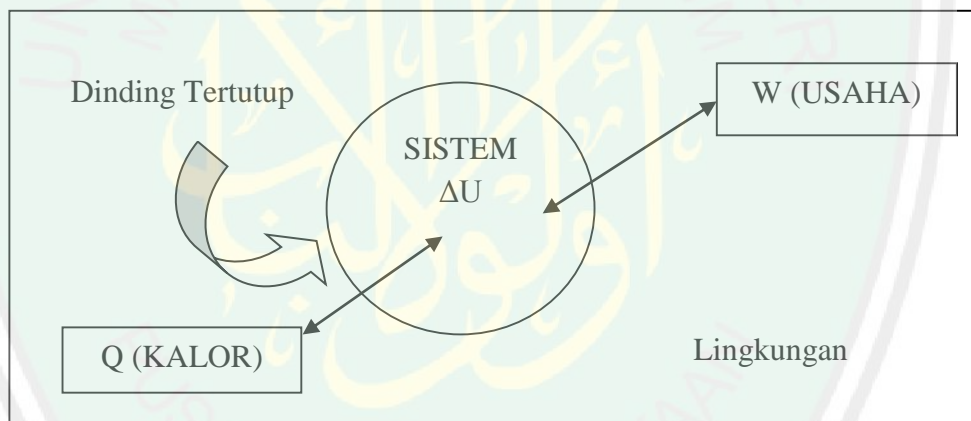
2.2 Hantaran Kalor (*Heat Conduction*)

Perpindahan tenaga yang timbul karena perbedaan temperatur di antara bagian-bagian yang berdekatan dari sebuah benda dinamakan *hantaran kalor* (*Heat Conduction*) (Halliday, 1998). Panas mengalir dari suatu benda yang suhunya lebih tinggi ke benda lain yang suhunya lebih rendah apabila keduanya disinggungkan satu sama lain, juga mengalir dari bagian suatu benda yang suhunya tinggi ke bagian lain dari benda itu juga yang suhunya lebih rendah. Aliran panas yang demikian merupakan transfer atau pindahan tenaga kinetik

getaran dari satu atom ke atom lain di sebelahnya melalui tumbukan. Sebagaimana di dalam benda padat, atom-atom benda itu bergetar di sekitar titik setimbangnya dengan tenaga kinetik (Soedoyo, 1999):

$$\frac{1}{2}mv^2 = 3 \times \frac{1}{2}kT \quad (2.1)$$

Saat sistem berinteraksi dengan lingkungannya, terjadi proses termodinamika dimana sistem dapat menukarkan kalornya ke lingkungan dan sebaliknya. Gambaran terjadinya pertukaran kalor dan usaha pada sistem maupun lingkungannya dapat dipelajari melalui gambar 2.1 berikut (Sumarjono, 2005):



Gambar 2.1 Pertukaran kalor, Usaha dan Perubahan Energi Internal Sistem (Sumarjono, 2005).

Bila kalor mengalir ke dalam sebuah objek, temperatur dari objek akan naik (dengan asumsi tidak ada perubahan fase). Abad ke delapan belas, para peneliti telah mengetahui bahwa jumlah dari kalor Q yang dibutuhkan untuk mengubah temperatur dari material yang ditentukan adalah proporsional terhadap massa m dan perubahan temperatur ΔT . Hal ini sangat penyederhanaan yang sangat berarti di alam dapat diekspresikan dalam persamaan berikut (Giancoli, 2014):

$$Q = C\Delta T = mc\Delta T \quad (2.2)$$

Di mana c adalah sebuah karakteristik kuantitas dari material yang disebut kalor jenis, karena $c = Q/m\Delta T$. Kalor jenis yang dinyatakan di dalam unit $\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ (unit SI yang sesuai) atau $\text{kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$. Air pada temperatur 15°C dan tekanan tetap sebesar 1 atm, $c = 4200 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ atau $1000 \text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$, dikarenakan definisi dari kal dan joule, diperlukan 1 kkal kalor untuk menaikkan temperatur dari 1 kg air sebesar 1°C (Giancoli, 2014). Perpindahan kalor dari suatu tempat atau benda lainnya dengan 3 cara:

2.2.1 Konduksi

Konduksi kalor pada materi dapat digambarkan sebagai hasil tumbukan dari molekul-molekul. Sementara satu ujung benda dipanaskan, molekul-molekul di tempat itu bergerak lebih cepat dengan menumbuk tetangga yang bergerak lebih lambat, mereka mentransfer sebagian dari energi gerakan termal molekul-molekul lain yang kemudian lajunya bertambah sepanjang benda tersebut. Menurut teori modern, tumbukan antar molekul-molekul bebas di dalam logam dan dengan atom logam tersebut adalah yang mengakibatkan terjadinya konduksi (Giancoli, 2001).

Konduksi kalor hanya terjadi jika ada perbedaan temperatur. Percepatan aliran kalor melalui benda sebanding dengan perbedaan temperatur antar ujung-ujungnya. Kecepatan aliran kalor juga bergantung pada ukuran dan bentuk benda. Penyelidikan secara kuantitatif kalor melalui benda yang uniform, sebagaimana

ditunjukkan pada gambar 2.1. Bahwa aliran ΔQ per selang waktu Δt dinyatakan oleh hubungan (Giancoli, 2001):

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l} \quad (2.3)$$

Dimana A adalah luas penampang lintang benda, l adalah jarak antara kedua ujung benda yang memiliki temperatur T_1 dan T_2 , dan k adalah kostanta perbandingan yang disebut *konduktivitas termal*.

Sebuah zat memiliki konduktivitas termal k yang besar adalah penghantar kalor yang baik. Zat yang mempunyai konduktivitas termal k yang kecil adalah penghantar kalor yang jelek, atau sebuah isolator termal yang baik. Nilai dari k bergantung pada temperatur, yang bertambah besar sedikit dengan temperatur yang semakin bertambah. Nilai-nilai dari k untuk berbagai zat pada berbagai bahan logam adalah penghantar-penghantar kalor yang lebih baik daripada non logam, dan gas-gas adalah penghantar-penghantar kalor yang jelek (Halliday, 1998).

Bahan yang dapat digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator atau insulator. Insulasi yang baik untuk dijadikan sebagai kotak pendingin agar dapat menyimpan produk lebih tahan lama harus memiliki sifat-sifat seperti, memiliki konduktivitas termal rendah, penyerapan uap air rendah, tahan terhadap faktor kebusukan pada produk, tahan terhadap bahan-bahan kimia, tidak membahayakan kesehatan, dan mudah ditangani. Sekam padi memiliki konduktivitas termal sebesar 0,0359 W/mK. Nilai konduktivitas termal terbaik untuk dijadikan sebagai isolator bekisar antara 0,034–0,21 W/mK (Kreith, 1976 dalam Arbintarso, 2008). Berikut nilai konduktivitas termal beberapa bahan

insulasi alternatif dari berbagai penelitian yang telah dilakukan (Nasution, 2014 dalam Hidayat, 2016):

Tabel 2.2 Nilai konduktivitas termal beberapa bahan (Nasution, 2014 dalam Hidayat, 2016).

No	Material	Konduktivitas termal (W/m°C)
1	<i>Wood soft</i>	0,11 – 0,16
2	<i>Wood hard</i>	0,11 – 0,255
3	<i>Plywood</i>	0,14
4	<i>Alumunium alloy</i>	221
5	<i>Mild steel</i>	45,3
6	<i>Fiberglass reinforce plastic</i>	0,036
7	<i>High tensile polyethylene</i>	0,5
8	Kulit baja kapal	0,72
9	Rongga udara	0,107
10	<i>Styrofoam</i>	0,03
11	Plester beton	0,72
12	Jenis kayu	0,15
13	Serat material	0,039
14	Lempengan gabus	0,043
15	<i>Polystyrene</i>	0,03
16	<i>Polyurethane</i>	0,025
17	<i>Plaster aspal gips</i>	0,056
18	Udara diam	0,103
19	Serut gergajian	0,065
20	Tebu	0,046
21	Sekam + <i>polyurethane</i> (72% + 28%)	0,029

2.2.2 Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas dari suatu tempat ke tempat yang lain karena adanya perpindahan fluida yang melalui proses perpindahan massa. Aliran fluida akan berlangsung secara alami akibat adanya perpindahan massa jenis karena perbedaan temperatur. Konveksi panas pada

aliran bebas disebut dengan konveksi bebas. Mekanisme perpindahan kalor secara konveksi berhubungan langsung dengan perpindahan panas secara konduksi.

Konveksi dalam aliran massa bisa diartikan sebagai arus panas yang bergantung dengan aliran, luas penampang A , dan perbedaan temperatur. Digambarkan dengan persamaan berikut (Abidin, 2009):

$$Q = h A \Delta T \quad (2.4)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2\text{°C}$)

A = Luas permukaan (m^2)

ΔT = Perbedaan suhu dinding dengan fluida (°C)

Apabila fluida tidak bergerak (tanpa sumber penggerak) maka akan tetap terjadi perpindahan panas karena adanya penggerak berupa fluida yang memiliki perbedaan massa jenis fluida. Peristiwa ini disebut dengan konveksi alami (*natural convection*) atau konveksi bebas (*free convection*). Kebalikan dari konveksi ini adalah konveksi paksa (*forced convection*) yang terjadi karena fluida sengaja dialiri dengan suatu penggerak di atas plat atau adanya perpindahan kalor karena tenaga dari luar.

2.2.3 Radiasi

Semua kehidupan di muka bumi bergantung pada perpindahan kalor dari matahari, dan energi ini dipindahakan ke bumi melalui ruang hampa (hampir hampa). Bentuk perpindahan energi adalah kalor, karena permukaan matahari mempunyai temperatur yang jauh lebih tinggi (6000 K) dibandingkan bumi (≈ 300 K) dan disebut sebagai radiasi. Radiasi terutama terdiri dari gelombang elektromagnetik. Dapat dikatakan untuk saat ini bahwa radiasi dari matahari terdiri dari cahaya yang terlihat dan banyak panjang gelombang lainnya yang tidak kasat mata, termasuk radiasi infra merah (IR), yang terutama berfungsi untuk memanaskan bumi.

Laju di mana sebuah objek meradiasikan energi telah diketahui proporsional terhadap pangkat empat tenaga dari temperatur Kelvin, T , yaitu, benda pada 2000 K, bila dibandingkan dengan pada 1000 K, meradiasikan energi laju $2^4 = 16$ kali lebih banyak. Laju radiasi juga proporsional kepada luas A pada objek yang mengemisikannya, sehingga laju energi meninggalkan objek, Q/t adalah:

$$\frac{Q}{t} = \epsilon \sigma AT^4 \quad (2.5)$$

Persamaan ini disebut Stefan-Boltzman, dan σ adalah konstanta universal yang disebut constanta Stefan-Boltzman yang mempunyai nilai:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \quad (2.6)$$

Faktor ϵ , disebut emisivitas, adalah bilangan antar 0 dan 1 yaitu karakteristik dari permukaan material yang teradiasi. Permukaan yang sangat hitam, seperti arang, mempunyai emisivitas mendekati 1, dimana permukaan

logam yang mengkilap mempunyai nilai ϵ mendekati 0 dan memancarkan radiasi yang lebih sedikit. Nilai dari ϵ cukup bergantung pada temperatur dari material (Giancoli, 2014).

Permukaan yang mengkilap tidak hanya memancarkan radiasi lebih sedikit tetapi mereka juga menyerap lebih sedikit radiasi yang menyerap mereka (sebagian besar dipantulkan). Objek hitam dan sangat gelap merupakan pemancar kalornya yang baik ($\epsilon \approx 1$), penyerapan yang dilakukan hampir semua radiasi yang menimpunya, sehingga pakaian berwarna terang biasanya lebih disukai daripada kain berwarna gelap pada hari yang panas. Maka, penyerap yang baik adalah pemancar yang baik.

Semua benda tidak hanya memancarkan energi dengan radiasi tetapi juga menyerap energi yang diradiasikan oleh benda lain. Bila sebuah objek memiliki emisivitas ϵ dan luas A berada pada temperatur T_1 , ia meradiasikan energi pada laju $\epsilon\sigma AT_1^4$. Bila objek dikelilingi oleh sebuah lingkungan dengan temperatur T_2 , laju dimana lingkungan meradiasikan energi sebanding dengan T_2^4 dan laju energi yang diserap oleh objek sebanding dengan T_2^4 . Laju *neto* dari aliran kalor radiasi dari objek diberikan oleh persamaan:

$$\frac{Q}{t} = \epsilon\sigma A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.7)$$

dimana A adalah luas permukaan dari objek, T_1 temperatur dan ϵ adalah emisivitasnya (pada temperatur T_1) dan T_2 adalah temperatur sekelilingnya. Hal ini konsisten dengan fakta percobaan bahwa kesetimbangan antara objek dan lingkungannya tercapai ketika mereka mempunyai temperatur yang sama. Jadi, $Q/\Delta t$ harus nol ketika $T_1 = T_2$, sehingga ϵ adalah sama untuk pemancaran dan

penyerapan. Hal ini mengkonfirmasi ide bahwa pemancar yang baik adalah penyerap yang baik. Karena baik objek maupun lingkungannya meradiasikan energi, ada perpindahan energi neto dari satu benda ke benda yang lain kecuali semua mempunyai temperatur yang sama. Persamaan 2.7 menjelaskan bahwa bila $T_1 > T_2$, aliran kalor neto adalah dari objek ke lingkungan, sehingga objek mendingin. Tetapi bila $T_1 < T_2$ aliran kalor bila netto dari sekeliling menuju objek, dan temperatur objek meningkat (Giancoli, 2014).

2.3 Asas Black

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi bersifat kekal. Joseph Black (1720-1799), seorang ilmuwan inggris telah melakukan perhitungan mengenai pertukaran kalor pada suatu zat akan sama dengan kalor yang diterima oleh zat lainnya. Hukum kekekalan energi inilah yang dikenal sebagai Asas Black. Segala sesuatu di alam merupakan “lingkungan” atau “sekitar”. Ada beberapa kategori dari sistem, yaitu sitem tertutup dan sistem terbuka. Sistem tertutup adalah dimana tidak ada massa yang masuk atau keluar (tetapi energi mungkin dipertukarkan dengan lingkungan), sedangkan dalam sistem terbuka massa dapat masuk dan keluar (dan juga energi). Sistem tertutup merupakan sistem yang diidealisasikan dalam fisika. Sebuah sistem tertutup disebut terisolasi bila tidak ada energi (dan juga massa) dalam bentuk apapun menembus batasnya, apabila tembus maka sistem tidak terisolasi (Giancoli, 2014).

Sistem terisolasi sempurna adalah ideal. Ketika bagian-bagian berbeda dari sebuah sistem terisolasi dan memiliki temperatur yang berbeda kalor akan mengalir (energi dipindahkan) dari bagian yang bertemperatur lebih tinggi ke bagian yang bertemperatur lebih rendah (yang berada di dalam sistem) hingga kesetimbangan termal tercapai, berarti keseluruhan sistem berada pada temperatur yang sama. Cara sederhana untuk menentukan persamaan konservasi energi adalah menuliskan bahwa kalor yang hilang di satu sisi sama dengan energi yang diperoleh sisi lain (Giancoli 2014):

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \quad (2.8)$$

Sedangkan persamaan energi untuk perpindahan kalor dalam suatu sistem terisolasi adalah dengan menuliskan bahwa total kalor yang dipindahkan ke dalam atau keluar dari sistem yang terisolasi adalah nol (Giancoli, 2014):

$$\sum Q = 0 \quad (2.9)$$

Setiap Q mempresentasikan kalor yang masuk atau keluar dari satu bagian sistem. Setiap suku ditulis dengan $Q = mc (T_f - T_i)$ dan $\Delta T = T_f - T_i$, selalu temperatur final dikurangi dengan temperatur awal, dan setiap ΔT dapat bernilai positif atau negatif, tergantung kalor mengalir masuk atau keluar dari bagian tersebut.

2.4 Yoghurt

Susu sapi segar merupakan bahan pangan yang tinggi nilai gizinya, sehingga tidak hanya bermanfaat bagi manusia tetapi juga bagi jasad renik pembusuk. Kontaminasi bakteri mampu berkembang cepat sekali pada susu segar, sehingga

susu akan lebih cepat rusak dan tidak layak untuk dikonsumsi. Untuk memperpanjang daya guna, daya tahan simpan, serta untuk meningkatkan nilai ekonomi susu, maka diperlukan teknik pengolahan. Salah satu upaya pengolahan susu yang sangat prospektif adalah teknologi fermentasi susu untuk menghasilkan produk yoghurt.

Yogurt adalah koagulum susu yang dihasilkan dari proses fermentasi asam laktat yang merupakan aktivitas dari *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophiles* yang sering disebut sebagai starter yogurt dengan perbandingan 1:1 (Orihara *et al.*, 1992; Jay 2005). Pertumbuhan asosiasi dari dua organisme akan lebih banyak dalam memproduksi asam laktat yang banyak dibandingkan jika diproduksi oleh masing-masing organisme secara tunggal. Pembuatan yogurt harus memperhatikan suhu dan kondisi lingkungan yang terkontrol karena akan mempengaruhi kualitas yogurt. Dalil Al-Qur'an yang menjelaskan tentang anjuran untuk mengkonsumsi susu yang merupakan bahan utama pembuatan yogurt terdapat dalam Q.S An-Nahl ayat 66 yang berbunyi:

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُّسْقِيكُم مِّمَّا فِي بُطُونِهِ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا لِلشَّارِبِينَ.

"Dan sungguh, pada hewan ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minuman dari apa yang ada dalam perutnya (berupa) susu murni antara kotoran dan darah, yang mudah ditelan bagi yang meminumnya" (Q.S An-Nahl:66).

Kata *الأنعام* "Al-An'am" atau binatang ternak pada bahasa arab diartikan sebagai unta, tetapi secara tersirat juga mengandung arti dari binatang ternak lain seperti unta, sapi, biri-biri, dan kambing. *Al-An'am* merupakan hewan mamalia yang dikaruniai oleh Allah sebagai hewan yang menghasilkan susu dari antara

kotoran dan darah untuk dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi anaknya dan manusia (El-Naggar, 2010).

Susu pada dasarnya terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, vitamin, air dan sejumlah unsur lainnya. Kualitas susu yang dihasilkan bergantung dari makanan yang dikonsumsi oleh hewan ternak dan minuman dan darahnya. Dijelaskan dalam ayat Al-qur'an (مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ) “*antara kotoran dan darah*” dan فَرْثٍ “*Farts*” secara istilah adalah sesuatu yang dimakan atau dicerna di dalam perut. Susu dihasilkan dari sejumlah kelenjar eksternal yang bersambung dengan urat darah pembawa gizi sering disebut dengan ambing (kelenjar susu binatang). Kelenjar susu yang tersimpan dalam ambing hewan berbentuk rongga besar yang melakukan metabolisme khusus untuk mencerna rumput, dedaunan dan makan kasar lainnya dengan menarik sari-sarinya dengan mengoksidasi dari pembuluh pembawa darah dan pembuluh limfatik pembawa cairan bening, termasuk zat gizi yang berasal dari makan setengah cerna dari dalam perut hewan. Metabolisme ini dibantu oleh mikroba yang hidup didalamnya untuk membantu mencerna zat *cylioloze* sehingga akan menambah nilai gizi dengan mengubah nitrogen organik hasil proses fermentasi makanan menjadi asam amino dan cadangan makanan berupa vitamin penting. Strukur kantung susu hewan ternak terdiri dari empat bagian dengan desain khusus karena untuk mengurangi benturan bila ambing penuh atau berat (El-Naggar, 2010).

Hasil fermentasi makanan dalam perut hewan “*Farst*” akan membentuk sejumlah sebaran asam lemak menuju ke hati untuk menghasilkan gula anggur (glukosa) yang dibawa oleh darah menuju sel pengeluaran susu dalam ambing

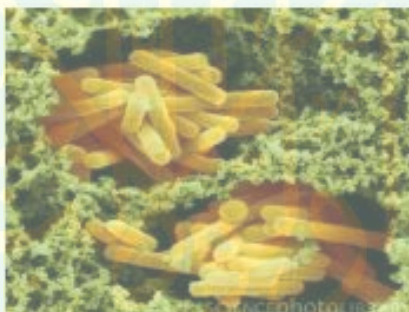
sekaligus pembentukan gula susu laktose. Susu terdapat sejumlah hasil serpihan unsur lain diantaranya adalah kalsium, fosfor, potasium, dan ,magnesium. Unsur penting lainnya adalah sodium dan klor. Keberadaan unsur-unsur ini terikat dengan asam amino hasil fermentasi disebut dengan Casein. Saat sel pengeluar susu bekerja, maka terjadi tekanan ke ruang amping melalui lapisan otot sekitarnya, sehingga akan mendorong susu untuk keluar menuju ujung sejumlah saluran utama yaitu puting susu, kemudian akan keluar saat menyusui atau diperah.

Gerakan darah antara perut besangan bagian secara khusus akan berpengaruh terhadap anggota tubuh lain hewan yang secara umum berkerja dengan amping untuk memproduksi susu. Di dalam proses ini terjadi proses pemompaan ± 500 liter darah menuju kelenjar susu di dalam amping hewan ternak. Susu akan terus mengalir ke ambing hewan bergantung pada kesehatan dan lingkungan yang memadai serta tersedianya nutrisi-nutrisi yang dibutuhkan, air tawar, ketenangan dan waktu pemerahan dan menyusui dilakukan secara teratur. Bila hal ini tidak terpenuhi, maka kelenjar pengeluaran akan mengecil secara bertahap akan kering dan tidak dapat menghasilkan susu (El-Naggar, 2010).

Kelenjar pengeluaran susu ini memiliki rongga kantong susu yang terdiri dari sel yang sangat spesial, atas seiizi Allah dapat mengontrol kuantitas keluarnya susu, komposisinya, dan pada waktu yang sama juga mengontrol ketentuan genetika yang akurat (El-Naggar, 2010).

2.5 Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus adalah mikroorganisme yang secara luas digunakan dalam produksi produk susu fermentasi seperti yoghurt, keju dan krim. Disebabkan karena sifat-sifat bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang menguntungkan secara teknologi, nutrisi dan khususnya terhadap kesehatan. *Lactobacillus bulgaricus* sebagai starter kultur susu fermentasi merupakan salah satu spesies dari kelompok bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat merupakan sekelompok bakteri yang bersifat Gram positif (Stanson *et al.*, 2001).



Gambar 2.2 *Lactobacillus bulgaricus* (www. sciencephoto.com)

Lactobacillus bulgaricus adalah bakteri berbentuk batang, berantai, tidak berspora, tidak berflagel, gram positif, bergranulasi dengan pewarnaan methylen blue, dan bersifat homofermentatif. Nutrisi yang dibutuhkan oleh *Lactobacillus* adalah asam amino, peptida, derivat asam nukleat, vitamin, garam, asam lemak atau ester asam lemak dan karbohidrat yang terfermentasi. Produk akhir dari metabolisme karbohidrat adalah asam laktat, mikroaerofilik, tidak mencerna kasein, tidak memproduksi indol, H₂S. tidak memproduksi enzim katalase, kadang-kadang memproduksi pigmen kuning sampai orange, dan tidak patogen (Sneath *et al.*, 1986).

Komposisi asam amino bakteri dari genus *Lactobacillus* terdiri dari lisin, aspartat, glutamat dan alanin, kecuali pada *L. plantarum* tidak mengandung aspartat dan lisin tetapi digantikan oleh asam diaminopimelat (Williams, 1982).

Allah SWT dalam menciptakan makhluk hidup telah berdasarkan aturan penciptaan-Nya berupa perkembangan evolutif, semua berada pada sistem aturan yang teliti dan pasti. Tumbuhan, dan hewan masing-masing memiliki *filum*, *klas*, dan *spesies* yang berbeda-beda dan memiliki kelengkapan sifat yang bertingkat dari mikroorganisme berupa bakteri bersel satu sampai menjadi suatu susunan kompleks hingga membentuk bentuk yang paling sempurna yaitu manusia. Salah satunya adalah penciptaan bakteri yang merupakan makhluk mikroskopis, keberadaannya dijelaskan secara tersirat dalam Q.S Al-Baqarah ayat 26, Allah SWT berfirman:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا... ﴿٢٦﴾

Artinya:

“*Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu....*” (Q.S Al-Baqarah:26)

Menurut tafsir Ibnu Katsir (2007) menjelaskan pada kata *مَا* dimaknai dengan sesuatu yang kecil atau sedikit. Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah daripada itu. Maksud ayat di atas adalah apa yang lebih kecil daripada nyamuk baik dilihat dari segi makna atau fisik yaitu nyamuk adalah binatang yang kecil. Adapun hewan yang lebih rendah (lebih kecil) dari nyamuk adalah bakteri. Salah satunya adalah

bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* yang merupakan bakteri non-patogen yang sering dimanfaatkan dalam industri makanan dan minuman, salah satunya adalah yogurt.

2.6 Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Suhu

Sekam padi yang digunakan sebagai insulasi pada *coolbox* berupa es basah sebanyak 3 kg, dalam waktu pendinginan selama 24 jam dihasilkan suhu terendah 13,5 °C pada menit ke-70 (1 jam 10 menit) dan kestabilan temperatur didalam *coolbox* sekam padi terjadi pada menit ke 350 (5 jam 50 menit) sampai menit ke-970 (16 jam 10 menit) berkisar pada 21,1 °C. Bahwa semakin lama waktu penyimpanan akan semakin tinggi suhu suatu objek karena terjadi perpindahan panas dari lingkungan ke dalam sistem yang menyebabkan suhu objek semakin tinggi (Abidin, 2017).

Sekam padi memiliki konduktivitas termal sebesar 0,029 (W/m°C), sedangkan steroform memiliki konduktivitas termal sebesar 0,03 (W/m°C) (Nasution, 2014). Rendahnya nilai konduktivitas termal disebabkan karena rendahnya konduktivitas udara yang terjebak dalam pori-pori (Asyhari, 2012).

2.7 Pengaruh Suhu dengan Pertumbuhan Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*

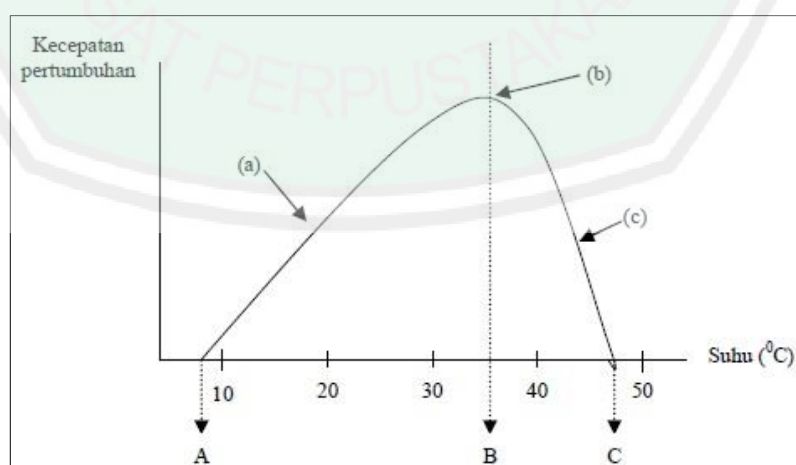
Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan maksimum, minimum dan optimum (Gaman dan Sherrington, 1994). Suhu maksimum yaitu suhu tertinggi, di atas suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu minimum yaitu suhu terendah, di bawah suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu

optimum yaitu suhu di mana mikroba tumbuh sangat baik. Ini berarti suhu memberikan kesempatan pertumbuhan yang sangat cepat dan menghasilkan jumlah sel yang maksimal (Muchtadi dan Betty 1980).

Berdasarkan suhu pertumbuhannya, bakteri dapat digolongkan sebagai berikut (Muchtadi dan Betty 1980):

1. Bakteri *termofil*, yang memerlukan suhu tinggi untuk dapat tumbuh dengan baik. Suhu optimumnya di atas 50 °C,
2. Bakteri *mesofil*, yang mempunyai suhu optimum antara 20 – 45 °C,
3. Bakteri *psikrofil*, yang tumbuh pada suhu rendah yaitu antara 5 – 10 °C, tetapi sebenarnya mempunyai suhu optimum di atas 20 °C.

Rentang suhu optimum ditentukan oleh pengaruh suhu terhadap membran sel dan enzim, untuk organisme tertentu, pertumbuhan dibatasi oleh suhu dimana enzim dan membran sel dapat berfungsi. Hubungan antara pertumbuhan dan suhu untuk berbagai organisme dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Garbutt, 1997):



Gambar 2.2 Kurva pengaruh suhu terhadap pertumbuhan bakteri (Garbutt, 1997).

Keterangan:

A = Suhu minimum, pada suhu ini tidak terjadi pertumbuhan.

B = Suhu optimum, pada suhu ini mikroorganisme tumbuh sangat cepat.

C = Suhu maksimum, diatas suhu ini mikroorganisme tidak tumbuh.

(a) = Peningkatan pertumbuhan seiring dengan peningkatan reaksi katalisasi enzim.

(b) = Reaksi katalisasi mencapai maksimum.

(c) = Penurunan pertumbuhan seiring dengan denaturasi enzim dan kerusakan membran sel.

Penggunaan suhu rendah untuk menyimpan makanan didasarkan atas fakta bahwa aktivitas mikroorganisme dapat diperlambat dan atau dihentikan pada suhu di atas suhu beku dan biasanya berhenti pada suhu di bawah titik beku. Hal ini disebabkan karena semua reaksi metabolisme mikroorganisme dikatalisasi oleh enzim dan tingkat reaksi katalisasi enzim tergantung pada suhu (Jay, 1997).

Kondisi optimum pertumbuhan *L. bulgaricus* adalah antara 30 °C – 40 °C (Sneath *et al*, 1986). *L. bulgaricus* tumbuh optimal pada 37°C dengan fase adaptasi (lag phase) pada 0 - 2 jam, fase eksponensial 2 - 14 jam dan mulai mencapai fase stasioner pada 14 jam inkubasi dengan jumlah total *L. bulgaricus* mencapai $4,9 \times 10^9$ pada 16 jam inkubasi (Malaka, 1997).

2.8 Pengaruh Jumlah Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* terhadap pH

Salah satu faktor yang terpenting dalam proses fermentasi adalah tingkat keasaman (pH) yang secara otomatis akan berhubungan dengan jenis mikroorganisme yang digunakan. Hal ini berarti tiap jenis mikroorganisme yang digunakan memiliki pH optimal dalam berfermentasi sehingga mampu dihasilkan senyawa-senyawa aktif yang optimal. Semakin optimalnya pH fermentasi maka mikrobia akan berkembang dengan baik dan aktif, sehingga mampu menguraikan kandungan kimia dalam bahan (Kunaepah, 2008).

pH optimal antara 5,5 – 6,2 tetapi tumbuh pada pH 5 atau kurang, dan laju pertumbuhan berkurang pada pH netral atau alkali (Sneath *et al*, 1986).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan 25 September 2017 sampai 17 November 2017 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika dan Laboratorium Riset Fisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

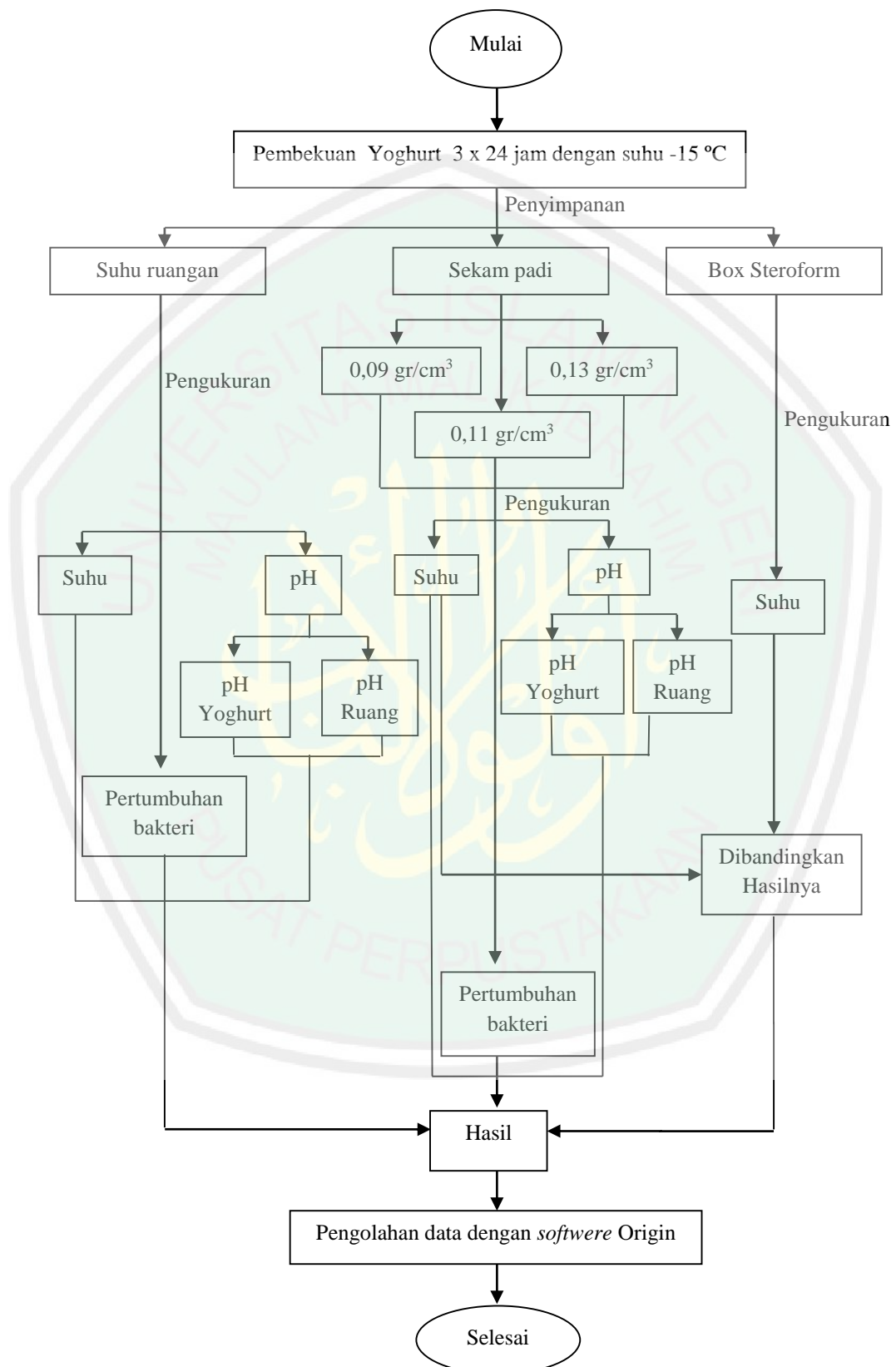
3.2 Jenis dan Kerangka Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, dan pengujian pertumbuhan koloni bakteri dilakukan di ruang tertutup agar terhindar dari variabel pengganggu yang dapat mempengaruhi hasil dari setiap perlakuan.

3.2.2 Kerangka Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dua kelompok uji yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol merupakan yoghurt plan beku yng disimpan pada suhu ruang. Kelompok eksperimen merupakan yoghurt plain beku dengan penyimpanan di box styrofoam dan box sekam padi dengan variasi densitas (ρ) sekam padi. Selanjutnya kedua kelompok eksperimen tersebut akan dilakukan pengujian terhadap perubahan suhu, pertumbuhan bakteri dan pH pada yoghurt. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Lemari es sebanyak 1 buah, Termometer sebanyak 3 buah, *Hotplate* sebanyak 1 buah, pH meter sebanyak 1 buah, Lux meter sebanyak 1 buah, *Stop Watch* sebanyak 1 buah, *Beaker glass* 100 ml sebanyak 5 buah, Gelas ukur 10 ml sebanyak 2 buah, botol flacon sebanyak 112 buah, pipet tetes sebanyak 1 buah, blue tip, Bunsen sebanyak 1 buah, Kaki Tiga sebanyak 1 buah, Cawan petri sebanyak 108 buah, *Magnetic stirrer* sebanyak 1 buah, Spatula sebanyak 1 buah, *Autoclave* sebanyak 1 buah, *Laminar Air Flow* (LAF) sebanyak 1 buah, Timbangan analitik sebanyak 1 buah, *Micropipet* sebanyak 1 buah, dan Botol semprot sebanyak 1 buah.

3.3.2 Bahan

Plastik Wrep, Plastik Petromax, Kertas Aluminium foil, Kasa, Kapas, Media NA, Aquades, Alkohol 70%, Spirtus, Yoghurt Plain, Box Steroform ukuran 33x24,5x27,5 cm³ sebanyak 5 buah, Box Plastik ukuran 53,5x36,5 x29 cm³ sebanyak 3 buah, Karung gula sebanyak 6 buah, Papan kayu sebanyak 1 buah dan Sekam Padi secukupnya.

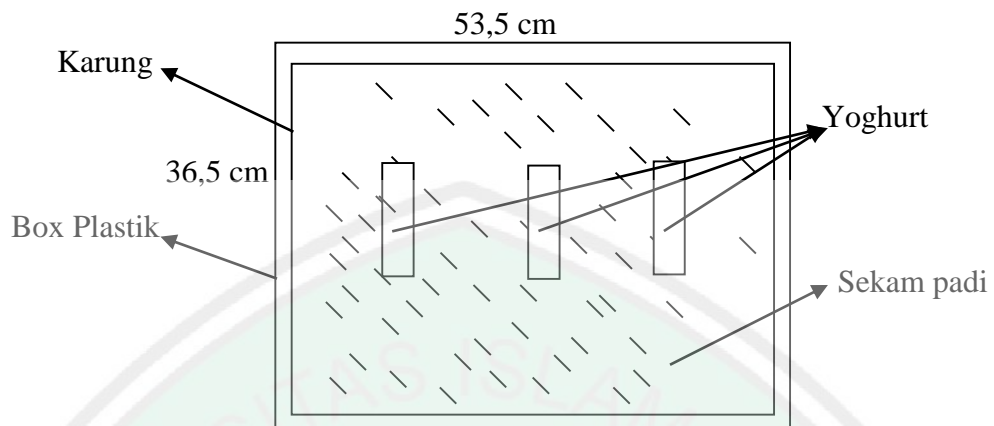
3.4 Penentuan Bahan dan Rancangan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah yoghurt plain yang diperoleh dari Koperasi Sinau Andandani Ekonomi (KOP SAE) Pujon, dan sekam padi dari jenis padi Pandan Wangi yang didapatkan dari sawahan Desa Ngenep

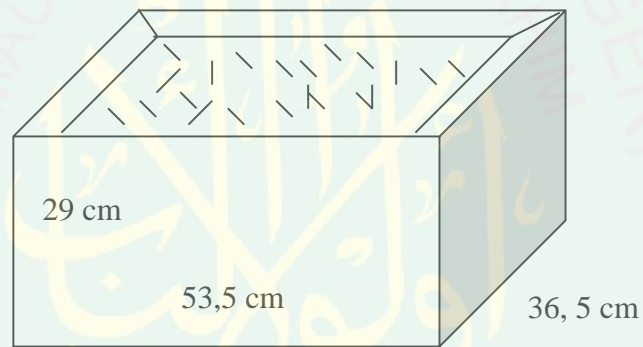
Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang, box sterofoam ukuran 33x24,5x27,5 cm³, dan box plastik ukuran 53,5x36,5x29 cm³.

Rancang alat penelitian ini berupa box penyimpanan yoghurt untuk pengiriman jarak jauh dengan memanfaatkan sekam padi sebagai teknik pengemasan yang ramah lingkungan dan efektif dalam menjaga suhu rendah yoghurt agar tetap terjaga kualitasnya. Box yang digunakan adalah berbahan plastik berukuran 53,5x36,5x29 cm³ atau memiliki volume sebesar 56629,75 cm³ beserta tutup box sebanyak 3 buah, kemudian sisi dalam box dan tutup box dilapisi dengan karung. Selanjutnya masing – masing box diisi sekam padi dengan densitas yang berbeda yaitu $\rho_1 = 0,095 \text{ gr/cm}^3$ dengan massa sekam padi sebesar 5,4 Kg, $\rho_2 = 0,111 \text{ gr/cm}^3$ dengan massa sekam padi sebesar 6,3 Kg, dan $\rho_3 = 0,129 \text{ gr/cm}^3$ dengan massa sekam padi sebesar 7,3 Kg. Besar nilai densitas sekam padi di atas merupakan nilai densitas sekam padi sebelum box diisi dengan 3 botol sampel yoghurt plain. Volume satu botol yoghurt adalah sebesar 250 cm³. Perhitungan besar densitas sekam padi setelah diisi dengan 3 botol yoghurt dapat dilihat pada tabel 3.8.

Penentuan 3 variasi densitas sekam padi dilakukan dengan cara pemadatan secara mekanik, pada ρ_1 box diisi dengan sekam padi tanpa pemadatan kemudian disejajarkan tinggi sekam dengan tinggi box menggunakan papan kayu, untuk ρ_2 dan ρ_3 dilakukan dengan langkah yang sama hanya saja pada ρ_2 diberikan tekanan atau pemadatan sedang dan ρ_3 diberikan tekanan atau pemadatan maksimal. Sebagaimana disajikan dalam rancangan penelitian berikut:



Gambar 3.2 Rancangan Box Lapis Sekam Padi Tampak Atas.



Gambar 3.3 Rancangan penelitian tampak depan.

3.5 Pengambilan data

3.5.1 Pembuatan Sampel Kontrol

1. Disiapkan yoghurt plain segar yang dikemas oleh KOP SAE Pujon, kemudian dibekukan di lemari es 3x24 jam.
2. Disimpan yoghurt pada suhu ruang selama 10 jam.
3. Diukur suhu yoghurt setiap 2 jam sekali selama 10 jam.
4. Dilakukan pengujian pertumbuhan koloni bakteri pada yoghurt setiap 2 jam sekali selama 10 jam.
5. Diukur pH yoghurt dan pH ruang setiap 2 jam sekali selama selama 10 jam.

Tabel 3.1 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yoghurt pada penyimpanan suhu ruang.

Waktu (Jam)	Suhu (°C)
0	
2	
4	
6	
8	
10	

Tabel 3.2 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pertumbuhan koloni bakteri yoghurt pada penyimpanan suhu ruang.

Waktu (Jam)	Pengulangan Jumlah Bakteri (Cfu/ml)			Rata – rata
	1	2	3	
0				
2				
4				
6				
8				
10				

Tabel 3.3 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pH yoghurt dan pH ruang pada penyimpanan suhu ruang.

Waktu (Jam)	pH Yoghurt	pH Ruang
0		
2		
4		
6		
8		
10		

3.5.2 Pembuatan Sampel Uji dengan Box sekam padi

1. Disiapkan yoghurt plain segar yang dikemas oleh KOP SAE Pujon, kemudian dibekukan di lemari es 3x24 jam.

2. Disiapkan box plastik berukuran $53,5 \times 36,5 \times 29 \text{ cm}^3$ yang telah dilapisi dengan karung. Kemudian diisi setengah dari box plastik dengan sekam padi.
3. Diletakkan 3 sampel yoghurt plain beku pada tengah box plastik kemudian ditutup kembali dengan sekam padi sampai sejajar dengan tinggi box.
4. Ditutup box plastik yang berisi yoghurt dan sekam padi.
5. Diukur suhu yoghurt setiap 2 jam sekali selama selama 10 jam.
6. Dilakukan pengujian pertumbuhan bakteri pada yoghurt setiap 2 jam sekali selama 10 jam.
7. Diukur pH yoghurt dan pH ruang setiap 2 jam sekali selama selama 10 jam.
8. Dilakukan langkah pengujian yang sama pada setiap variasi densitas sekam padi.

Tabel 3.4 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yoghurt pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi.

Densitas (gr/cm^3)	Waktu (Jam)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
Sebelum penyimpanan	0	
$\rho_1 = 0,09$	2	
	4	
	6	
	8	
	10	
$\rho_2 = 0,11$	2	
	4	
	6	
	8	
	10	
$\rho_3 = 0,13$	2	
	4	
	6	
	8	

	10	
--	----	--

Tabel 3.5 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yogurt pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi.

Densitas (gr/cm ³)	Waktu (Jam)	Pengulangan Jumlah Bakteri (CFU/ml)			Rata – rata
		1	2	3	
Sebelum penyimpanan	0				
$\rho_1 = 0,09$	2				
	4				
	6				
	8				
	10				
$\rho_2 = 0,11$	2				
	4				
	6				
	8				
	10				
$\rho_3 = 0,13$	2				
	4				
	6				
	8				
	10				

Tabel 3.6 Data pengaruh lama penyimpanan dengan pH yogurt dan pH ruang pada penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi.

Densitas (gr/cm ³)	Waktu (Jam)	pH Yoghurt	pH Ruang
$\rho_1 = 0,09$	0		
	2		
	4		
	6		
	8		
	10		
$\rho_2 = 0,11$	0		
	2		
	4		
	6		
	8		
	10		

$\rho_3 = 0,13$	0		
	2		
	4		
	6		
	8		
	10		

3.5.3 Pembuatan Sampel Uji Penyimpanan pada Box Steroform

1. Disiapkan yoghurt plain segar yang dikemas oleh KOP SAE Pujon, kemudian dibekukan di lemari es 3x24 jam.
2. Disiapkan box steroform ukuran 33x24,5x27,5 cm³.
3. Disimpan 3 buah yoghurt pada box steroform selama 10 jam.
4. Diukur suhu yoghurt setiap 2 jam sekali selama selama 10 jam.
5. Dibandingkan hasil data suhu yoghurt antara penyimpanan pada box steroform, suhu ruang dan box sekam padi pada setiap variasi densitas sekam.

Tabel 3.7 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap suhu yoghurt pada penyimpanan menggunakan box steroform.

Waktu (Jam)	Suhu (°C)
0	
2	
4	
6	
8	
10	

Tabel 3.8 Data pengaruh lama penyimpanan terhadap pH yoghurt dan pH ruangan pada penyimpanan menggunakan box steroform.

Waktu (Jam)	pH Yoghurt	pH Ruang
0		
2		
4		

6		
8		
10		

3.5.4 Uji Suhu

Uji suhu dilakukan menggunakan termometer dengan cara memasukkan termometer pada yoghurt yang telah dituangkan pada *beaker glass* kemudian diukur suhu yoghurt setiap 2 jam sekali selama 10 jam. Nilai suhu yoghurt dapat dibaca langsung pada alat termometer.

3.5.5 Uji Jumlah Koloni Bakteri

a. Sterilisasi Alat Menggunakan Autoclave

1. Dibungkus alat-alat dengan kertas atau alumunium foil dan diletakkan dalam plastik tahan panas dalam posisi terbalik.
2. Diisi autoclave dengan aquades hingga batas yang ditentukan (3 liter).
3. Diletakkan alat ke dalam wadah yang ada di dalam autoclave.
4. Ditutup dan dinyalakan autoclave.
5. Dikunci alat pengunci agar uap tidak keluar.
6. Ditunggu hingga suhu mencapai 121 °C.
7. Dibuka alat pengunci hingga tekanan mencapai nol.
8. Ditunggu 15 menit.
9. Dimatikan autoclave dan tunggu hingga suhu mencapai suhu kamar.

b. Penyiapan Media NA

1. Ditimbang media NA menggunakan neraca analitik sebanyak 2 gram.

2. Ditambahkan aquades dengan perbandingan 2:100 atau sebanyak 100 ml.
3. Diletakkan magnetic stirrer dan di panaskan menggunakan hotplate hingga homogen.
4. Diletakkan media NA yang sudah homogen kedalam botol.
5. Di sterilisasi media NA menggunakan autoclave.
6. Disimpan di dalam kulkas.

c. Penguian Jumlah Koloni Bakteri Menggunakan Metode *Total Plate Count* (TPC)

1. Disiapkan alat dan media NA yang sudah disterilkan.
2. Disiapkan yoghurt yang telah diberi perlakuan.
3. Disediakan 9 botol flacon yang berisi 9 ml aquades.
4. Diambil 1 ml sampel yaitu yoghurt dengan menggunakan micropipet kemudian dituangkan pada 9 ml larutan aquades pada botol flacon yang pertama dan dihomogenkan (tahap pengenceran pertama atau 10^{-1}).
5. Diambil 1 ml larutan yoghurt pada tahap pengenceran pertama dan dituangkan pada 9 ml larutan aquades pada botol flacon yang kedua dan dihomogenkan (tahap pengenceran kedua atau 10^{-2}).
6. Dilakukan langkah 4 sampai tahap pengenceran kesembilan atau 10^{-9} .
7. Diambil 1 ml hasil pengenceran tahap pertama sampai tahap kesembilan.
8. Diletakkan ke dalam cawan petri kemudian ditambahkan media NA dan dihomogenkan.

9. Diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C pada posisi cawan petri terbalik.
10. Dilakukan semua tahap di atas secara aseptis, yaitu di dekat api yang berasal dari Bunsen.
11. Dihitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Total koloni yang terhitung harus memenuhi standar International Commission Microbiology Food (ICMF) yaitu antara 30 sampai 300 koloni per cawan petri dengan menggunakan persamaan:
$$\Sigma \text{Sel/ml} = \Sigma \text{Koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} \text{ Cfu/ml} \quad (3.1)$$
13. Dilakukan tiga kali pengulangan pengenceran dengan langkah yang sama seperti di atas.

3.5.6 Uji pH

Uji pH dilakukan menggunakan pH meter. Sebelum dilakukan pengukuran pH meter harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan buffer 7,0. Selanjutnya dilakukan pengukuran sampel dengan cara mencelupkan pH meter ke dalam yoghurt yang telah dituangkan pada *beaker glas* kemudian diukur pH yoghurt diukur setiap 2 jam sekali selama 10 jam. Nilai pH yoghurt dapat dibaca langsung pada pH meter. pH ruangan diukur setiap 2 jam sekali selama 10 jam menggunakan Lux meter.

3.5.7 Densitas Sekam Padi Media Pengisi Box

Densitas sekam media pengisi merupakan perbandingan antara berat media pengisi (basah) dengan volumenya. Densitas sekam menunjukkan sifat berongga bahan pengisi. Jika densitas suatu bahan rendah, bahan tersebut bersifat voluminous sehingga jika digunakan sebagai media transportasi akan lebih ringan, kapasitas angkut lebih besar, dan kandungan udara di dalam rongga media pengisi lebih besar (Utomo et al., 1998). Persamaan perhitungan densitas sekam padi adalah sebagai berikut:

$$\text{Densitas Sekam padi} = \frac{\text{Massa sekam padi (gram)}}{\text{Volume box} - \text{Volume yoghurt (cm}^3\text{)}} \quad (3.2)$$

Tabel 3.9 Data densitas sekam media pengisi box.

Perlakuan	Massa sekam (gr)	Volume box (cm ³)	Volume yoghurt (cm ³)	Volume box - Volume yoghurt (cm ³)	ρ (gr/cm)
ρ ₁	5400	56629,75	750	55879,75	0,097
ρ ₂	6300				0,113
ρ ₃	7300				0,13

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistika dalam bentuk tabel yang kemudian akan diubah menjadi grafik menggunakan software Origin untuk mengetahui hubungan antara lama penyimpanan yoghurt dengan menggunakan box sekam padi pada setiap variasi densitas terhadap perubahan suhu, jumlah koloni bakteri dan pH yoghurt untuk tetap memenuhi standart yoghurt yang berkualitas.

3.7 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam desain penelitian ini ada dua macam variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang menjadi penyebab terjadinya perubahan atau faktor-faktor yang nanti akan diukur dan diamati untuk melihat hubungan dari peristiwa yang terjadi, dan variabel terikat adalah variabel tergantung atau merupakan faktor-faktor yang akan diteliti untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Kelompok variabel bebas pada penelitian ini adalah lamanya waktu penyimpanan pada sekam padi (t) dan variasi densitas sekam padi (ρ), untuk kelompok variabel terikatnya adalah suhu yoghurt (T), perumbuhan koloni bakteri pada yoghurt (Cfu/ml) dan keasaman yoghurt (pH).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan yoghurt menggunakan box styrofoam dan box sekam padi berdasarkan suhu, pertumbuhan koloni bakteri dan pH pada yoghurt. Penelitian ini terdiri dari dua kelompok pengujian, yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol adalah yoghurt plain yang disimpan pada suhu ruang antara 26,5 °C – 29 °C, sedangkan kelompok eksperimen merupakan yoghurt plain yang disimpan menggunakan box styrofoam berukuran 33x24,5x27,5 cm³, dan box sekam padi dengan nilai densitas 0,09 gram/cm³, 0,11 gram/cm³, dan 0,13 gram/cm³.

Tahap pertama yang dilakukan adalah menyiapkan sampel penelitian berupa yoghurt plain dengan kultur bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang diproduksi oleh Koperasi Andandani Ekonomi (KOP SAE) Pujon. Selanjutnya yoghurt plain tersebut disimpan dalam lemari es selama 3x24 jam dan kemudian dilakukan penyimpanan 2 sampai 10 jam pada masing-masing kelompok pengujian. Terakhir, masing-masing kelompok pengujian dilakukan pengamatan terhadap suhu, pertumbuhan koloni bakteri, dan pH pada yoghurt.

4.1.2 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Suhu Yoghurt.

1. Data Hasil Penelitian

Data suhu yoghurt didapatkan melalui pengukuran menggunakan termometer. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Besar Suhu pada Yoghurt.

Densitas Sekam Padi (gram/cm ³)	Suhu (°C)					
	0 Jam	2 Jam	4 Jam	6 Jam	8 Jam	10 Jam
Kontrol	-2,5	8	15	21	28,5	29
Steroform	-2,5	-1	1	5	9	14
0,09	-2,5	-2	-2	-1	-1	-0,75
0,11	-2,5	-2	-2	-1,75	-1,25	-1,25
0,13	-2,5	-2,5	-2	-1,75	-1,5	-1,5

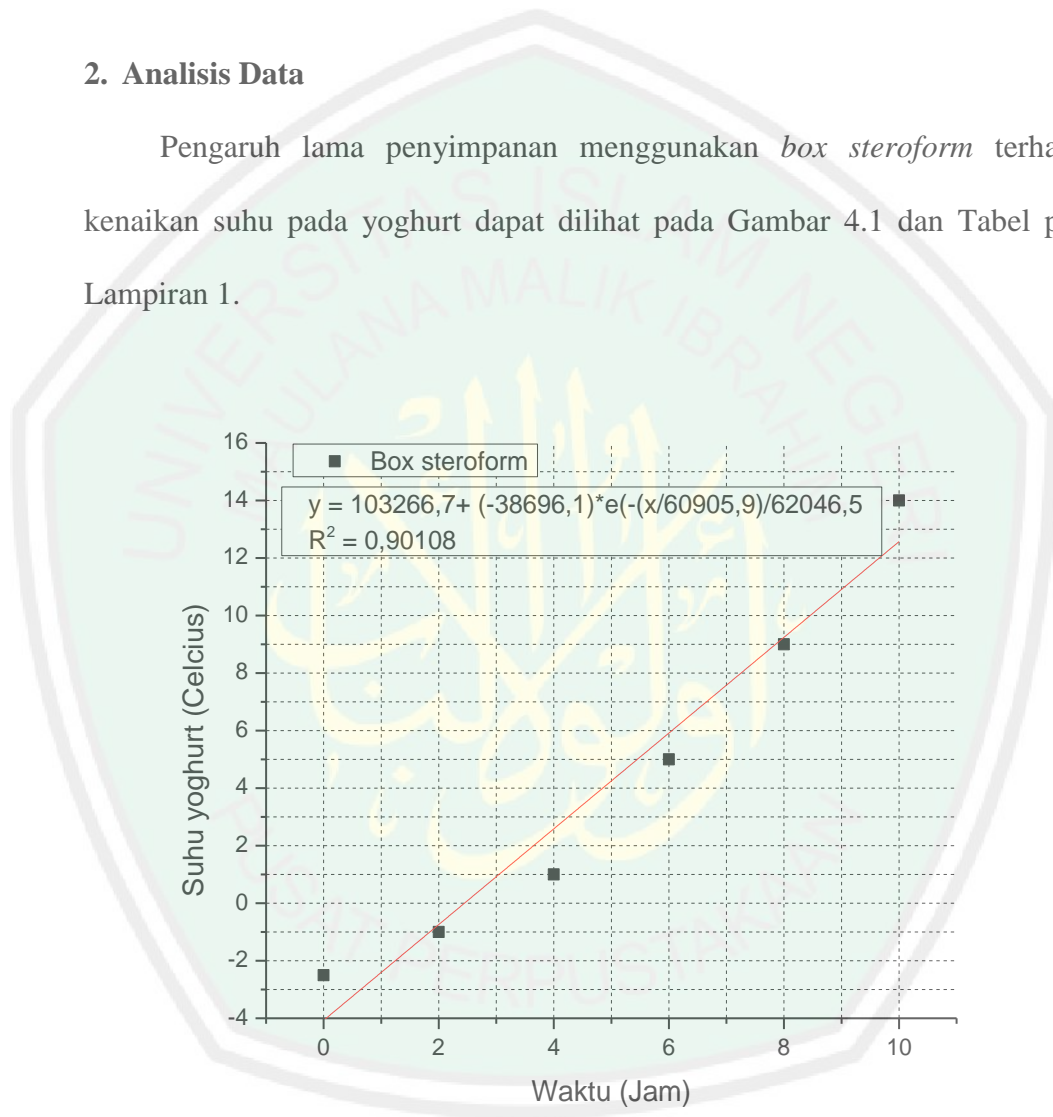
Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa tempat dan lama penyimpanan yoghurt berpengaruh terhadap kenaikan suhu yoghurt. Suhu yoghurt sebelum dilakukan penyimpanan adalah sebesar -2,5 °C. Suhu yoghurt mengalami kenaikan setelah yoghurt disimpan menggunakan box steroform dan box sekam padi dengan nilai densitas 0,09 gram/cm³, 0,11 gram/cm³, dan 0,13 gram/cm³ selama 2- 10 jam berturut-turut menjadi -1 hingga 14°C, -2 hingga -0,75°C, -2 hingga -1,25°C, dan -2,5 hingga -1,5 °C.

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi selama 2-10 jam dapat memperlambat kenaikan suhu yoghurt. Kenaikan suhu yoghurt paling rendah didapatkan pada nilai densitas sekam padi 0,13 gram/cm³ yaitu sebesar 1°C. Hal ini menunjukkan

bahwa box penyimpanan yang efisien adalah menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas 0,13 gram/cm³.

2. Analisis Data

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan *box steroform* terhadap kenaikan suhu pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel pada Lampiran 1.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan *box steroform* terhadap suhu yoghurt.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan *box steroform* selama 0-10 jam, suhu yoghurt mengalami kenaikan sebesar 16,5 °C. Sedangkan, penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi

menghasilkan kenaikan suhu yang rendah pada penyimpanan selama 0-10 jam, yaitu suhu yoghurt berada dibawah 0 °C.

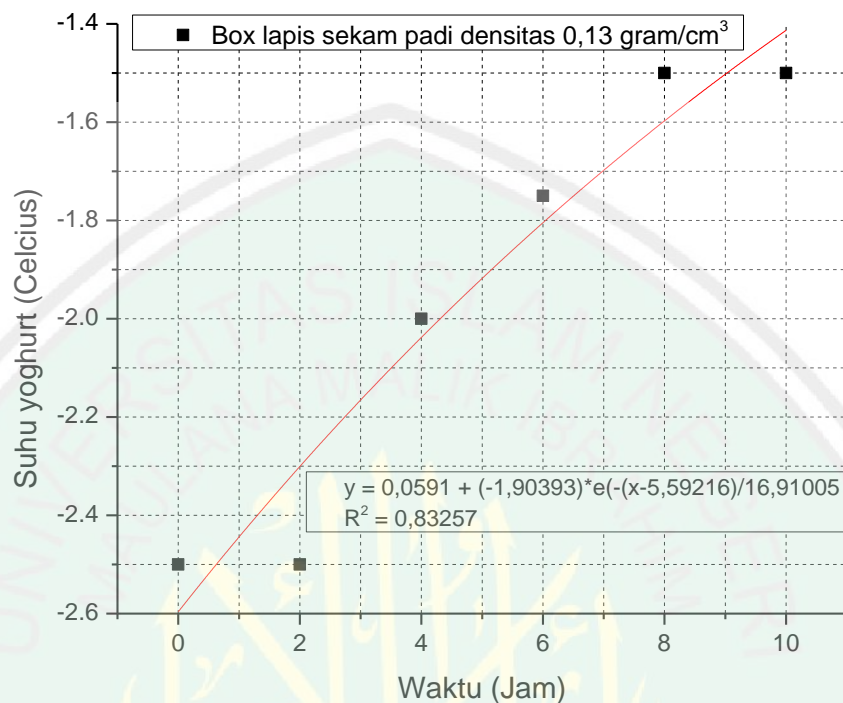
Langkah untuk mengetahui waktu maksimal penyimpanan menggunakan box steroform terhadap kenaikan suhu pada yoghurt, dapat diketahui melalui pendekatan eksponensial seperti pada Gambar 4.1 dan Lampiran 1.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa grafik mengalami kenaikan secara eksponensial dengan regresi sebesar $R^2 = 0,90108$, sebagaimana persamaan 4.1.

$$y = 103266,7 + (-38696,1) * e\left(-\frac{x}{\frac{60905,9}{62046,5}}\right) \quad (4.1)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box steroform, dimana y merupakan suhu maximal yoghurt basi dan x merupakan lama waktu penyimpanan. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.1 dapat diketahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box steroform untuk mencapai suhu 20 °C dibutuhkan waktu 15 jam. Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan suhu pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel pada Lampiran 1.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ dengan lama penyimpanan 0-10 jam, suhu yoghurt mengalami kenaikan sebesar 1 °C. Besar kenaikan suhu yoghurt pada penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$ dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap suhu yoghurt.

Langkah untuk mengetahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ berdasarkan kenaikan suhu pada yoghurt, dapat diketahui melalui pendekatan eksponensial seperti pada Gambar 4.2 dan Lampiran 1.

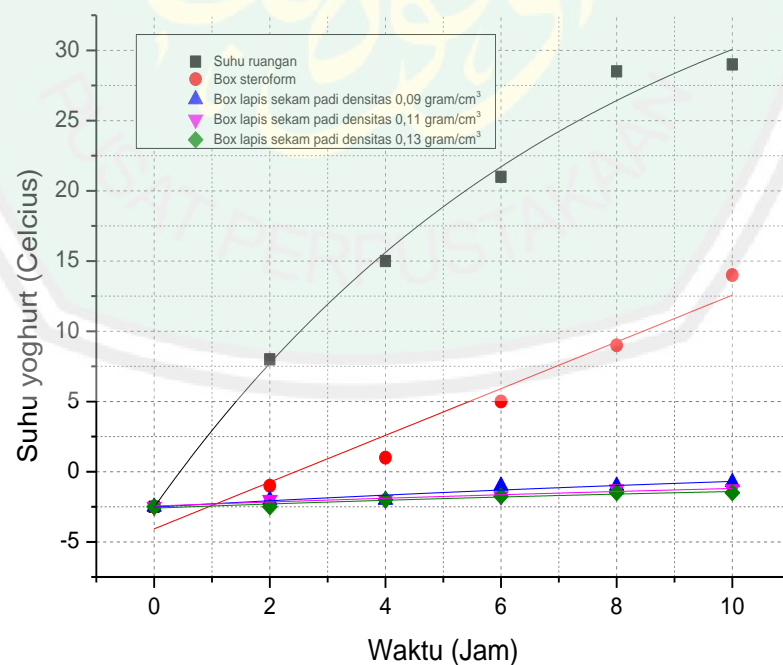
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa grafik mengalami kenaikan secara eksponensial dengan regresi sebesar $R^2 = 0,83257$, sebagaimana persamaan 4.2:

$$y = 0,0591 + (-1,90393) * e^{-\frac{x-5,59216}{16,91005}} \quad (4.2)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho =$

0,13 gram/cm³, dimana y merupakan suhu maximal yoghurt basi yaitu 20 °C dan x merupakan lama waktu penyimpanan. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.2 dapat diketahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13$ gram/cm³ untuk mencapai suhu 20 °C dibutuhkan waktu 45 jam. Hasil grafik dan perhitungan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09$ gram/cm³ dan $\rho = 0,11$ gram/cm³ berdasarkan kenaikan suhu yoghurt dapat dilihat pada Lampiran 4.

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box styrofoam dan box sekam padi terhadap kenaikan suhu pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Tabel pada Lampiran 1.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box styrofoam dan box sekam padi ($\rho = 0,09$ gram/cm³, $\rho = 0,11$ gram/cm³, dan $\rho = 0,13$ gram/cm³) terhadap kenaikan suhu pada yoghurt.

Nilai densitas sekam padi yang efisien dalam mempertahankan suhu yogurth adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ merupakan nilai densitas yang paling besar, jadi jika nilai densitas yang digunakan semakin besar maka akan semakin baik dalam mempertahankan suhu yoghurt.

4.1.3 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Yoghurt.

1. Data Hasil Penelitian

Data jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* diperoleh menggunakan metode TPC dan penghitungan jumlah koloni bakteri dilakukan menggunakan persamaan 3.1. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh data jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Tabel 4.2 dan Tabel pada Lampiran 2.

Tabel 4.2 Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Jumlah Rata-Rata Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Yoghurt.

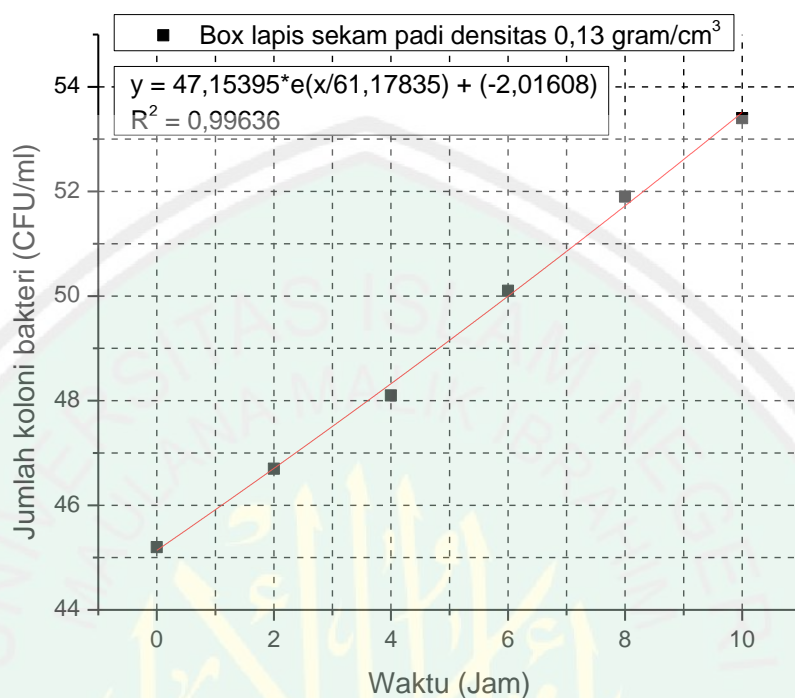
Densitas Sekam Padi (gram/cm ³)	Jumlah Koloni Bakteri <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (10 ⁷ CFU/ml)					
	0 Jam	2 Jam	4 Jam	6 Jam	8 Jam	10 Jam
Kontrol	45,2	61,4	86,9	106,2	189,3	275,8
0,09	45,2	49,3	52,4	55,7	59,1	62,4
0,11	45,2	47,8	49,8	51,6	54,1	57,1
0,13	45,2	46,7	48,1	50,1	51,9	53,4

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt. Jumlah koloni bakteri pada yoghurt sebelum dilakukan penyimpanan pada suhu $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ adalah $45,2 \times 10^7$ CFU/ml. Jumlah koloni bakteri mengalami kenaikan setelah yoghurt disimpan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09\text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11\text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13\text{ gram/cm}^3$ pada lama penyimpanan 2-10 jam berturut-turut menjadi $49,3 \times 10^7$ - $62,4 \times 10^7$ CFU/ml, $47,8 \times 10^7$ - $57,1 \times 10^7$ CFU/ml, dan $46,7 \times 10^7$ - $53,4 \times 10^7$ CFU/ml.

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan lama penyimpanan 2-10 jam dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Nilai densitas sekam padi yang optimum dalam menghambat pertumbuhan jumlah koloni bakteri adalah pada nilai densitas sekam padi $\rho = 0,13\text{ gram/cm}^3$ yaitu sebesar $6,7 \times 10^7$ CFU/ml.

2. Analisis Data

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13\text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.4 Lampiran 2.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ dengan lama penyimpanan 0-10 jam, jumlah koloni bakteri mengalami kenaikan sebesar $8,2 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$. Kenaikan jumlah koloni bakteri pada penyimpanan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ dapat dilihat pada Lampiran 2.

Langkah untuk mengetahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap jumlah koloni bakteri pada yoghurt, dapat diketahui melalui pendekatan eksponensial seperti pada Gambar 4.4. dan Lampiran 2.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa grafik mengalami kenaikan secara eksponensial dengan regresi sebesar $R^2 = 0,99636$, sebagaimana persamaan 4.3:

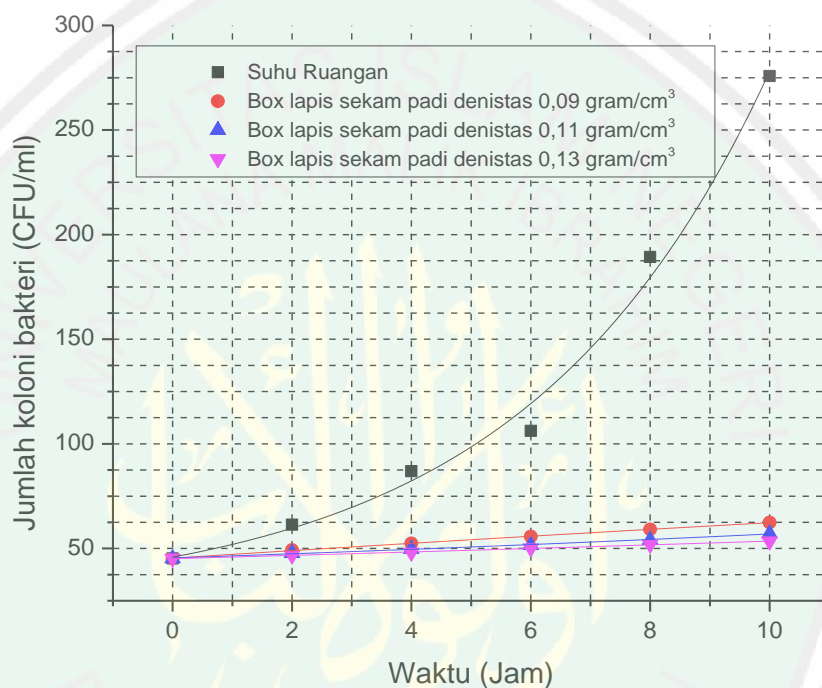
$$y = 47,15395 * e(x/61,17835) + (-2,01608) \quad (4.3)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$, dimana y merupakan suhu maximal yoghurt basi ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) dan x merupakan variasi lama waktu penyimpanan. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.2 dapat diketahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ untuk mencapai suhu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dibutuhkan waktu 47 jam. Hasil grafik dan perhitungan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ berdasarkan jumlah koloni bakteri pada yoghurt dapat dilihat pada Lampiran 5.

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Tabel pada Lampiran 1.

Gambar 4.5 menjelaskan bahwa pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt meningkat seiring lamanya waktu penyimpanan. Penyimpanan yoghurt pada suhu ruangan selama 10 jam, pertumbuhan jumlah koloni bakteri pada yoghurt mengalami kenaikan lebih cepat dibandingkan penyimpanan menggunakan box sterofoam dan box sekam

padi. Namun, penyimpanan menggunakan box sekam padi lebih efektif untuk menahan kenaikan suhu yoghurt. Hal tersebut dikarenakan kandungan silika pada sekam padi yang tinggi.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi ($\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$) terhadap jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dianalisis bahwa nilai densitas yang efisien dalam menghambat pertumbuhan bakteri adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ merupakan nilai densitas yang paling besar, jadi jika nilai densitas yang digunakan semakin besar maka akan semakin baik dalam menghambat pertumbuhan jumlah koloni bakteri pada yoghurt.

Kenaikan jumlah koloni bakteri disebabkan karena adanya percepatan pergerakan ion bermuatan (K^+) pada membran sel yang menyebabkan penambahan energi untuk mengaktifkan kanal K^+ , sehingga ion K^+ yang berada diluar sel akan masuk. Peningkatan aktivitas ion ekstraseluler yang sesuai dengan kebutuhan sel bakteri akan mengaktifkan protein-protein dan enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses pembelahan sel (Poli, 2009).

4.1.4 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Besar pH pada Yoghurt.

1. Data Hasil Penelitian

Data pH yoghurt diukur menggunakan pH meter. pH yoghurt dapat diketahui melalui layar pada pH meter. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Besar pH pada Yoghurt.

Densitas Sekam Padi (gram/cm ³)	Besar pH					
	0 Jam	2 Jam	4 Jam	6 Jam	8 Jam	10 Jam
Kontrol	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1
Steroform	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0
0,09	4,5	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2
0,11	4,5	4,5	4,4	4,3	4,3	4,2
0,13	4,5	4,5	4,5	4,4	4,3	4,3

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa lama penyimpanan yoghurt menggunakan box steroform dan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09$ gram/cm³, $\rho = 0,11$ gram/cm³, dan $\rho = 0,13$ gram/cm³ berpengaruh terhadap penurunan pH yoghurt. Besar pH yoghurt sebelum dilakukan

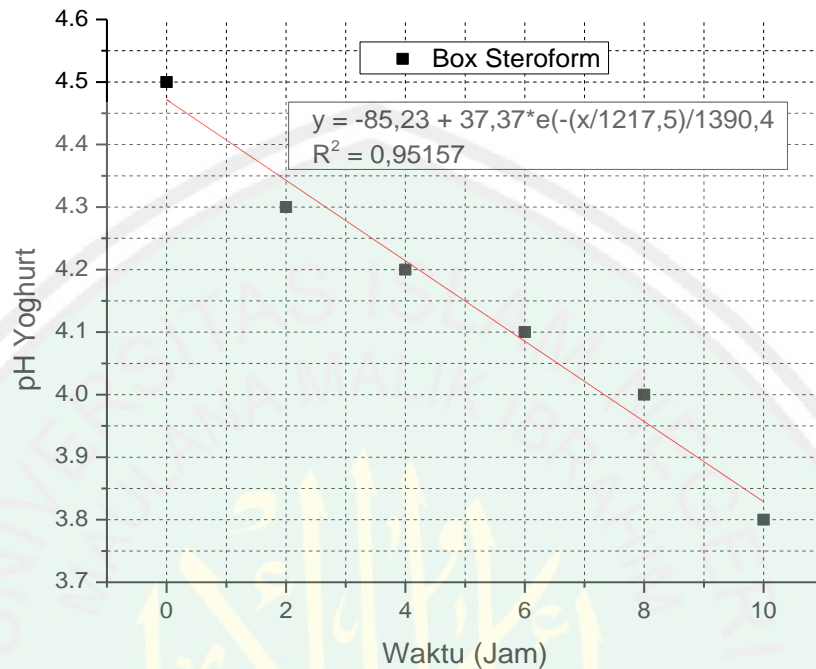
penyimpanan pada box styroform dan box sekam padi adalah sebesar 4,5. Besar pH mengalami penurunan setelah yoghurt disimpan menggunakan *box styroform* dan *box sekam padi* dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ selama 2-10 jam, berturut-turut pH menurun menjadi 4,4-4,0, 4,5-4,2, 4,5-4,2, dan 4,5-4,3.

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan *box sekam padi* selama 2-10 jam dapat menghambat penurunan pH yoghurt. Penurunan pH paling rendah didapatkan pada box sekam padi dengan nilai densitas sekam padi $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Penurunan pH yoghurt pada penyimpanan menggunakan box styroform dan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ selama 2-10 jam masih berada diantara batas ambang standart SNI. Namun, penurunan pH yang rendah didapatkan pada nilai densitas sekam padi $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ yaitu sebesar 0,2.

2. Analisis Hasil

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan *box styroform* terhadap penurunan pH pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Tabel pada Lampiran 3.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan *box styroform* selama 0-10 jam, pH yoghurt mengalami penurunan sebesar 0,5. Sedangkan, penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi menghasilkan penurunan pH rendah, yaitu 0,2-0,3.



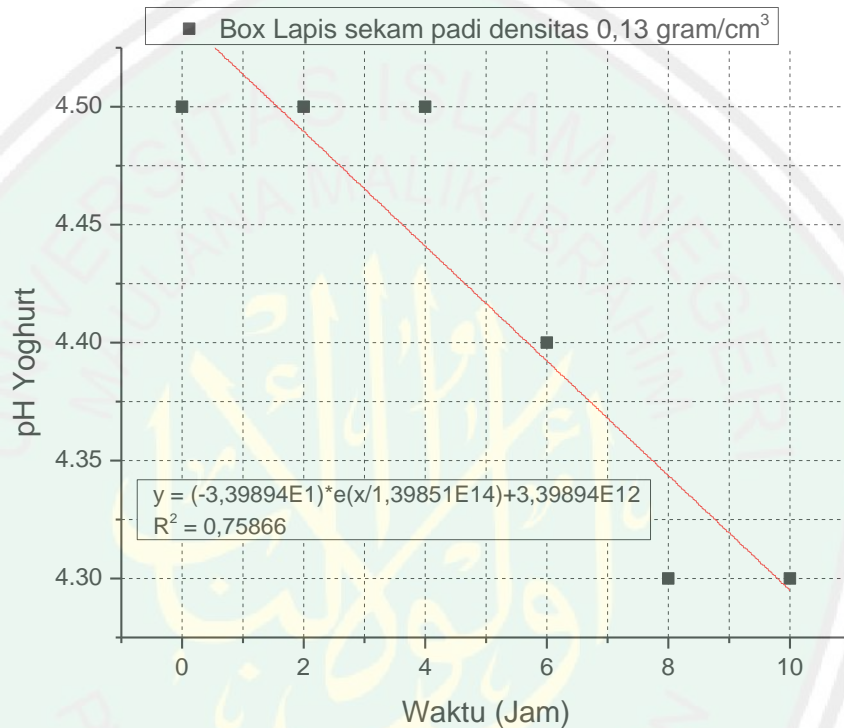
Gambar 4.6 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan *box steroform* terhadap pH yoghurt.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa grafik mengalami kenaikan secara eksponensial dengan regresi sebesar $R^2 = 0,95157$, sebagaimana persamaan 4.4.

$$y = -85,23 + 37,37 * e\left(-\frac{x}{\frac{1217,5}{1390,4}}\right) \quad (4.4)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box steroform, dimana y merupakan pH maximal yoghurt basi dan x merupakan lama waktu penyimpanan. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.4 dapat diketahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box steroform untuk mencapai suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dibutuhkan waktu 15 jam.

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap penurunan pH yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Tabel pada Lampiran 1.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap pH yoghurt.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ dengan lama penyimpanan 10 jam, pH yoghurt mengalami penurunan sebesar 0,2. Besar penurunan pH yoghurt pada penyimpanan menggunakan box sekam padi dengan densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$ dapat dilihat pada Lampiran 1.

Langkah untuk mengetahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box lapis $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ terhadap penurunan pH yoghurt, dapat diketahui melalui pendekatan eksponensial seperti pada Gambar 4.7 dan Lampiran 6.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa grafik mengalami kenaikan secara eksponensial dengan regresi sebesar $R^2 = 0,75866$, sebagaimana persamaan 4.5:

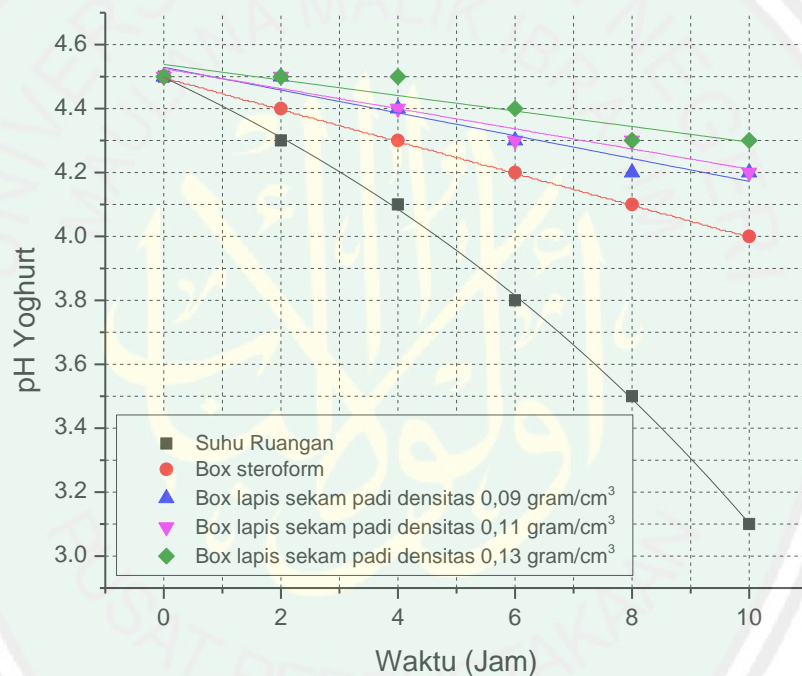
$$y = (-3,39894E1) * e(x/1,39851E14) + 3,39894E12) \quad (4.5)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$, dimana y merupakan pH maksimal yoghurt basi ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) dan x merupakan lama waktu penyimpanan. Hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.5 dapat diketahui waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ untuk mencapai suhu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dibutuhkan waktu 45 jam. Hasil grafik dan perhitungan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ berdasarkan penurunan pH yoghurt dapat dilihat pada Lampiran 6.

Pengaruh lama penyimpanan menggunakan box sterofoam dan box sekam padi terhadap penurunan pH pada yoghurt dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Tabel Lampiran 3.

Gambar 4.8 menjelaskan bahwa kenaikan pH yoghurt meningkat seiring lamanya waktu penyimpanan. Penyimpanan yoghurt pada suhu ruangan selama

10 jam, pH yoghurt mengalami kenaikan lebih cepat dibandingkan penyimpanan menggunakan box styrofoam dan box sekam padi. Namun, penyimpanan menggunakan box sekam padi lebih efektif untuk menahan kenaikan pH yoghurt. Hal tersebut dikarenakan kandungan silika pada sekam padi yang tinggi.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box styrofoam dan box sekam padi ($\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$, $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$, dan $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$) terhadap pH pada yoghurt.

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dianalisis bahwa nilai densitas yang efisien dalam mempertahankan suhu yogurth adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ merupakan nilai densitas yang paling besar, jadi jika nilai densitas yang digunakan semakin besar maka akan semakin baik dalam menghambat kenaikan pH yoghurt.

Penurunan pH pada yoghurt dikarenakan meningkatnya aktivitas bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dalam membentuk selulosa. Peningkatan ini menyebabkan penghasilan asam asetat semakin meningkat dan menambah ion H^+ pada yoghurt. Bertambahnya ion H^+ pada yoghurt akan mengakibatkan pH menurun atau yoghurt semakin asam.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Suhu Yoghurt.

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas yogurt adalah dengan mengetahui suhu yoghurt. Penyimpanan yoghurt pada suhu ruang cenderung mengalami perubahan suhu yoghurt yang cepat, sehingga dibutuhkan suatu tehnik penyimpanan untuk mempertahankan suhu yoghurt. Tehnik penyimpanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penyimpanan menggunakan box styrofoam dan box sekam padi dengan densitas $\rho = 0,09$ gram/cm³, $\rho = 0,11$ gram/cm³ dan $\rho = 0,13$ gram/cm³. Lamanya waktu penyimpanan menyebabkan kenaikan suhu yoghurt, ini dikarenakan sifat dari masing-masing bahan yang digunakan sebagai *box* penyimpanan memiliki sifat yang berbeda-beda.

Sifat khusus yang dimiliki styrofoam atau polistirena foam adalah berbahan plastik dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator

panas yang sangat baik (BPOM, 2008). Sterofoam bersifat amorf dan tembus cahaya, mempunyai indeks refraksi tinggi, sukar ditembus oleh gas kecuali uap air, dapat larut dalam alkohol rantai panjang, kitin, ester hidrokarbon yang mengikat khlorin. Polimer ini mudah rapuh (Sulchan dan Nur, 2007).

Steroform atau polistirena foam dihasilkan dari campuran 90-95% polistirena dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana. Polistirena foam dibuat dari monomer stirena melalui suspensi polimerisasi pada tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa *Moving agent* (BPOM, 2008).

Perpindahan zat dari dalam kemasan menuju ke dalam bahan makanan dipengaruhi oleh 4 faktor yaitu: luas permukaan yang kontak dengan makanan, kecepatan migrasi, jenis bahan plastik dan suhu serta lamanya kontak. Mc. Gueness dalam Sulchan dan Nur (2007) menjelaskan bahwa semakin panas bahan makanan yang dikemas, semakin tinggi peluang terjadinya migrasi zat-zat dalam kemasan (plastik) ke dalam makanan.

Polistirena foam (Sterofoam) yang terbentuk dari monomer stiren apabila terkena pengaruh suhu akan terjadinya dekomposisi polistirena menjadi stirena sangat reaktif di udara, sehingga dapat bereaksi dengan hidroksil radikal dan ozon. Stirena tersebut akan mengalami oksidasi dengan ozon menghasilkan formaldehid, benzaldehid, dan asam benzoat (Ahmann, 2009).

Sedangkan sekam padi memiliki sifat dapat menahan pertukaran suhu karena sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras (Nuryono dan Narsito,

2009) ; (Patabang, 2012). Kandungan silika dalam sekam padi berbentuk zeolit yang merupakan senyawa alumina silika (Si/Al) yang mempunyai pori dan sifat adsorbs yang tinggi. Sifat ini dikarenakan struktur bagian dalam zeolit yang membentuk lubang dan sambungan yang dapat diisi dengan molekul molekul lain, termasuk molekul air (Djaeni, 2008). Menurut Ng dkk., (2003), sekam merupakan jenis butiran yang bersifat higroskopis yang dapat mengembang ketika dibasahi dan dapat menyusut ketika terlalu kering. Oleh karena itu ketika terjadi penyerapan air di permukaan endosperm, sel (bagian dalam endosperm) akan mengembang, ini menyebabkan adanya tekanan (*compressive stress*) di permukaan dan *tensile stress* (ketahanan) di dalam sel. Menurut Prakash (2011) *compressive stress* butir gabah jauh lebih tinggi dibandingkan *tensile stressnya*. Ketika gabah tidak lagi mampu menahan tekanan dari permukaan maka akan terjadi keretakan dalam di butiran ini.

Hal di atas juga disebabkan karena adanya kalor atau perpindahan kalor antara sistem dengan lingkungan. Perpindahan kalor pada penelitian ini adalah perpindahan kalor secara konduksi. Pada konduksi energi termis yang ditransfer melewati interaksi antara atom-atom atau molekul, walaupun atom-atom dan molekulnya tidak berpindah (Tipler, 1998). Konduksi kalor dari satu titik ke titik yang lain hanya terjadi jika ada perbedaan temperature di antara dua titik. Percepatan aliran kalor melalui sebuah zat proporsional terhadap perbedaan kalor dikedua ujungnya. Kecepatan aliran kalor juga bergantung pada ukuran dan bentuk obyek. Panas mengalir dari suatu benda yang suhunya lebih tinggi ke benda lain yang suhunya lebih rendah apabila keduanya disinggungkan satu sama

lain, juga mengalir dari bagian suatu benda yang suhunya tinggi ke bagian lain dari benda itu juga yang suhunya lebih rendah (Soedjo, 1999). Pada objek yang memiliki temperatur tinggi molekul lebih cepat bertabrakan dengan molekul-molekul yang lebih lambat dan memindahkan sebagian energi kinetiknya ke molekul tersebut, yang kemudian kecepatannya meningkat sepanjang objek (Giancoli 2014).

Secara eksperimental bahwa aliran kalor Q dalam waktu t ditunjukkan dengan persamaan 2.3 (Giancoli, 2014). Sekam padi memiliki konduktivitas termal sebesar 0,0359 W/mK. Nilai konduktivitas termal terbaik untuk dijadikan sebagai isolator bekisar antara 0,034–0,21 W/mK (Kreith, 1976 dalam Arbintarso, 2008). Zat yang mempunyai konduktivitas termal k yang kecil adalah penghantar kalor yang jelek, atau sebuah isolator termal yang baik (Halliday, 1998).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kalor mempengaruhi suhu benda yang dalam hal ini adalah yoghurt. Panas mengalir dari suatu benda yang suhunya lebih tinggi ke benda lain yang suhunya lebih rendah apabila keduanya disinggungkan satu sama lain, juga mengalir dari bagian suatu benda yang suhunya tinggi ke bagian lain dari benda itu juga yang suhunya lebih rendah. Aliran panas yang demikian merupakan transfer atau pindahan tenaga kinetik getaran dari satu atom ke atom lain di sebelahnya melalui tumbukan. Sebagaimana di dalam benda padat, atom-atom benda itu bergetar di sekitar titik setimbangnya dengan tenaga kinetik (Soedjo, 1999). Jadi, panas mengalir dari lingkungan menuju yoghurt yang disimpan pada box sekam padi.

Proses pertukaran kalor antara dua zat akan sama dengan kalor yang diterima oleh zat lainnya. Hukum kekekalan ini disebut dengan Azas Black, yang dituliskan dengan persamaan:

$$Q_{\text{Lepas}} = Q_{\text{Terima}} \quad (4.6)$$

Dalam proses penyimpanan ada kalor yang hilang ke lingkungan (udara/wadah/zat penghambat lainnya). Namun, jika penyimpanan dilakukan pada wadah tertutup kalor yang hilang ke lingkungan diabaikan, karena sangat kecil. Tetapi tidak untuk penyerapan pada wadah atau sekam padi. Energi yang diterima yoghurt tidak sama dengan yang dilepas oleh lingkungan. Ini dikarenakan sifat dari sekam padi yang dapat menyerap kalor sehingga tidak semuanya kalor dapat diterima oleh yoghurt.

Kapasitas panas dari sekam padi dapat dihitung menggunakan persamaan Azas Black, yaitu:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{Lingkungan}} = Q_{\text{Yoghurt}} + Q_{\text{Sekam padi}} \quad (4.8)$$

4.2.2 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Yoghurt.

Viabilitas menunjukkan kemampuan hidup bakteri asam laktat (BAL) total yang masih hidup dalam yoghurt simbiotik selama penyimpanan. Menurut Kurmann *et al.* (1992) susu segar yang diolah menggunakan teknik fermentasi (*Fermented*) atau pemanfaatan kultur mikroba (*Cultured*) maka syarat-syarat yang harus dipenuhi agar dapat disebut sebagai susu fermentasi: (1) menggunakan

mikroba terpilih, non patogenik, non toksigenik; (2) derajat keasaman minimum yang harus terpenuhi adalah 0,6% total asam yang dinyatakan dalam asam laktat diakhir proses fermentasi (setara dengan nilai pH sekitar 4,6-4,7); (3) jumlah sel yang hidup (*viable cell count*) yang terdapat pada produk susu fermentasi setelah proses fermentasi selesai setidaknya harus mengandung 10^8 - 10^9 CFU/ml. Pada saat produk dikonsumsi minimal jumlah sel hidup yang terkandung setidaknya harus berjumlah 10^7 CFU/ml.

Kenaikan pertumbuhan jumlah bakteri juga dipengaruhi besar kecilnya densitas sekam padi, yaitu apabila semakin besar nilai densitas sekam padi maka pertukaran kalor sistem dengan lingkungan akan semakin kecil begitu pula pada pertumbuhan bakterinya juga akan semakin kecil dan sebaliknya. Hal ini tentu saja dipengaruhi oleh kandungan dari sekam padi itu sendiri.

Kandungan terbesar dari sekam padi adalah silika, silika pada sekam tersusun dalam bentuk jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras (Nuryono dan Narsito, 2009) : (Patabang, 2012) dalam . Porositas silika memberikan luas permukaan yang besar dalam partikel silika untuk aplikasi kimia dan fisika (El-Nahhal et al, 2007). Kandungan silika dalam sekam padi berbentuk zeolit yang merupakan senyawa alumina silika (Si/Al) yang mempunyai pori dan sifat adsorbs yang tinggi (Djaeni, 2008). Zeolit juga termasuk material kimia yang dapat membawa gugus-gugus ion-ion logam ke dalam matriksnya dan sebagai *slow release agent* yang dapat melepaskan ion-ion logam yang semula berada didalam menjadi keluar matriks secara sedikit demi sedikit. Sehingga silika dapat dijadikan

material yang sangat baik sebagai material pembawa dalam aplikasi bahan antibakteri keras (Nuryono dan Narsito, 2009) : (Patabang, 2012). Zeolit merupakan suatu adsorben tidak beracun yang mampu mempertahankan warna produk sehingga direkomendasikan untuk pengeringan produk-produk makanan dan obat (Djaeni, 2008). Sekam padi sangat tahan terhadap dekomposisi jamur yang menyebabkan sekam padi sulit untuk terurai secara alami (Enymia dkk, 1998).

Viabilitas bakteri *Lactobacillus bulgaricus* selain dipengaruhi oleh lamanya waktu penyimpanan juga dipengaruhi oleh besar nilai densitas sekam padi. Penggunaan nilai densitas sekam padi yang semakin kecil menyebabkan pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* akan semakin besar dan sebaliknya. Bila nilai densitas sekam padi yang digunakan semakin besar maka akan dapat menghambat bahkan membunuh bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Nilai optimum densitas sekam padi yang efektif digunakan sebagai penyimpanan yoghurt dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada nilai densitas 0,13 gram/cm³.

4.2.3 Pengaruh Lama Penyimpanan dengan Box sekam padi terhadap pH pada Yoghurt.

Penurunan pH pada yoghurt terjadi karena pemberian perlakuan penyimpanan. Menurut (Nisa, 2014) pemberian perlakuan penyimpanan yoghurt dapat mengubah kadar asam laktat, dimana semakin lama penyimpanan, semakin tinggi kadar asam laktat yang dihasilkan karena semakin lama waktu

penyimpanan maka akan semakin banyak pula laktosa yang dipecah menjadi asam laktat. Kadar asam laktat akan meningkat selama penyimpanan. Peningkatan kadar asam laktat dapat terjadi akibat aktivitas bakteri yang memecah laktosa pada susu menjadi asam-asam organik, terutama asam laktat yang tergolong homofermentatif dimana mampu mengubah lebih dari 85% glukosa atau heksosa lainnya menjadi asam laktat (Suprihartono, 2009).

Selama penyimpanan laktosa mula-mula diuraikan oleh enzim laktase menjadi glukosa dan galaktosa. Glukosa akan mengalami glikolisis melalui jalur *Embden-Mayerhof-Parnas* (EMP) yang menghasilkan asam laktat, sedangkan galaktosa dengan bantuan enzim galaktokinase akan diubah menjadi glukosa-1-fosfat, kemudian diubah lagi menjadi glukosa-6-fosfat oleh heksokinase fosfoglukomutase. Glukosa-6-fosfat juga akan mengalami glikolisis yang menghasilkan asam laktat (Tamime dan Robinson, 1989).

Faktor yang mempengaruhi nilai pH adalah kadar laktosa dari susu dan kultur BAL yang digunakan dalam pembuatan yoghurt (Mina, 1992). Derajat keasaman (pH) adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman dari yoghurt. Pengukuran nilai pH bukan menunjukkan jumlah total asam seluruhnya melainkan jumlah asam yang teroksidasi. Nilai yang terukur pada pHmeter pada saat pengukuran merupakan nilai H^+ dari asam yang teoksidasi (Fraizer dan Westhoff, 1979). (Azilda, 2009) Menambahkan asam-asam yang teroksidasi, yaitu asam-asam yang teruarai berdasarkan muatan molekul penyusunnya (anion dan kation). Berbeda dengan asam-asam organik

yang terdapat pada produk fermentasi, asam organik cenderung tidak teroksidasi sempurna dalam larutan.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa penyimpanan yoghurt menggunakan box styrofoam dan box sekam padi dengan densitas $\rho = 0,09$ gram/cm³, $\rho = 0,11$ gram/cm³, dan $\rho = 0,13$ gram/cm³ didapatkan hasil pH yang masih memenuhi SNI yogurt berkualitas untuk dikonsumsi. Menurut Jay (2000) Yoghurt pada umumnya memiliki pH yang baik dengan nilai berkisar 3,5-4,5.

4.3 Integrasi dalam Al-Qur'an

Ayat-ayat Al-Qur'an diturunkan oleh Allah Swt diperuntukkan kepada manusia baik lafadz, makna, dan petunjuknya agar manusia terus belajar, menelaah keterangan dan tujuannya sebagai bekal di dunia dan akhirat. Al-Qur'an mencakup segala aspek kehidupan manusia termasuk didalamnya membahas masalah kesehatan.

Cara untuk menjaga kesehatan selain menjaga kebersihan adalah dengan mengkonsumsi makan dan minuman yang bergizi, tentunya harus halal lagi baik. Makanan dan minuman yang akan dikonsumsi agar tetap berkualitas diikuti dengan penyimpanan dan pengemasan yang baik. Sebagaimana firman Allah Swt yang menganjurkan untuk mengkonsumsi makanan yang halal dan baik dengan memperhatikan cara penyimpanannya, terdapat dalam al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 168 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ ۚ إِنَّهُ لَكُمْ
عَدُوٌّ مُّبِينٌ

“Hai manusia sekalian, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh terbesarku” (QS. Al-Baqarah: 168).

Penafsiran menurut Ibnu Katsir (2004) menjelaskan bahwa Allah Swt telah memberikan nikmat yaitu dengan membolehkan atau (menghalalkan) manusia memakan apa yang telah diciptakan di muka bumi. Makanan dan minuman yang diperbolehkan adalah makanan yang halal, baik, dan bermanfaat bagi diri manusia serta tidak membahayakan bagi tubuh dan akal fikiran. Kata *حَلَالٌ* yaitu segala sesuatu yang cara memperolehnya dan wujud barangnya dibenarkan oleh syari'at dan kata *طَيِّبٌ* adalah kebalikan kata dari *khabitsan* atau jelek/menjijikkan, perkara yang baik adalah perkara yang secara akal dan fitrah dianggap baik.

Salah satu minuman yang halal dan baik untuk dikonsumsi adalah yoghurt. Yoghurt merupakan salah satu produk olahan dari susu yang difermentasikan dengan bantuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus thermophilus*. Baik dalam hal ini adalah dengan menjaga kualitas yoghurt sebelum dikonsumsi dan memanfaatkan apa yang telah diciptakan-NYA di muka bumi, pada penelitian ini memanfaatkan sekam padi sebagai box penyimpanan untuk menjaga baku mutu yoghurt. Berdasarkan penjelasan ayat di atas dapat disimpulkan bahwasannya Allah Swt memerintahkan kepada manusia agar lebih berhati-hati dalam memilih makanan atau minuman yang akan dikonsumsi dengan memperhatikan aspek halal dan baik dari sebuah produk, halal dari segi hukumnya dan baik dari substansinya.

Ayat kedua menjelaskan tentang anjuran mengkonsumsi susu yang merupakan bahan utama dalam pembuatan yoghurt, terdapat dalam QS. Al-Mu'minun ayat 21-22 yang berbunyi:

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿٢١﴾ وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفُلْكِ تُحْمَلُونَ ﴿٢٢﴾

“Sesungguhnya tentang binatang-binatang ternak menjadi pelajaran untukmu. Kami beri minum kamu dengan (air susu) yang ada dalam perutnya, dan binatang-binatang ternak itu banyak manfaatnya untukmu, dan diantaranya kamu makan (dagingnya). Di atas binatang-binatang itu dan di atas kapal kamu diangkut.” (QS. Al-Mu'minun:21-22)

Tafsir Jalalain (2008) menjelaskan pada kata *وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ* (Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak bagi kalian) yakni unta, sapi, dan kambing- *لَعِبْرَةً* (benar-benar terdapat pelajaran yang penting) maksudnya adalah bahan pelajaran yang dapat diambil manfaat besar darinya- *نُسْقِيكُمْ* (Kami memberi minum kalian) *مِمَّا فِي بُطُونِهَا* (dari pada yang ada di dalam perutnya) yakni air susu- *وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ* (dan juga pada hewan ternak itu terdapat faedah yang banyak bagi kalian) dari bulu domba, unta, dan kambing serta manfaat-manfaat lainnya- *وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ* (dan sebagian darinya kalian makan).

Berdasarkan tafsir dari Dr. Zaghoul (2010) tentang proses dihasilkan susu dari hewan ternak yaitu susu dihasilkan melalui proses dari sejumlah kelenjar eksternal yang bersambung dengan urat darah pembawa gizi. Kelenjar ini secara khusus melakukan metabolisme mencerna rumput, dedaunan dan makan kasar lainnya dengan menarik sari-sarinya dengan mengoksidasi dari pembuluh pembawa darah dan pembuluh limfatik pembawa cairan bening. Metabolisme ini dibantu oleh mikroba yang hidup didalamnya untuk membantu mencerna zat

cytoloze sehingga akan menambah nilai gizi dengan mengubah nitrogen organik. Hasil proses fermentasi makanan menjadi asam amino dan cadangan makanan berupa vitamin penting, diantaranya adalah kalsium, fosfor, potasium, magnesium, sodium, dan klor.

Menurut (Ahmad, 2009) Susu adalah salah satu jenis minuman yang mengandung banyak gizi dan satu-satunya sumber energi yang mengandung zat pokok yang dibutuhkan oleh tubuh yaitu lemak, protein, mineral, vitamin-vitamin gula, sodium, dan zat penting lainnya. Manfaat susu sangat banyak terutama bagi penderita gangguan fungsi hati karena susu mengandung *lactose* yang dapat mencegah penyerapan za-zat di usus yang menyebabkan disfungsi hati. Salah satu produk olahan susu yang ada dipasaran adalah yoghurt. Yoghurt memiliki berbagai macam rasa, bentuk dan aroma. Perbedaan ini dikarenakan perbedaan dalam proses pembuatannya dan isolat bakteri yang digunakan. Yoghurt memiliki manfaat untuk kesehatan seperti meningkatkan protein dan kalsium pada tulang, dan menyehatkan pencernaan hingga menghindari terjadinya darah tinggi. Penggunaan isolat bakteri *Lactobacillus bulgaricus* memiliki potensi sebagai antikolesterol karena adanya kandungan EPS yang diproduksinya (Pigeon *et al.*, 2002).

Hal yang perlu diperhatikan sebelum mengkonsumsi yoghurt adalah memperhatikan tanggal kadaluarsa dan kualitasnya. Tanggal kadaluarsa belum tentu menjamin yoghurt masih berkualitas untuk dikonsumsi. Kualitas yoghurt dapat diketahui melalui suhu, pertumbuhan bakteri, dan pH pada yoghurt. Besar pH yang sesuai dengan standart SNI ditentukan oleh banyaknya bakteri yang ada

di dalam susu. Oleh karena itu, cara menjaga kualitas yoghurt agar tetap awet lebih lama untuk dikonsumsi digunakan sebuah alat penyimpanan yaitu *box* penyimpanan dengan *box* sekam padi. Pemanfaatan sekam padi untuk dijadikan sebagai pelapis *box* adalah karena kandungan silika yang tinggi. Silika akan terbentuk ketika unsur silikon (Si) teroksidasi secara termal, berupa lapisan yang sangat tipis terbentuk di permukaan silikon ketika silikon kontak dengan udara (Coniwanti, 2008). Temperatur tinggi silikon akan bersifat sebagai penghantar panas dan listrik yang baik, namun pada temperatur rendah silikon bersifat sebagai isolator panas dan listrik (Sunardi, 2006).

Dibuktikan dari hasil penelitian, bahwa *box* yang paling efektif digunakan untuk menjaga suhu, pertumbuhan bakteri dan pH pada yoghurt adalah *box* sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel Lampiran 1, 2, dan 3.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh lama penyimpanan dengan pelapis pengemas sekam padi terhadap suhu, pertumbuhan bakteri, dan pH pada yoghurt, dapat disimpulkan bahwa:

4. Box penyimpanan yang efisien dalam mempertahankan suhu yoghurt selama penyimpanan 2-10 jam adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$, yaitu mengalami kenaikan suhu sebesar 1°C . Berdasarkan perhitungan melalui pendekatan eksponensial didapatkan, lama penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ adalah 45 jam.
5. Box penyimpanan yang efisien dalam menahan pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt selama penyimpanan 2-10 jam adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$, yaitu mengalami kenaikan jumlah koloni sebesar $8,2 \times 10^7 \text{ CFU/ml}$. Berdasarkan perhitungan melalui pendekatan eksponensial didapatkan lama penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$ padi adalah 47 jam.
6. Jenis box penyimpanan dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap penurunan pH yoghurt. Box penyimpanan yang efisien dalam menghambat penurunan pH yoghurt selama penyimpanan 2-10 jam adalah box sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,13 \text{ gram/cm}^3$, yaitu mengalami penurunan

pH yoghurt sebesar 0,2. Berdasarkan perhitungan menggunakan pendekatan eksponensial didapatkan waktu maksimal penyimpanan yoghurt menggunakan box sekam padi yaitu 45 jam.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi nilai denistas sekam padi yang lebih kecil atau lebih besar, agar dapat mengetahui perbedaan jelas dari perubahan suhu, pertumbuhan jumlah bakteri dan pH yoghurt pada masing-masing perlakuan.
2. Lama waktu simpan yoghurt diperpanjang, karena dengan perlakuan selama 10 jam yogurt masih dalam kondisi beku atau suhu berada di bawah 0 °C.
3. Sebelum menggunakan sekam padi sebaiknya diayak terlebih dahulu agar sampel tidak kotor.
4. Sebaiknya sekam padi tidak hanya digunakan sebagai penyimpanan minuman dingin melainkan dapat dimanfaatkan juga sebagai penyimpanan makanan lain terutama buah-buahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Muhammad. 2017. *Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi*. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Abidin, Z. 2009. *Pengaruh Ketebalan Kombinasi Filter Zeolit dengan Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis Di Sendangguwo, Tembalang, Kota Semarang*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Ahmad, Zaelani dkk. 2006. *fisika*. Bandung: yrama widya.
- Ahmann, D & Dorgan J. R., 2009. Bioengineering for Pollution Prevention through Development of Biobased Energy and Materials State of the Science Report, EPA/600/R-07/028. No.76-78.
- Al-Mahalli, Imam Jalaluddin dan As-Suyuti, Imam Jamaluddin. 2008. *Terjemah Tafsir Jalalain Berikut Asbabul Nuzul Jilid 2*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Asyhari, Muhammad. 2012. *Isolator dan Semikonduktor*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan POM RI. 2008. *Kemasan Polistirena*. Info POM Vol. 9, No. 5. BPOM RI. Jakarta.
- Coniwanti, Pamilia. 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan, Normalitas HCl dan Temperatur Pembakaran pada Pembuatan Silika dari Sekam Padi*. Sumatra Selatan: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Djae D. 2012. *Karakteristik termal briket arang sekam padi dengan variasi bahan perekat*. Jurnal Mekanikal. 2(3): 286-292.
- Djaeni, M., 2008, *Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive*
- Efrizon Umar.2006. *Fisika dan Kecakapan Hidup*. Jakarta: Ganeca Exact.
- Ellyawan S. Arbintarso. 2008. *Kotak Penyimpanan dari Papan Partikel Padi*. Yogyakarta: Teknik Mesin, FTI, IST AKPRIND Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND.
- El-Naggar, Zaghoul. 2010. *Selekta dari Tafsir Ayat-Ayat Kosmos dalam Al-Qur'an Al-Karim #3*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.

El-Nahhal, Yasser. *Toxicity of Diuron, Diquat and Terbutryn to Cyanobacterial Mats. Received July 10, 2015; Accept September 29, 2015.* Department of Environmental and Earth Sciences, Faculty of Science, The Islamic University-Gaza.

Enymia, Suhandia, dan Sulistarihani, N. 1998. *Pembuatan Silika Gel Kering Dari SekamPadi Untuk Bahan Pengisi Karet Ban.* Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia, Vol.7, hal. 1-12.

Gaman PM. dan Sherrington KB. 1994. *ILMU PANGAN. Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi, Edisi kedua.* Murdijati Gardjito, Sri Naruki, Agnes Murdiati.

Garbutt J. 1997. *Essentials of Food Microbiology.* London: Arnold.

Ghofar E.M dkk. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1.* Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Ghofar E.M dkk. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3.* Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Ghofar E.M dkk. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6.* Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Giancoli, Douglas C. 2001. *FISIKA Edisi Ke Lima Jilid 1.* Jakarta: Erlangga.

Giancoli, Douglas C. 2014. *FISIKA: Prinsip dan Aplikasi Edisi ke-7 Jilid.* Jakarta: Erlangga.

Giancoli. 2001. *Fisika.* Jakarta: Erlangga.

Halliday, David. 1998. *FISIKA Edisi Ke 3 Jilid 1.* Jakarta: Erlangga.

Hidayat, Mochamad. 2016. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Campuran Polyurethane pada Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional.* Surabaya: ITS.

Houston, D.F. 1972. *Rice Chemistry and Technology.* Minnesota: American Association of Cereal Chemist, Inc. St. Paul. p. 537.

<http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/56992/3/BAB%20II%20Tinjauan%20Pustaka.pdf>.

Jay, J.M. 1997. *Modern Food Microbiology. 5" edition.* New York : International Thomson Publishing.

Jay, J.M., Loessner, M.J. and Golden, D.A. .2005. *Modern Food Microbiology. 7th Edition, ringer Science and Business Media, Inc.,* New York, 63-90, 101-125.

- Jones, T.S.(2000) 'Silicon', *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*. Kamath, S. R. and Proctor, A. 1998. *Silica Gel from Rice Hull Ash: Preparation and Characterization. Cereal Chemistry*. Vol 75, pp 484–487.
- Keenan. 1980. *Kimia untuk Universitas Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Kementerian Agama RI. 2015. *Al-Quran dan Terjemahnya SAPPHIRE*. Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Kreith, F., 1976, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, edisi ketiga, (Alih Bahasa: A Prijono). Jakarta: Erlangga.
- Kunaepah, U. 2008. *Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah*: Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro,
- Kurmann, J. A., J. L. Rasic dan M. Kroger. 1992. *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products: An International Inventory of Fermented Milk, Cream, Buttermilk, Whey and Related Products*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Mahrhan, Jamaluddin dan A.A Hafna Mubasyir. 2005. *Al- Qur'an Bertutur Tentang Makanan dan Obat- obatan*. Yogyakarta. Mitra Pustaka.
- Malaka, 1997. *Effect of Curdian, a Bacterial Polyshacaride on the Physical Properties and Microstructure of Acid Milk Curd by Lactid Acid Fermentation*. Master Thesis. Japan: Faculty of Agriculture, Miyazaki University.
- Maula. 2009. *Ensiklopedia Kemukjizatan Sains dalam Al-Qur'an dan Sunnah*. Kuala Lumpur: Al-Hidayah Publication.
- Muchtadi, D. dan Betty, S. K. 1980. *Petunjuk Praktek Mikrobiologi Hasil Pertanian 2*. Departemen Pendidikan Tinggi dan Kebudayaan, Jakarta. Halaman : 41-43.
- Nisa Choirun Fithri, dkk. 2014. *Pengaruh Sari Buah Sirsak Dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Yoghurt*. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.2 No.4. Universitas Brawijaya : Malang.
- Nuryono dan Narsito. 2009. *Sintesis Silika Gel Terenkapsuli Enzim dari Abu Sekam Padi dan Aplikasinya untuk Biosensor*. <http://Lib.ugm.ac.id/digitasi/index.php?module=cari-hasilfull&idbuku=616>. Diakses tanggal 27 November 2017 pukul 10.15 WIB.

Orihara, O., I. Sakauchi and Y. Nakazawa. 1992. *Types and Standard for Fermented milk. Challenges For Health Sciences*. Y. Nakazawa and Hasono (sd). Elsevier Applied Science. London.

Frazier WC, dan Westhoff, DC. 1979. *Food Microbiology 3th*. New York: McGraw-Hill Publishing Company Ltd.

Pigeon. 2002. Pigeon Facts. <http://www.pleasebekind.com/pigeon.htm> 1. Diakses tanggal 28 November 2017 pukul 13.45 WIB.

Petrucci, Ralph H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 2 Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.

Poli, Paul S. 2009. *Komunikasi Sel dalam Biologi Molekular*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Products, PhD Thesis of Wageningen University, The Netherlands.

Sembiring, S. dan Karo Karo, P. 2007. *Pengaruh Suhu Sintering terhadap Karakteristik Termal dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi*. Jurnal Sains MIPA, Edisi Khusus Tahun 2007. Vol 13, pp 233 – 239.

Sneath, P.H.A, N.S. Mair, M.E. Sharpe, J.G. Holt. 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 2*. Williams and Wilkins. Baltimore.

Soedjojo, Peter. 1999. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: ANDI.

Standar Nasional Indonesia (SNI). 2009. SNI 2981:2009. Yogurt.

Stanson, C., G. Gardiner, H. Meehan, K. Collins, G. Fitzgerald, P.B. Lynch, R.P. Ross. 2001. *Market potensial for probiotics*. *Am.J.Clin. Nutr.* 73: 476S – 483S.

Sulchan Mohammad dan Nur W Endang. 2007. *Keamanan Pangan Kemasan Plastik dan Styrofoam*. Fakultas Kedokteran UNDIP. Semarang

Sumarjono, 2005. *Fisika Dasar 1*. Malang: UM Press.

Sunardi, S.P. 2006. *116 Unsur Kimia Deskripsi dan Pemanfaatannya*: Yrama Widya.

Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar 1*. Bandung: ITB.

Tamime, A. Y dan R. K. Robinson. 1989. *Yogurt and Technology*. Pergamon Press Plc, Headington Hill Hall, Oxford, Ox. 3 OBW England, England.

Tamime, AY. 2005. *Probiotic Dairy Products. Society of Dairy Technology*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.

Thayyarah, Dr. Nadiah. 2014. Buku Pintar Sains dalam Al-Qur'an; Mengerti Mu'jizat Ilmiah Firman Allah. Jakarta: Zaman.

Williams, RAD. 1982. A review of biochemical techniques in the classification of Lactobacilli. Biochemistry : 351 – 367.

www.sciencephoto.com





LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data Pengaruh Penyimpanan terhadap Suhu Yoghurt

Perlakuan		Suhu Yoghurt(°C)	Kenaikan Suhu Yoghurt (°C)
Tempat Penyimpanan	Lama Penyimpanan (Jam)		
Sebelum Penyimpanan	0	-2,5	-
Kontrol	2	8	10,5
	4	15	17,5
	6	21	23,5
	8	28,5	31
	10	29	31,5
Steroform	2	-1	1,5
	4	1	3,5
	6	5	7,5
	8	9	11,5
	10	14	17,5
Box Sekam Padi $\rho = 0,09 \text{ gr/cm}^3$	4	-2	0,5
	6	-2	0,5
	8	-1	1,5
	10	-1	1,5
	10	-0,75	1,75
Box Sekam Padi $\rho = 0,11 \text{ gr/cm}^3$	2	-2	0,5
	4	-2	0,5
	6	-1,75	0,75
	8	-1,25	1,25
	10	-1,25	1,25
Box Sekam Padi $\rho = 0,13 \text{ gr/cm}^3$	2	-2,5	0
	4	-2	0,5
	6	-1,75	0,75
	8	-1,5	1
	10	-1,5	1

LAMPIRAN 2

Data Pengaruh Penyimpanan terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada Yoghurt

Perlakuan		Jumlah Rata-Rata Koloni Bakteri (CFU/ml)	Kenaikan Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)
Besar Densitas (gr/cm ³)	Lama Penyimpanan (Jam)		
Sebelum Penyimpanan	0	45,2 x 10 ⁷	-
Kontrol	2	61,4 x 10 ⁷	16,2 x 10 ⁷
	4	86,9 x 10 ⁷	41,7 x 10 ⁷
	6	106,2 x 10 ⁷	61 x 10 ⁷
	8	189,3 x 10 ⁷	144,1 x 10 ⁷
	10	275,8 x 10 ⁷	230,6 x 10 ⁷
0,09	2	49,3 x 10 ⁷	4,1 x 10 ⁷
	4	52,4 x 10 ⁷	7,2 x 10 ⁷
	6	55,7 x 10 ⁷	10,5 x 10 ⁷
	8	59,1 x 10 ⁷	13,9 x 10 ⁷
	10	62,4 x 10 ⁷	17,2 x 10 ⁷
0,11	2	47,8 x 10 ⁷	2,6 x 10 ⁷
	4	49,8 x 10 ⁷	4,6 x 10 ⁷
	6	51,6 x 10 ⁷	6,4 x 10 ⁷
	8	54,1 x 10 ⁷	8,9 x 10 ⁷
	10	57,1 x 10 ⁷	11,9 x 10 ⁷
0,13	2	46,7 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁷
	4	48,1 x 10 ⁷	2,9 x 10 ⁷
	6	50,1 x 10 ⁷	4,9 x 10 ⁷
	8	51,9 x 10 ⁷	6,7 x 10 ⁷
	10	53,4 x 10 ⁷	8,2 x 10 ⁷

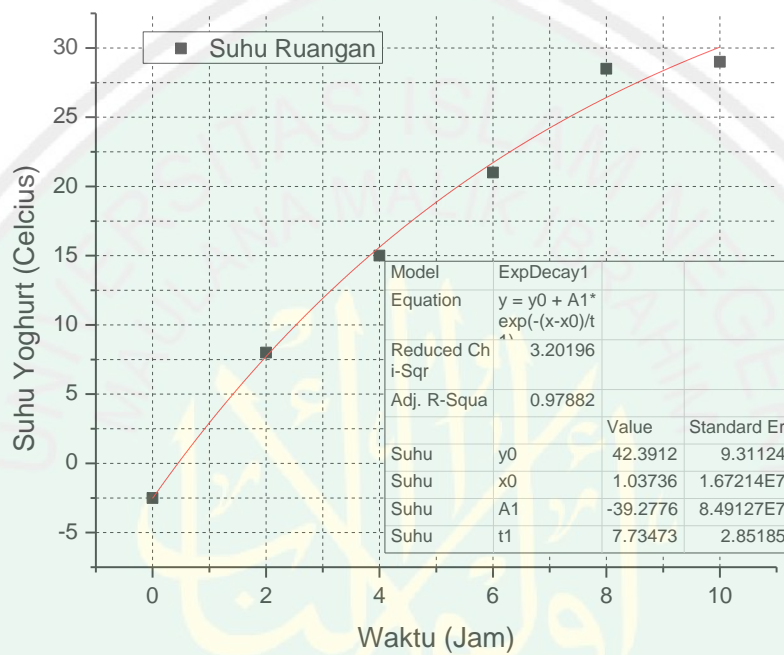
LAMPIRAN 3

Data Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap pH pada Yoghurt

Perlakuan		pH Yoghurt(°C)	Penurunan pH Yoghurt (°C)
Tempat Penyimpanan	Lama Penyimpanan (Jam)		
Sebelum Penyimpanan	0	4,5	-
Kontrol	2	4,3	0,2
	4	4,1	0,4
	6	3,8	0,7
	8	3,5	1
	10	3,1	1,4
Steroform	2	4,4	0,1
	4	4,3	0,2
	6	4,2	0,3
	8	4,1	0,4
	10	4,0	0,5
Box Sekam Padi $\rho = 0,09 \text{ gr/cm}^3$	4	4,5	0
	6	4,4	0,1
	8	4,3	0,2
	10	4,2	0,3
	10	4,2	0,3
Box Sekam Padi $\rho = 0,11 \text{ gr/cm}^3$	2	4,5	0
	4	4,5	0
	6	4,4	0,1
	8	4,3	0,2
	10	4,3	0,2
Box Sekam Padi $\rho = 0,13 \text{ gr/cm}^3$	2	4,5	0
	4	4,5	0
	6	4,4	0,1
	8	4,3	0,2
	10	4,3	0,2

LAMPIRAN 4

Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap suhu yoghurt



$$y = y_0 + A1 \cdot \exp(-(x-x_0)/t_1)$$

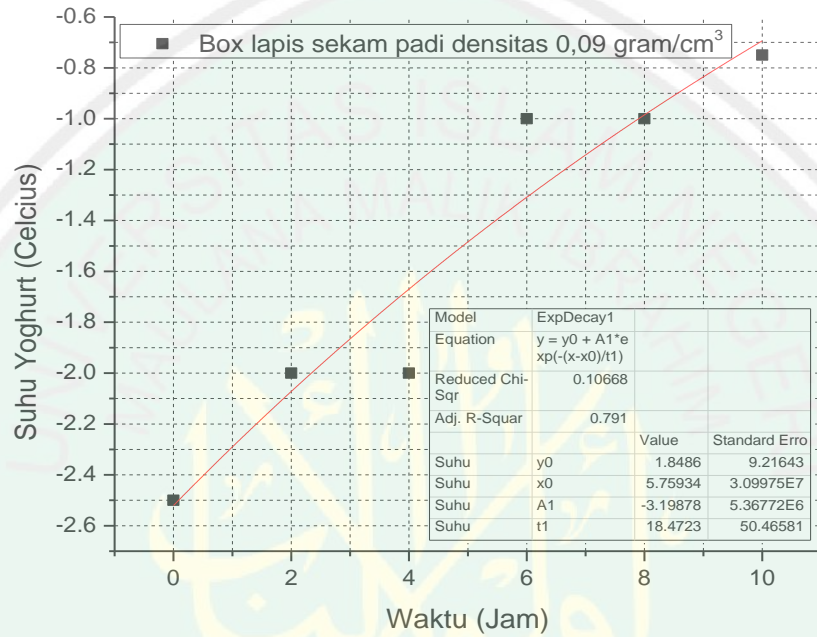
$$20 = 42,3912 + (-39,2776) e^{-(x-1,03736)/7,73473}$$

$$x = 5,48$$

$$x = 6 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 5

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ terhadap suhu yoghurt



$$y = y_0 + A1 \cdot \exp(-(x-x_0)/t1)$$

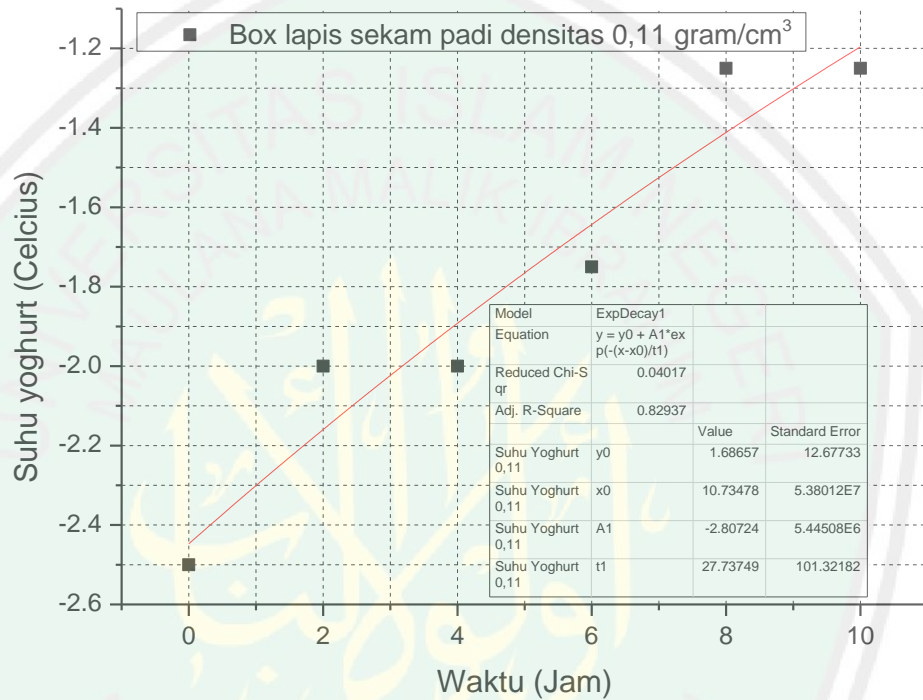
$$20 = 1,8486 + (-3,19878) e^{-(x-5,75934)/18,4732}$$

$$x = 37,83$$

$$x = 38 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 6

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$ terhadap suhu yoghurt.



$$y = y_0 + A1 \cdot \exp(-(x-x_0)/t_1)$$

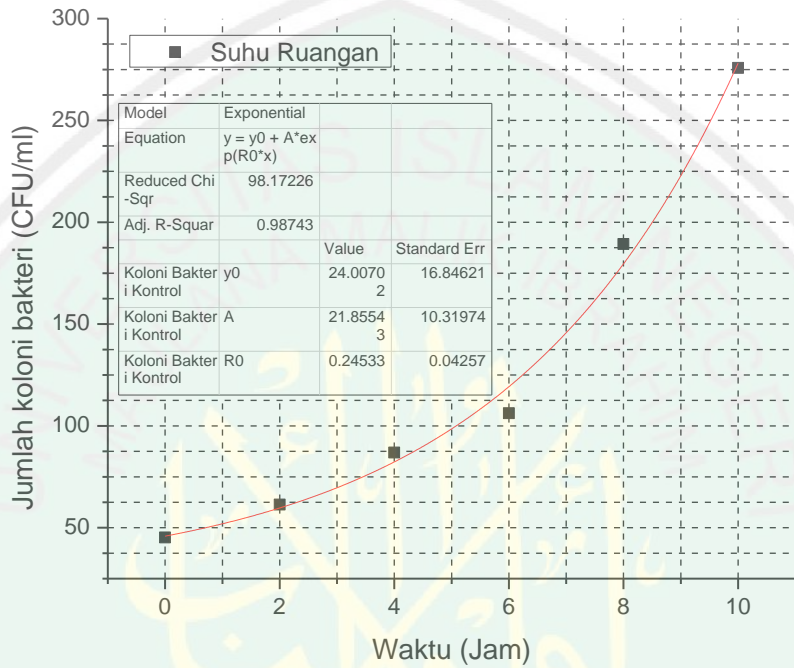
$$20 = 1,66657 + (-2,30724) e^{-(x-(10,734780/27,73749))}$$

$$x = 41,285$$

$$x = 41 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 7

Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt



$$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$$

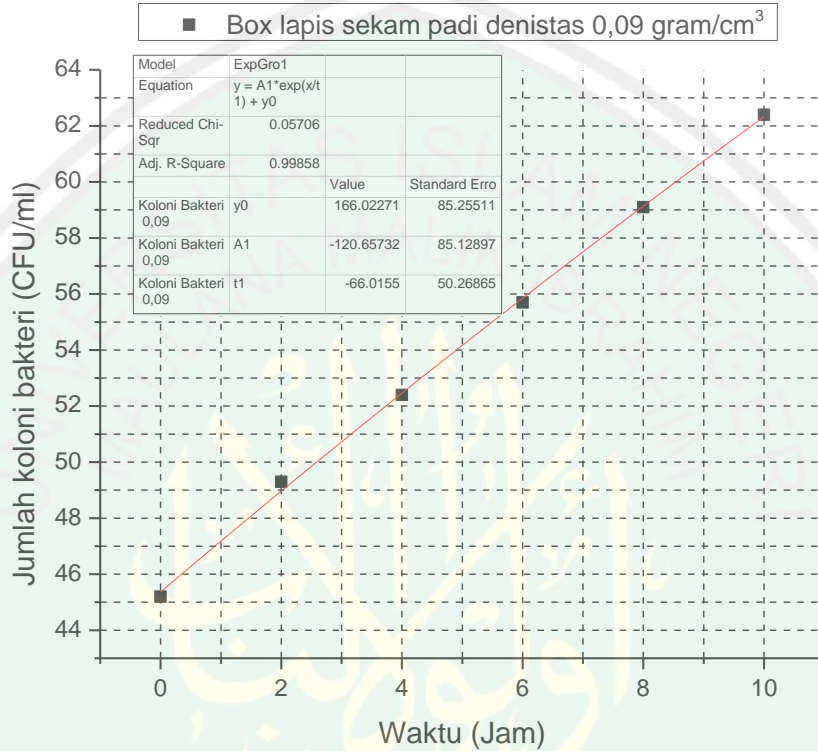
$$100 = 24,0070 + 21,85543 \cdot \exp(0,24533 \cdot x)$$

$$x = 6,9$$

$$x = 7 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 8

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt



$$y = A1 * \exp(x/t1) + y0$$

$$y = -120,657 * \exp(x/-0,01515) + 166,0227$$

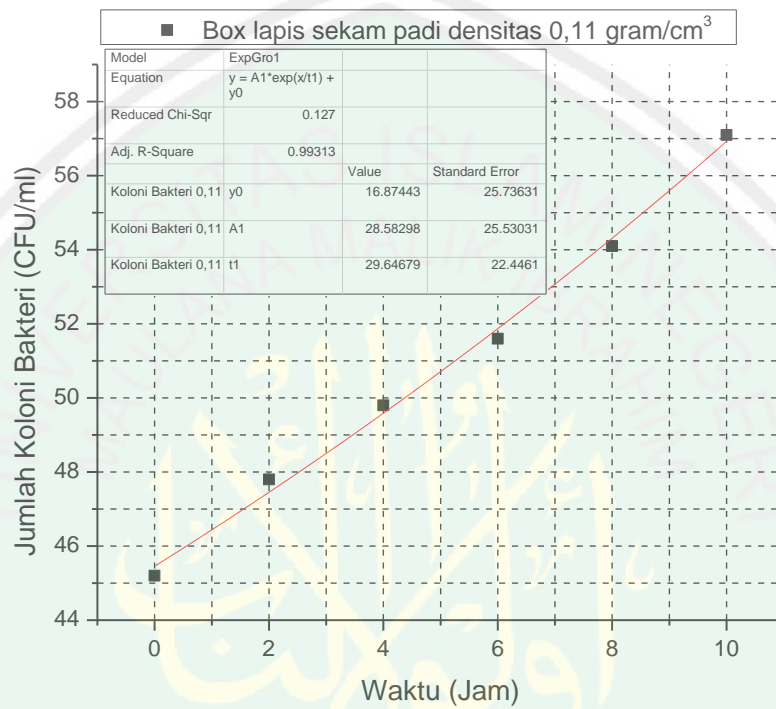
$$\frac{100}{-120,657} = \exp(x/-0,01515) + 166,0227$$

$$x = 39,8$$

$$x = 40 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 9

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan nilai densitas $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$ terhadap kenaikan jumlah koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus* pada yoghurt



$$y = A1 \cdot \exp(x/t1) + y0$$

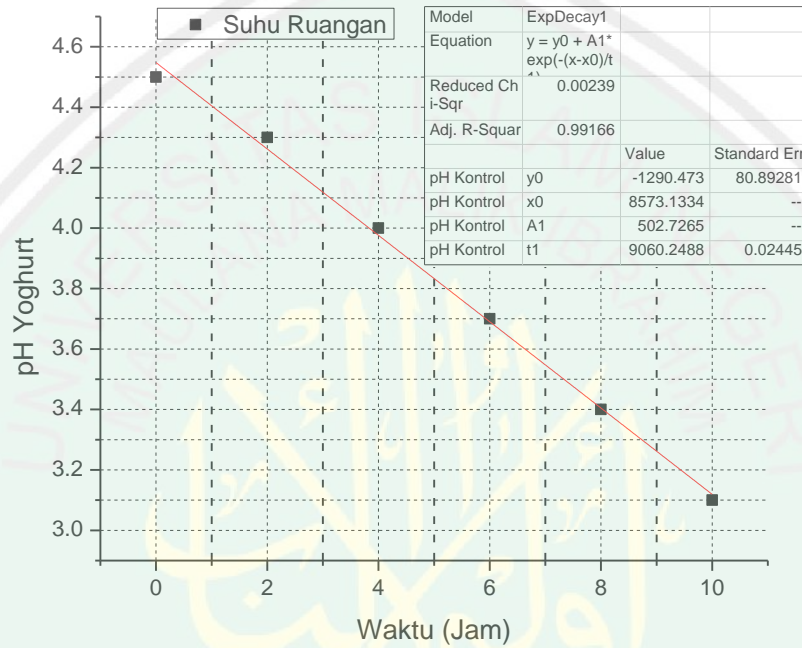
$$\frac{100}{28,58298} = \exp(x/29,64679) + 16,87443$$

$$x = 41,75$$

$$x = 42 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 10

Grafik pengaruh lama penyimpanan yoghurt pada suhu ruang terhadap pH yoghurt



$$y = y_0 + A1 \cdot \exp(-(x-x_0)/t_1)$$

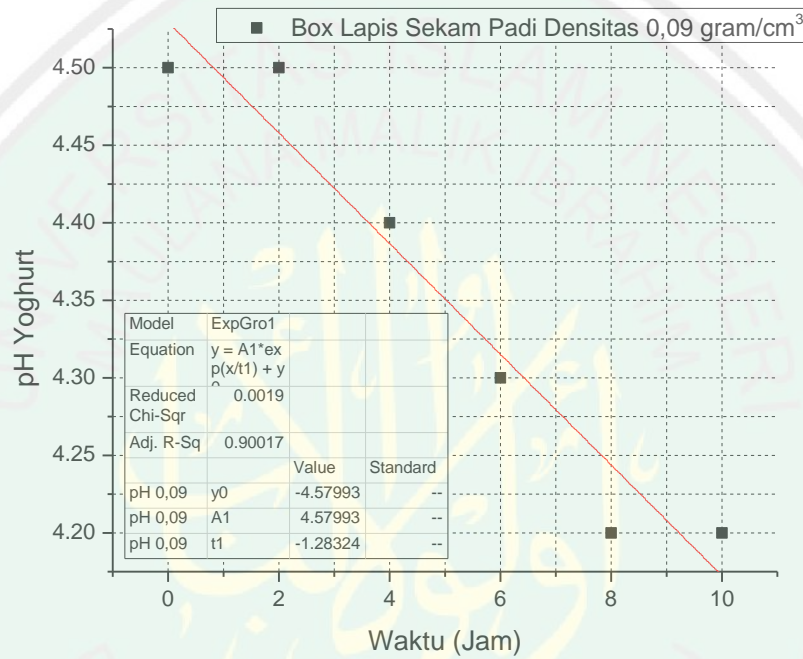
$$3,5 = (-1290,473) + (5027266) e^{-(x-8673.1334)/9060,2488}$$

$$x = 7,3$$

$$x = 7 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 11

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,09 \text{ gram/cm}^3$ terhadap pH yoghurt



$$y = A1 * \exp(x/t1) + y0$$

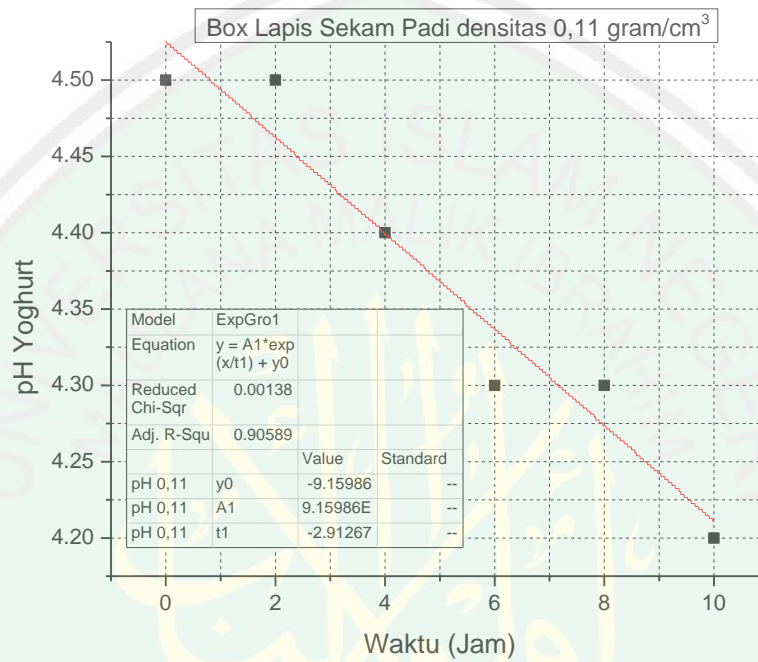
$$3,5 = 4,57993 * e^{(x/-1,28324)} + (-4,57993)$$

$$x = 37,83$$

$$x = 40 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 12

Grafik pengaruh lama penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi dengan $\rho = 0,11 \text{ gram/cm}^3$ terhadap pH yoghurt



$$y = A1 * \exp(x/t1) + y0$$

$$3,5 = 9,915986E * e^{(x/-2,9126E)} + (-9,15986E)$$

$$X = 43,12$$

$$x = 43 \text{ Jam}$$

LAMPIRAN 13

Alat dan Bahan Penelitian



Gambar Autoklaf



Gambar cawan petri, botol flakon berisi aquades, media NA, dan *blue tip* setelah disterilisasi



Gambar box lapis sekam padi



Gambar pH meter sebagai alat ukur besar pH

LAMPIRAN 14

Proses Pengambilan Data



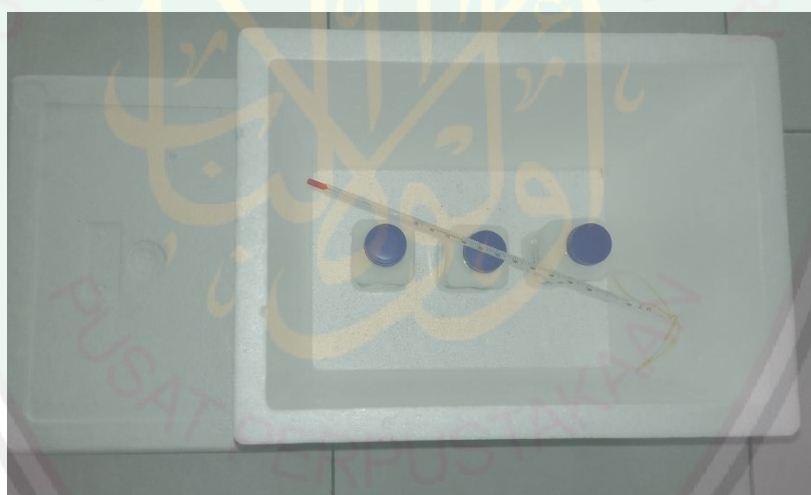
Gambar proses pembuatan box lapis sekam padi



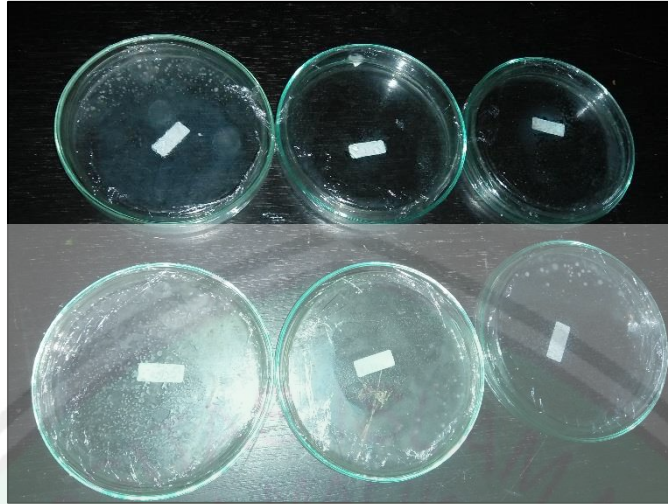
Gambar proses pengenceran untuk menghitung koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus*



Gambar yoghurt setelah dilakukan penyimpanan menggunakan box lapis sekam padi



Gambar pengukuran suhu yoghurt pada penyimpanan menggunakan bos steroform



Gambar koloni bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.



Gambar pengukuran besar pH pada yoghurt



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : QURROTUL 'UYUN
NIM : 13640072
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Lama Penyimpanan Yoghurt Menggunakan Box Sekam Padi sebagai Sarana Menjaga Baku Mutu Yoghurt Berdasarkan Suhu, Pertumbuhan Bakteri dan pH pada Yoghurt
Pembimbing I : Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
Pembimbing II : Erna Hastuti, M.Si

No	Tanggal	HAL	TandaTangan
1	20 Juli 2017	Konsultasi Bab I, II, III	A
2	20 November 2017	Konsultasi Data	A
3	27 November 2017	Konsultasi Data	A
4	27 November 2017	Konsultasi Agama	A
5	9 Januari 2018	Konsultasi Agama dan Acc	A
6	27 Maret 2018	Konsultasi Bab IV	A
7	15 Mei 2018	Konsultasi Bab IV dan Acc	A
8	6 Juni 2018	Konsultasi Bab IV dan Bab V	A
9	7 Juni 2018	Konsultasi Agama	A
10	8 Juni 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	A

Malang, 8 Juni 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003