



**STUDI KOMPARATIF SIFAT FISIK DAN MEKANIK
BIJI EDAMAME (*Glycine max* (L). Merril)
SEGAR DAN BEKU**

SKRIPSI

Oleh:
Amien Rosyadi
NIM 131710201011

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**STUDI KOMPARATIF SIFAT FISIK DAN MEKANIK
BIJI EDAMAME (*Glycine max* (L.) Merril)
SEGAR DAN BEKU**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh:
Amien Rosyadi
NIM 131710201011

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk orang tua tercinta, Ibunda Atim Fadila dan Ayahanda Abd Somad.



MOTTO

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu namun ia amat baik bagimu dan boleh jadi engkau mencintai sesuatu namun ia amat buruk bagimu, Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui."

(Terjemahan Q.S Al-Baqarah: 216)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amien Rosyadi

NIM : 131710201011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Studi Komparatif Sifat Fisik dan Mekanik Biji Edamame (*Glycine max(L).Merril*) Segar dan Beku” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Oktober 2019

Yang menyatakan,

Amien Rosyadi

NIM 131710201011

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Studi Komparatif Sifat Fisik dan Mekanik Biji Edamame (*Glycine max*(L).Merril) Segar dan Beku” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng.

NIP. 196910051994021001

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

NIP. 196312121990031002

Tim Penguji

Ketua Penguji

Anggota Penguji

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T

NIP. 197311301999032001

Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.

NRP. 760017115

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S. TP., M. Eng.

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

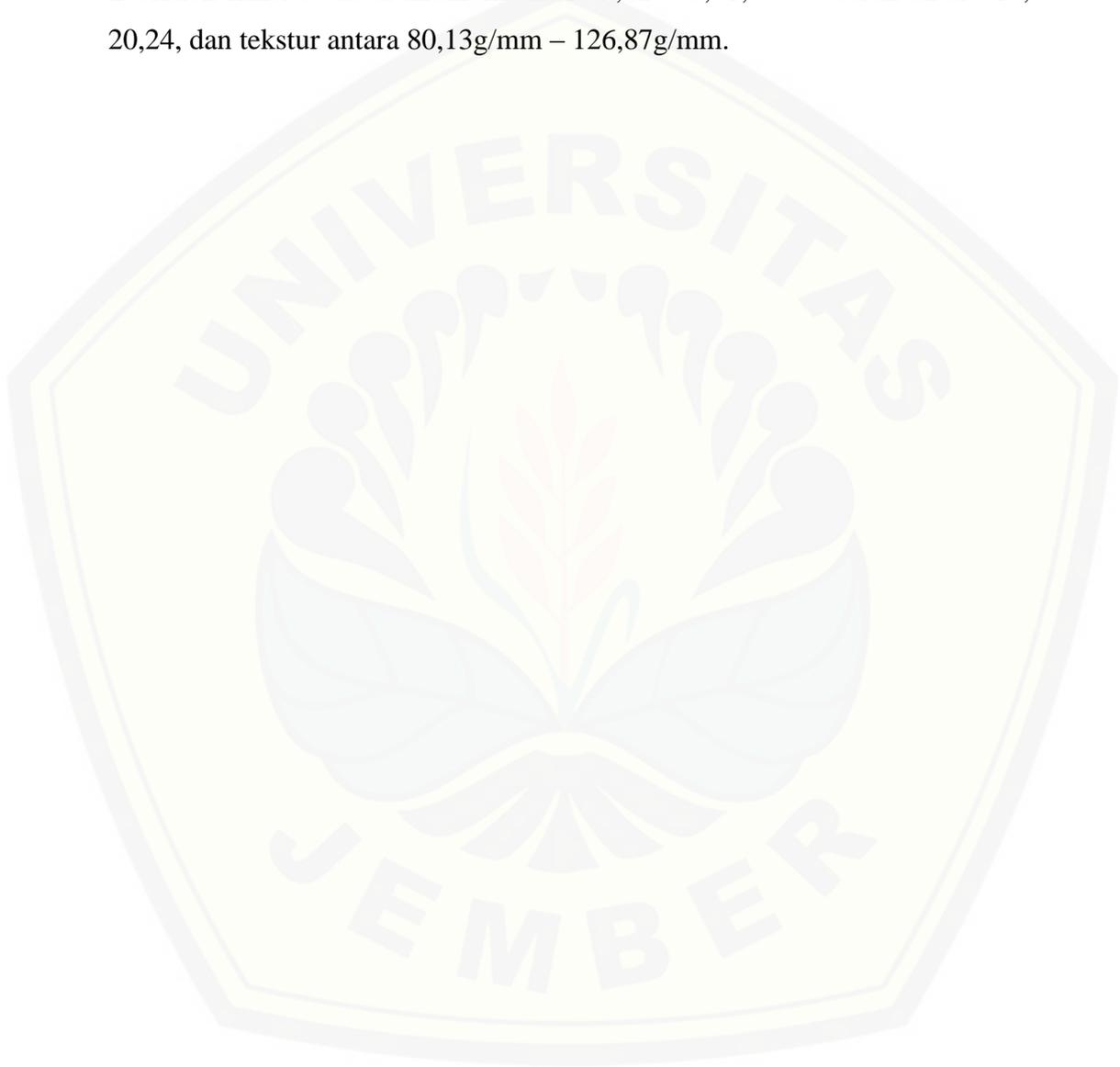
Studi Komparatif Sifat Fisik dan Mekanik Biji Edamame (*Glycine max*(L). Merrill) Segar dan Beku; Amien Rosyadi, 131710201011; 2019; 36 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Edamame merupakan tanaman kacang-kacangan yang dipanen dan dikonsumsi saat masih belum matang sepenuhnya. Untuk mempertahankan mutu dan kualitas edamame dilakukan proses pembekuan sebelum sampai pada konsumen. Pembekuan dapat mempertahankan rasa dan nilai gizi bahan pangan yang lebih baik daripada metoda lain, karena pengawetan dengan suhu rendah (pembekuan) dapat menghambat aktivitas mikroba mencegah terjadinya reaksi kimia dan aktivitas enzim yang dapat merusak kandungan gizi bahan pangan. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh dari penyimpanan beku terhadap karakteristik fisik dan mekanik biji edamame.

Penelitian ini dilakukan pada bulan 30 April sampai dengan 14 Mei 2018 di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Bahan yang digunakan yaitu kedelai edamame yang dibeli dari petani. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengukur karakteristik fisik dan mekanik biji kedelai edamame pada kondisi suhu ruang (segar) dan beku dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Perlakuan percobaan ini dari variabel yang terdiri dari kondisi biji kedelai edamame dengan kondisi segar atau suhu ruang sebagai kontrol, kondisi beku 5 hari, kondisi beku 10 hari, dan dalam kondisi beku 15 hari. Data yang diperoleh diolah menggunakan Microsoft excel dan dilakukan penghitungan rata-rata pada setiap ulangan perlakuan pada masing-masing parameter.

Karakteristik fisik dan mekanik biji edamame dengan perlakuan lama penyimpanan beku 5 hari, 10 hari, dan 15 hari memiliki nilai spherisitas antara 10,41 – 10,59, luas permukaan (S) antara $0,54\text{mm}^2/\text{mm}^3 - 0,57\text{mm}^2/\text{mm}^3$, volume antara $591,22\text{mm}^3 - 687,2\text{mm}^3$, tingkat kecerahan (L) antara 55,2 – 68,5, tingkat

kemerahan (a) antara $-13,2) - (-5,3)$, tingkat kekuningan (b) antara $35,3 - 41,9$, intensitas warna (c) antara $36,65 - 44,31$, densitas partikel (pp) antara $305,1\text{kg/m}^3 - 317,64\text{kg/m}^3$, densitas curah (pb) antara $735,6\text{kg/m}^3 - 791,6\text{kg/m}^3$, koefisien friksi statis kayu antara $(-0,27) - 3,61$, koefisien friksi statis kaca antara $0,02 - 2,35$, koefisien friksi statis alumunium antara $0,02 - 3,61$, sudut curah antara $16,76 - 20,24$, dan tekstur antara $80,13\text{g/mm} - 126,87\text{g/mm}$.



SUMMARY

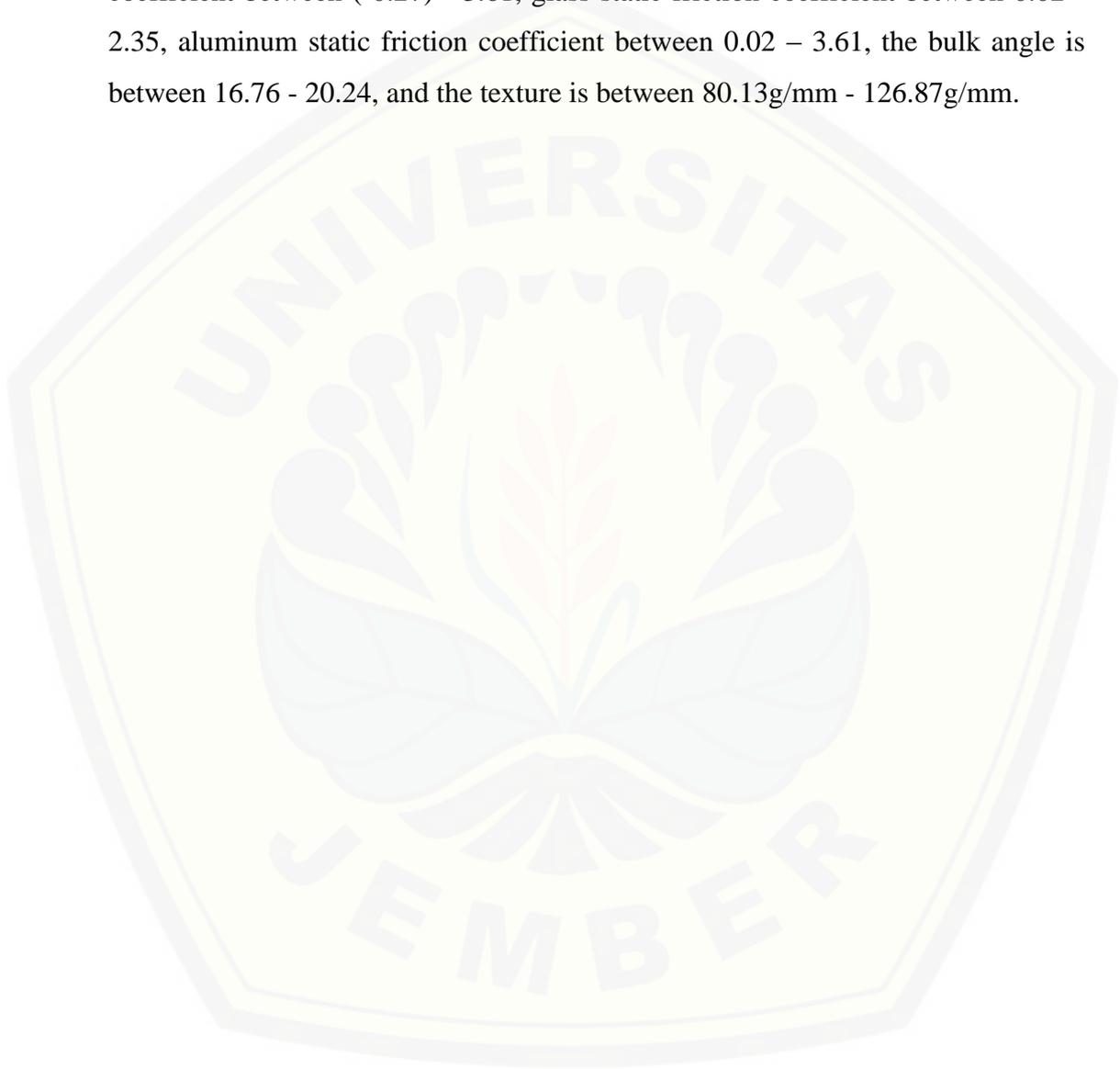
Comparative Study Between Physical and Mechanical Properties of Raw and Frozen Edamame (*Glycine max* (L). Merrill); Amien Rosyadi, 131710201011; 2019; 36 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Edamame is a legume crop that is harvested and consumed when it is still not fully cooked. To maintain the quality and quality of edamame, a freezing process is carried out before it reaches the consumer. Freezing can maintain the taste and nutritional value of food better than other methods, because preservation with low temperatures (freezing) can inhibit microbial activity to prevent chemical reactions and enzyme activities that can damage the nutritional content of food. The purpose of this study was to determine the effect of frozen storage on the physical and mechanical characteristics of edamame seeds.

This research was conducted from 30 April to 14 May 2018 in the Agricultural Product Engineering Laboratory, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember. The material used is edamame soybeans which are bought from farmers. The method used in this study is to use an experimental method that aims to measure the physical and mechanical characteristics of edamame soybean seeds at room temperature conditions (fresh) and frozen with three repetitions. This experimental treatment of variables consisting of edamame soybean conditions with fresh conditions or room temperature as a control, freezing conditions for 5 days, freezing conditions for 10 days, and frozen conditions for 15 days. The data obtained were processed using Microsoft Excel and the average calculation was performed for each treatment replication of each parameter.

Physical and mechanical characteristics of edamame seeds with 5 days, 10 days and 15 days frozen storage time have sphericity values between 10.41 - 10.59, surface area (S) between $0.54\text{mm}^2/\text{mm}^3$ - $0.57\text{mm}^2/\text{mm}^3$, volume between

591.22mm³ - 687.2 mm³, brightness level (L) between 55.2 - 68.5, redness level (a) between -13.2) - (-5.3), yellowish level (b) between 35.3 - 41.9, color intensity (c) between 36.65 - 44.31, particle density (pp) between 305.1kg / m³ - 317.64 kg / m³, bulk density (pb) between 735, 6kg/m³ - 791,6kg/m³, wood static friction coefficient between (-0.27) - 3.61, glass static friction coefficient between 0.02 - 2.35, aluminum static friction coefficient between 0.02 – 3.61, the bulk angle is between 16.76 - 20.24, and the texture is between 80.13g/mm - 126.87g/mm.



PRAKATA

Puji Syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Studi Komparatif Sifat Enjiniring Biji Edamame (*Glycine max(L).*Merril) Segar dan Beku”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Abd Somad dan Ibunda Atim Fadila yang mendoakan dan memotivasi setiap waktu;
2. Kedua saudara saya Afifatuz Zahroh dan Alya Kartika Sari yang telah memberikan dorongan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir;
3. Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
5. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Penguji Utama yang senantiasa meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Dian Purbasari, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang senantiasa meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
7. Bayu Taruna Widjaja Putra, S.TP., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memantau perkembangan akademik, meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
8. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember atas bimbingannya selama penulis menjadi mahasiswa;

9. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember atas bimbingannya selama penulis menjadi mahasiswa;
10. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku dosen dan Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
11. Seluruh dosen pengampu matakuliah atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
12. Seluruh staff dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memeberikan bantuan dalam urusan administrasi dan sebagainya;
13. Seluruh teman-teman Lembaga Pers Mahasiswa Manifest yang telah memberikan banyak pengalaman keorganisasian terutama dalam bidang kejournalistikan;
14. Seluruh teman-teman Perhimpunan Pers Mahasiswa Indonesia Jember yang telah memberikan banyak pengalaman kesosialan dan kemasyarakatan;
15. Seluruh teman-teman Unit Kegiatan Mahasiswa Kesenian Dolanan yang telah memberikan banyak pengalaman terutama di bidang kesenian;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terimakasih atas segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Jember, 10 Okteber 2019

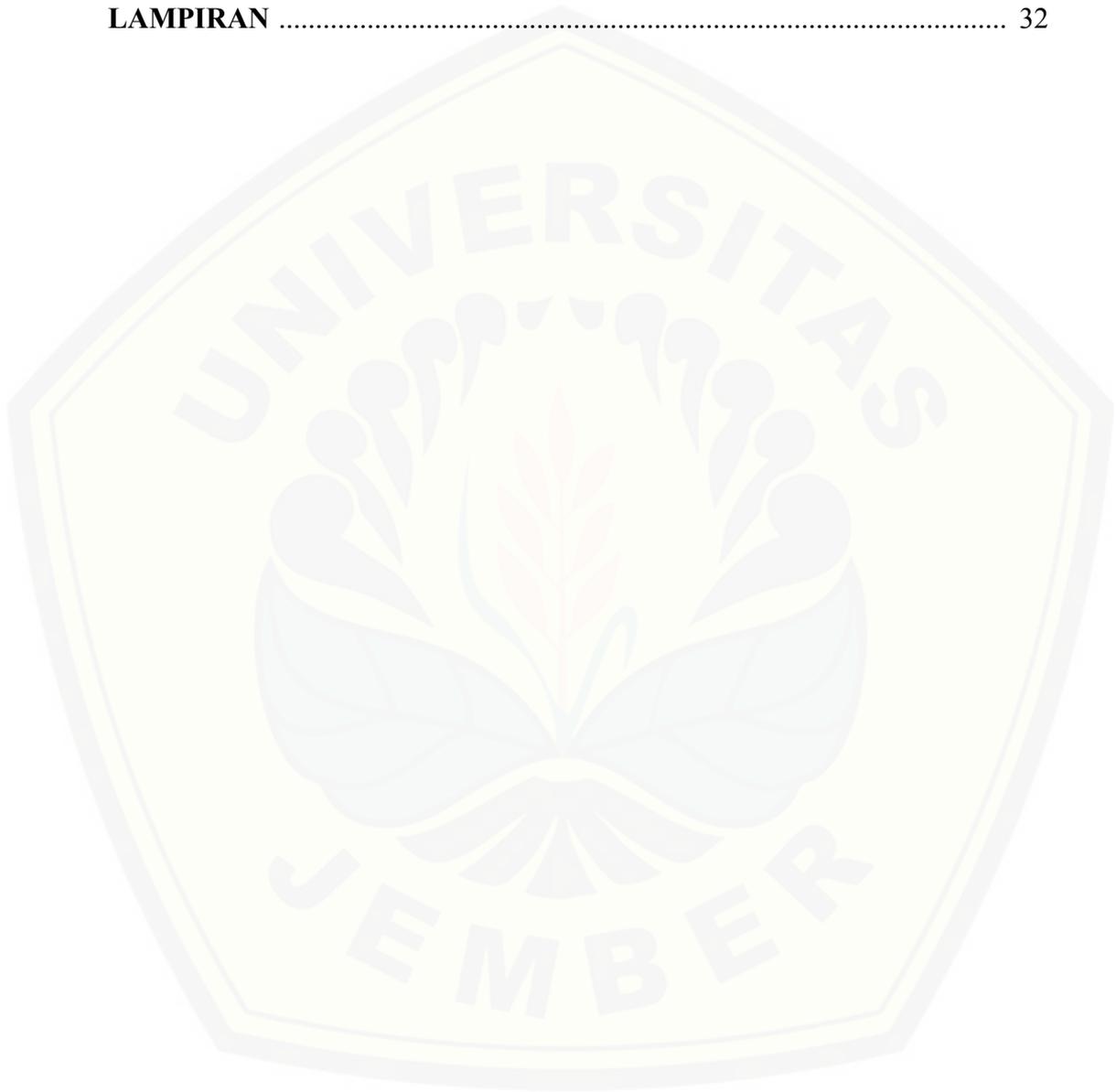
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kedelai Edamame	4
2.2 Pembekuan Edamame	4
2.3 Sifat Fisik Bahan Pangan	5
2.3.1 Spherisitas	6
2.3.2 Luas Permukaan	6
2.3.3 Volume dan Densitas Partikel.....	7
2.3.4 Densitas Curah (<i>Bulk Density</i>).....	7
2.3.5 Warna.....	8
2.4 Sifat Mekanik Bahan Pangan	8

2.4.1 Koefisien Friksi Statis	8
2.4.2 Sudut Curah.....	8
2.4.3 Tingkat Kekerasan.....	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	10
3.2.1 Alat	10
3.2.2 Bahan.....	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.3.1 Persiapan Bahan	12
3.3.2 Rancangan Penelitian	12
3.3.3 Pengukuran Sifat Fisik Biji Edamame	13
3.3.4 Pengukuran Sifat Mekanik Biji Edamame	15
3.4 Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Karakteristik Fisik dan Mekanik Biji Edamame yang Disimpan pada Berbagai Waktu Penyimpanan Beku	17
4.1.1 Spherisitas	17
4.1.2 Luas Permukaan	18
4.1.3 Volume.....	19
4.1.4 Densitas Partikel (pp).....	20
4.1.5 Densitas Curah (pb).....	20
4.1.6 Tingkat Kecerahan (L)	21
4.1.7 Tingkat Kemerahan (a).....	22
4.1.8 Tingkat Kekuningan (b)	22
4.1.9 Chroma	23
4.1.10 Koefisien Friksi Statis	24
4.1.11 Sudut Curah.....	26
4.1.12 Tingkat Kekerasan.....	27

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	32



DAFTAR TABEL

Halaman

1.1 Variabel dan parameter penelitian sifat fisik dan mekanik edamame 13



DAFTAR GAMBAR

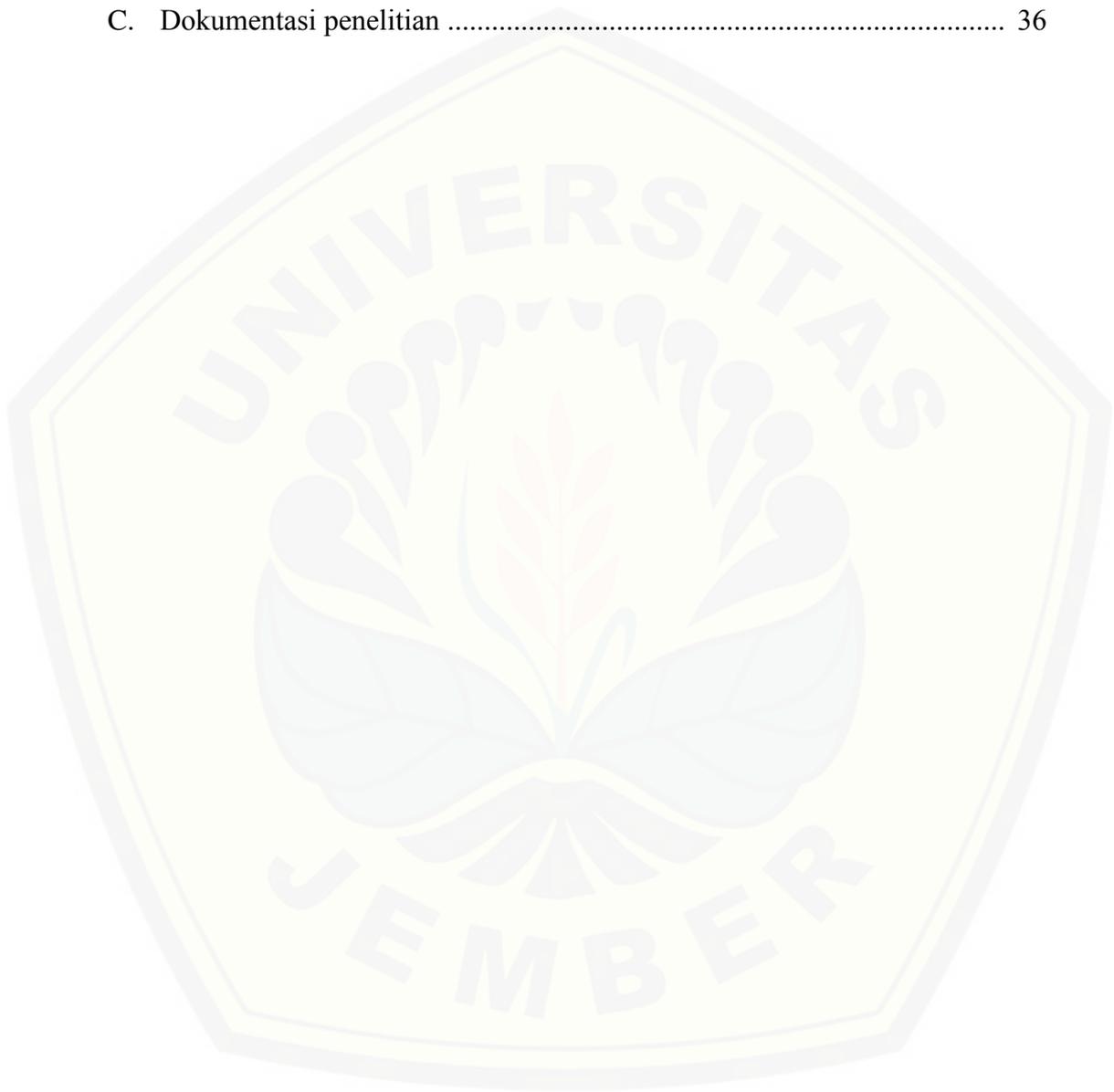
	Halaman
2.1 Dimensi warna L, a dan b	8
3.1 Diagram Alir Penelitian	11
3.2 Polong dan Biji Edamame	14
3.3 Pengukuran intersep biji kedelai edamame	14
4.1 Nilai rata-rata sperisitas biji edamame pada lama penyimpanan beku...	17
4.2 Nilai rata-rata luas permukaan (S) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	18
4.3 Nilai rata-rata volume (V) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	19
4.4 Nilai rata-rata densitas partikel (ρ_p) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	20
4.5 Nilai rata-rata densitas curah (ρ_b) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	20
4.6 Nilai rata-rata tingkat kecerahan (L) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	21
4.7 Nilai rata-rata tingkat kemerahan (a) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	22
4.8 Nilai rata-rata tingkat kekuningan (b) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	23
4.9 Nilai rata-rata intensitas warna (c) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	23
4.10 Nilai rata-rata koefisien friksi statis (μ) biji edamame alas kayu pada lama penyimpanan beku	24
4.11 Nilai rata-rata koefisien friksi statis (μ) biji edamame alas kaca pada lama penyimpanan beku	25
4.12 Nilai rata-rata koefisien friksi statis (μ) biji edamame alas alumunium pada lama penyimpanan beku	25
4.13 Nilai rata-rata sudut curah (Θ) biji edamame pada lama penyimpanan beku.....	26

4.14 Nilai rata-rata tingkat kekerasan (g/mm) biji edamame pada lama
penyimpanan beku 34



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data hasil pengukuran sifat fisik dan mekanik biji edamame	32
B. Data hasil pengukuran sifat fisik dan mekanik biji edamame	34
C. Dokumentasi penelitian	36



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah penghasil edamame terbesar di Indonesia. Melalui PT. Mitra Tani Dua Tujuh, salah satu anak usaha PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) X, pada tahun 2015 ekspor edamame mencapai 6.016 ton, naik sekitar 47% dibanding ekspor tahun 2014 sebesar 4.097 ton (Pujiastuti, 2015). Pasar internasional yang menjadi tujuan ekspor edamame adalah Jepang, Taiwan, Malaysia, Singapura, Eropa dan Amerika Serikat (Pusdatin, 2014).

Sentra produksi edamame di Indonesia terdapat di daerah Jember Jawa Timur, Wonogiri Jawa Tengah dan Ciawi-Bogor Jawa Barat. Pada PT. Mitra Tani Dua Tujuh pengiriman edamame dimulai dengan memasukkan produk yang sudah di kemas dalam karton seberat 10 kg ke dalam *container* pendingin (-18°C sampai -20°C). *Container* perlu dicek lebih dahulu akurasi suhu dan higienitasnya. Satu *container* berisi 2100 karton atau 21 ton. Untuk konsumsi dalam negeri, cara pengirimannya juga mengikuti tata cara pengiriman untuk ekspor (Soewanto *et al*, 2016).

Edamame termasuk golongan tanaman indeterminate di mana tingkat kemasakan polong tidakseragam sehingga dalam pemanenan tidak dapat sekali panen selesai tetapibisa sampai tiga kali panen. Produktivitas edamame berkisar antara 5.000-6.000 kg/ha, angka ini disebut RM (*Raw Material*). Dari RM akan dibagi lagimenjadi dua: *Bahan Baku Ekspor* (BBE), yaitu polong yang berbiji dua dan polong yang berbiji tiga, jumlahnya $\pm 70\%$ dari RM. *Bahan Baku Mukimame* (BBM) yaitu polong edamame yang hanya berbiji satu atau polong berbiji dua & tiga yang salah satu bijinya tidak berisi penuh, jumlahnya $\pm 30\%$ dari RM. Dari BBE akan menjadi layak ekspor $\pm 80\%$ dan sortiran BBE akan menjadi BBM $\pm 20\%$. Untuk proses pemutuan dilakukan grading yaitu memisahkan edamame dari kelompok ukuran di bawah standar, menggunakan mesin size grading. Sortasi dilakukan pada ban berjalan secara manual oleh karyawan terlatih guna memisahkan produk cacat, misalnya cacat karena mekanik,

hama/penyakit, warna lain, abnormal dan sebab lain yang luput dari perlakuan *size grading*. Kriteria edamame ekspor, antara lain:

1. Jumlah polong 160-170 biji/kg
2. Bentuk polong normal
3. Warna seragam (hijau merata)
4. Aroma seperti aroma edamame yang masih muda (Soewanto., *et al*, 2016).

Diperlukan pengklasifikasian secara rinci untuk edamame guna memenuhi pasokan ekspor kedelai edamame terkait sifat fisik dari kedelai edamame untuk memenuhi kebutuhan pasokan berdasarkan kualitasnya (Yuliana, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Pengetahuan tentang sifat fisik dan mekanik merupakan hal yang penting dalam berbagai masalah yang terkait dalam perancangan suatu atau analisa produk dan cara penanganan. Penelitian tentang sifat fisik dan mekanik kedelai edamame (*Glycine max (L). Merril*) dalam kondisi beku ataupun dengan suhu ruang masih belum pernah dilakukan. Oleh karena itu perlu diadakan studi tentang sifat fisik dan mekanik kedelai edamame untuk pengembangan produk edamame ekspor selanjutnya. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah bahwa penggunaan metode pembekuan dan penyimpanan pada kedelai edamame dapat mempengaruhi nilai sifat fisik dan mekanik kedelai edamame.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan penelitian ini dibatasi pada pengukuran sifat fisik biji kedelai edamame (volume, luas permukaan, densitas curah, densitas partikel, *spherisitas*, porositas, *geometric mean diameter*, dan warna) dan sifat mekaniknya (tingkat kekerasan, koefisien friksi statis, dan sudut curah).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disebutkan dapat diambil beberapa tujuan sebagai berikut.

1. Mengukur karakteristik fisik dari biji kedelai edamame dalam kondisi suhu ruang dan suhu beku yang disimpan pada interval waktu tertentu.
2. Mengukur karakteristik mekanik dari biji kedelai edamame dalam kondisi suhu ruang dan suhu beku yang disimpan pada interval waktu tertentu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian berdasarkan latar belakang dan tujuan adalah sebagai berikut.

1. Bagi IPTEK dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan referensi penelitian biji kedelai edamame selanjutnya.
2. Bagi pemerintah dapat menjadi rujukan standar kualitas fisik produk edamame.
3. Bagi masyarakat dapat menjadi referensi untuk pengolahan dan referensi penyimpanan untuk edamame.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai Edamame

Edamame merupakan tanaman kacang-kacangan yang penting di Asia. Jenis kacang-kacangan ini dipanen dan dikonsumsi saat masih belum matang sepenuhnya (Coolong, 2009). Edamame dan kedelai kuning merupakan spesies yang sama, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill, tetapi edamame memiliki rasa yang lebih manis, aroma kacang-kacangan yang lebih kuat, tekstur yang lebih lembut, biji lebih besar, dan nutrisi lebih mudah dicerna (Rackis, 1972).

Varietas edamame yang pernah dikembangkan di Indonesia seperti Ogunami, Tsurunoko, Tsurumidori, Taiso dan Ryokkoh adalah tipe determinat, dengan bobot biji relatif sangat besar. Kedelai biasa (*grain soybean*) dikatakan berbiji sedang jika bobot 100 bijinya berkisar antara 11-15 g, dan berbiji besar bila bobot 100 biji lebih dari 15 g. Saat ini varietas yang dikembangkan untuk produk edamame beku adalah Ryokkoh asal Jepang dan R 75 asal Taiwan. Ukuran warna, dan bentuk biji edamame bervariasi, yakni: (i) bobot 30-50 g/100 biji, (ii) warna biji kuning hingga hijau, (iii) bentuk biji bulat hingga bulat telur, dan (iv) warna hilum gelap hingga terang. Warna bunga varietas Ryokkoh putih, sedangkan varietas lainnya ungu (Sumarno 1993).

2.2 Pembekuan Edamame

Pembekuan merupakan suatu cara pengawetan bahan pangan dengan cara membekukan bahan pada suhu di bawah titik beku pangan tersebut. Dengan membekukannya sebagian kandungan air bahan atau dengan terbentuknya es (ketersediaan air menurun), maka kegiatan enzim dan jasad renik dapat dihambat atau dihentikan sehingga dapat mempertahankan mutu bahan pangan. Mutu hasil pembekuan masih mendekati buah segar walaupun tidak dapat dibandingkan dengan mutu hasil pendinginan. Pembekuan dapat mempertahankan rasa dan nilai gizi bahan pangan yang lebih baik daripada metoda lain, karena pengawetan dengan suhu rendah (pembekuan) dapat menghambat aktivitas mikroba mencegah terjadinya reaksi kimia dan aktivitas enzim yang dapat merusak kandungan

gizi bahan pangan. Walaupun pembekuan dapat mereduksi jumlah mikroba yang sangat nyata tetapi tidak dapat mensterilkan makanan dari mikroba. (Frazier, 1977)

Penyimpanan produk beku pada suhu -20°F (-29°C) dapat mempertahankan mutu produk beku selama penyimpanan. Namun, secara tradisional penyimpanan beku dilakukan pada suhu 14°F (-10°C) dan atau 0°F (-18°C). Penyimpanan beku pada suhu sekitar -18°C dan di bawahnya dapat mencegah kerusakan mikrobiologi, dengan syarat tidak terjadi fluktuasi suhu yang terlalu besar. (Amiarsi, 2009).

Makanan tidak mempunyai titik beku yang pasti, tetapi akan membeku pada kisaran suhu tergantung pada kadar air dan komposisi sel. Kurva suhu –waktu pembekuan umumnya menunjukkan garis datar (*plateau*) antara 0°C dan 5°C berkaitan dengan perubahan (fase) air menjadi es, kecuali jika kecepatan pembekuan sangat tinggi. Telah ditunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melampaui daerah pembekuan ini mempunyai pengaruh yang nyata pada mutu beberapa makanan beku. Umumnya telah diketahui bahwa pada tahapan ini terjadi kerusakan sel dan struktur yang *irreversible* yang mengakibatkan mutu menjadi jelek setelah pencairan, terjadi khususnya sebagai hasil pembentukan kristal es yang besar dan perpindahan air selama pembekuan dari dalam sel ke bagian luar sel yang dapat mengakibatkan kerusakan sel karena pengaruh tekanan osmotis. Pembekuan yang cepat dan penyimpanan dengan fluktuasi suhu yang tidak terlalu besar, akan membentuk kristal-kristal es kecil di dalam sel dan akan mempertahankan jaringan dengan kerusakan minimum pada membran sel (Rohanah, 2002).

2.3 Sifat Fisik Bahan Pangan

Sifat fisik bahan hasil pertanian merupakan faktor yang sangat penting dalam menangani masalah-masalah yang berhubungan dengan merancang suatu alat khusus untuk suatu produk hasil pertanian atau analisa perilaku produk dan cara penanganannya. Karakteristik sifat fisik pertanian adalah bentuk, ukuran, luas permukaan, warna, penampakan, berat, porositas, densitas dan kadar air. Bentuk dan ukuran sangat penting dalam perhitungan energi untuk pendinginan dan pengeringan, rancangan pengecilan ukuran, masalah distribusi dan penyimpanan

bahan, seperti elektrostatis, pantulan cahaya dalam evaluasi warna, dan dalam pengembangan alat grading dan sortasi (Suharto, 1991).

2.3.1 Spherisitas

Spherisitas adalah suatu hubungan antara setiap bagian dengan bagian yang lain dari berbagai variasi diameter dari suatu benda, khususnya derajat ketajaman yang bentuk bendanya mendekati/ menyerupai bentuk bola/bulat dan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$D_g = (ABC)^{1/3} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\Phi = \frac{D_g}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

D_g = geometric mean diameter (m)

A = diameter terpanjang (m)

B = diameter terpanjang yang tegak lurus terhadap A (m)

C = diameter terpanjang yang tegak lurus terhadap A dan B (m)

Φ = spherisitas

2.3.2 Luas Permukaan

Pengukuran luas permukaan dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

(Pabis *et al.*, 1998)

$$S = \frac{6}{DE} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$DE = \left[\frac{F1+F2+F3}{3} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

$$F1 = \left[\frac{A+B+C}{3} \right] \dots\dots\dots(2.5)$$

$$F2 = \sqrt[3]{ABC} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$F3 = \sqrt{\frac{AB+BC+CA}{3}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

S = luas permukaan (m^2/m^3)

$F1, F2, F3$ = diameter linier (m)

DE = diameter equivalen (m)

2.3.3 Volume dan Densitas Partikel

Untuk objek yang lebih kecil seperti buah kecil, kacang kapri, biji-bijian, biji jagung dan sebagainya, suatu timbangan gravitasi spesifik atau timbangan analitis. Untuk mencari volumenya bisa dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{\pi ABC}{6} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

V = volume (m³)

A = diameter terpanjang (m)

B = diameter terpanjang yang tegak lurus terhadap A (m)

C = diameter terpanjang yang tegak lurus terhadap A dan B (m)

Densitas partikel (*Specific gravity*) itu menunjukkan kerapatan massa yang dipengaruhi oleh gravitasi (Abas, 2007). Jika solid lebih besar dari air maka densitas partikelnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$Densitas\ Partikel = \left[\frac{W_a}{W_a + W_w} \right] \times (SG)_L \dots\dots\dots(2.9)$$

Apabila solid lebih ringan daripada air, perlu ditempelkan solid lain yang lebih berat dari air kepada obyek sebagai bahan dan densitas relatifnya dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Densitas\ Partikel = \left[\frac{(W_a)_{objek}}{(W_a - W_w)_{bersama} - (W_a - W_w)_{pemberat}} \right] \times (SG)_L \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

W_a = berat di udara (kg)

W_w = berat dalam air (kg)

SG = densitas air murni (1000 kg/m³)

2.3.4 Densitas Curah (*Bulk Density*)

Densitas curah atau massa total dengan volume ini merupakan salah satu sifat fisik bahan yang umumnya digunakan dalam suatu gudang penyimpanan dan volume alat pengolahan yang secara matematis dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\rho_b = \frac{mb}{v} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

ρ_b = densitas curah (kg/m^3)

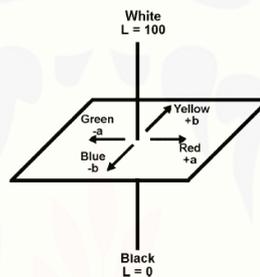
m_b = massa total biji (kg)

V = volume wadah (m^3)

2.3.5 Warna

Pengukuran warna dapat dilakukan dengan menggunakan colormeter Pada sistem ini, penilaian terdiri atas 3 parameter yaitu L, a dan b.

$$\text{Chroma} = (a^2+b^2)^{1/2} \dots\dots\dots(2.12)$$



Gambar 2.1. Dimensi warna L, a dan b (Sumber: Maryanto dan Yuwanti 2007)

1.4 Sifat Mekanik Bahan Pangan

Sifat mekanik diperlukan dalam penanganan proses pengolahan dan penyimpanan meliputi: koefisien friksi statis dan sudut curah.

2.4.1 Koefisien Friksi Statis

Menurut Dutta *et al.* (1988), nilai koefisien friksi statis adalah tangenderajat kemiringan (μ) yang diperlukan suatu bahan untuk mulai menggelinding. Secara matematis dapat ditunjukkan melalui persamaan berikut.

$$\mu = \tan\phi \dots\dots\dots(2.13)$$

1.4.2 Sudut Curah

Sudut Curah adalah sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan sisi miring curahan bila sejumlah biji dituangkan dengan cepat di atas bidang datar. Sudut curah dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\tan\theta = t/r \longrightarrow \theta = \text{arc tan}\theta \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

t = tinggi (cm)

r = jari-jari (cm)

1.4.3 Tingkat Kekerasan

Pengujian tingkat kekerasan dilakukan menggunakan alat *Brookfield CT3™ Texture Analyzer* dengan *test method* untuk komoditas sayuran dan buah, tipe test menggunakan *compression* (tekanan). Hasil pengukuran tekstur dinyatakan dalam grafik dengan nilai tekstur bahan terdapat pada beban puncak (*peak load*) yang mana ditunjukkan dari nilai tertinggi yang dicapai pada grafik. Semakin tinggi angka yang ditunjukkan pada *peak load*, hal ini berarti tekstur atau kekerasan bahan juga semakin tinggi.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 30 April sampai dengan 14 Mei 2018 di Laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

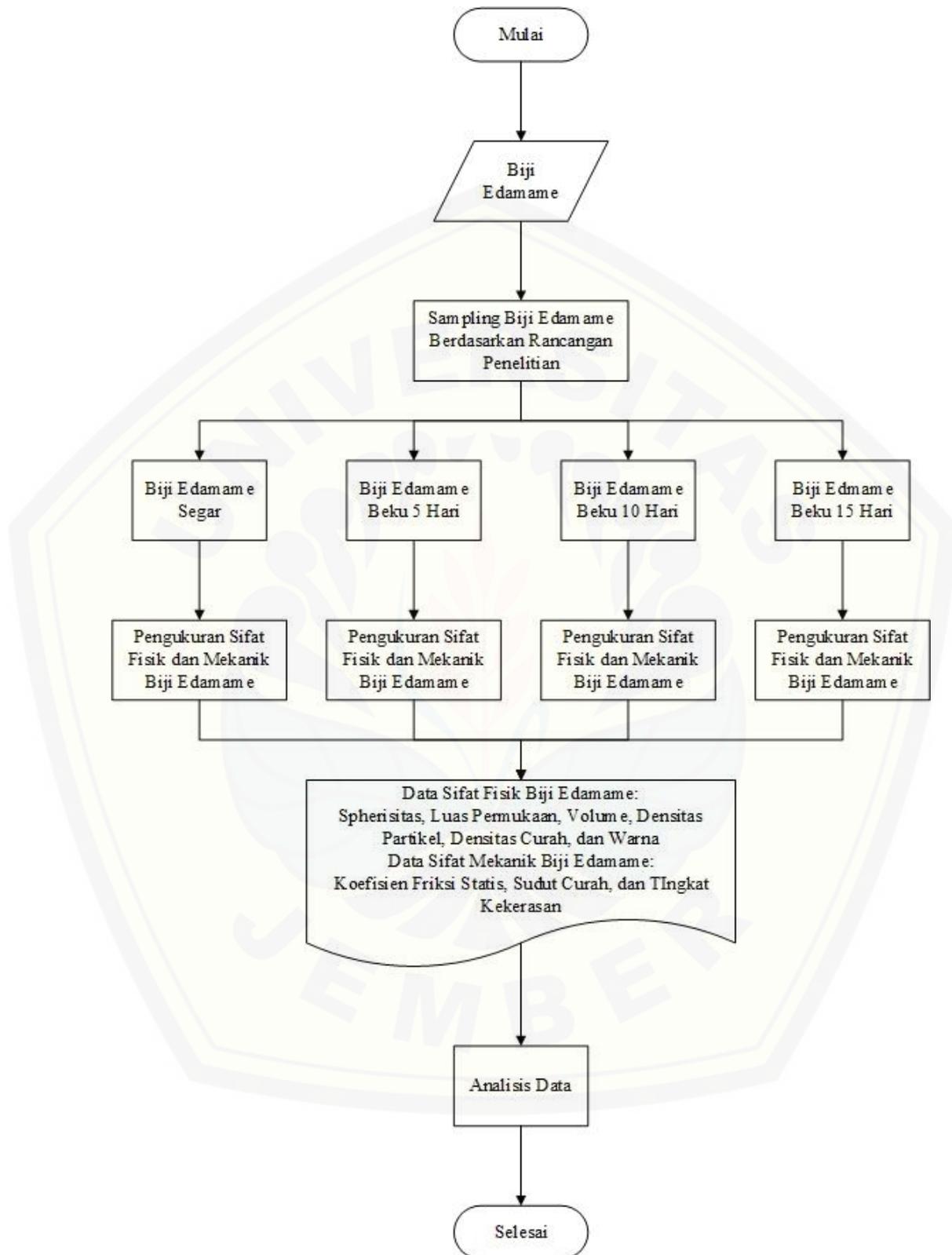
1. Timbangan digital ($\pm 0,001$ gram)
2. Jangka sorong
3. Kamera digital
4. Mistar dan jangka
5. Color reader
6. Gelas ukur
7. Alat pengukur koefisien friksi statis
8. Texture Analyzer CT3

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji kedelai edamame kondisi beku dan kondisi segar (suhu ruang) yang didapatkan dari petani.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini mengacu pada diagram alir prosedur umum penelitian sifat fisik kedelai edamame seperti pada gambar.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Persiapan Bahan

Prosedur pengumpulan kedelai edamame dengan cara membeli kedelai edamame dari petani. Kedelai edamame yang masih berupa polong dikupas dahulu untuk mendapatkan biji dengan kulitnya dengan berat 3754 g. Biji kedelai edamame yang sudah didapatkan dikelompokkan menjadi 4 bagian masing-masing dengan berat 938,5 g untuk masing-masing perlakuan yaitu kelompok edamame segar untuk kontrol, edamame beku 5 hari, edamame beku 10 hari, dan edamame beku 15 hari.

3.3.2 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengukur karakteristik fisik dan mekanik biji kedelai edamame pada kondisi suhu ruang (segar) dan beku dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Perlakuan percobaan ini dari variabel yang terdiri dari kondisi biji kedelai edamame dengan kondisi segar atau suhu ruang sebagai kontrol, kondisi beku 5 hari dengan suhu $-7,7^{\circ}\text{C}$, kondisi beku 10 hari dengan suhu $-12,4^{\circ}\text{C}$, dan dalam kondisi beku 15 hari dengan suhu $-12,4^{\circ}\text{C}$. Penentuan lama penyimpanan didasarkan pada penyimpanan beku edamame saat pengiriman oleh PT. Mitra Tani Dua Tujuh yaitu -18°C . Dikarenakan suhu pada freezer di laboratorium mencapai angka minimum yaitu $-12,4^{\circ}\text{C}$ dan jadwal penggunaan laboratorium maka diambil 3 kali interval waktu yaitu 5 hari, 10 hari, dan 15 hari. Parameter yang diamati meliputi karakteristik fisik dan mekanik biji kedelai edamame dengan penyediaan data untuk pengembangan metode penanganan pasca panen dan pengolahan lebih lanjut terhadap biji kedelai edamame.

Tabel 3.1 Variabel dan parameter penelitian sifat fisik dan mekanik biji edamame

No	Variabel eksperimental	Perlakuan	Kode	Parameter respon
1	2	3	4	5
1.	Suhu ruang (kontrol)	Kondisi langsung dari petani	segar Kontrol	a. Sifat fisik: - Volume - <i>Spherisitas</i>
2.	Durasi Penyimpanan Beku	Beku 5 hari (-7,7 ⁰ C) Beku 10 hari (-12,4 ⁰ C) Beku 15 hari (-12,4 ⁰ C)	t1 t2 t3	- Luas permukaan - Berat - Densitas partikel - Densitas curah - Warna b. Sifat Mekanik: - Koefisien friksi statis - Sudut curah - Tingkat Kekerasan

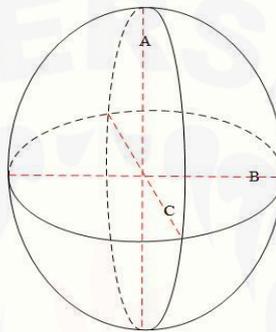
3.3.3 Pengukuran Sifat Fisik Biji Edamame

a. Ukuran

Pengukuran dimensi biji kedelai edamame dilakukan dengan menggunakan jangka sorong digital untuk mendapatkan data parameter A (intersep terpanjang), B (intersep biji yang tegak lurus terhadap A), dan C (intersep yang tegak lurus A dan B). Data ukuran A, B dan C diperoleh dengan cara mengukur diameter terpanjang biji (data A), dilanjutkan dengan mengukur diameter biji yang tegak lurus terhadap A (data B) dan diakhiri dengan mengukur diameter biji yang tegak lurus terhadap A maupun B (data C). Data ukuran biji yang diamati pada kondisi beku dan suhu ruang (segar) yang kemudian dicari rata-rata dan standart deviasinya.



Gambar 3.2 Polong dan Biji Edamame



Gambar 3.3 Pengukuran intersep biji kedelai edamame

b. Geometric Mean Diameter (D_g), Volume (V) dan Spherisitas (Φ)

Penentuan nilai D_g , V dan Φ dilakukan berdasarkan data a , b dan c dengan menggunakan persamaan 2.1, 2.2, dan 2.8.

c. Luas Permukaan (S) Biji

Pengukuran luas permukaan (m^2/m^3) bijiedamame ditentukan berdasarkan metode pada persamaan 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, dan 2.7 (Pabis *et al.*, 1998).

d. Berat

Berat setiap sampel biji kedelai edamame diukur menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gram.

e. Densitas Partikel (ρ_p)

Densitas partikel biji kedelai edamame diukur dengan menggunakan metode gravitasi. Prosedur penentuan densitas partikel biji kedelai edamame ini sebagai berikut:

1. membersihkan gelas ukur dan di keringkan;
2. menimbang biji kedelai edamame di udara (W_a);

3. menimbang biji kedelai edamame saat di dalam gelas ukur berisi aquades (W_w);
4. menghitung densitas partikel menggunakan persamaan 2.9.

f. Densitas Curah (ρ_b)

Dalam pengukuran densitas curah atau bulk density (ρ_b) menggunakan gelas ukur 250ml. Pada setiap pengukuran, biji kedelai edamame dimasukkan ke dalam gelas ukur tersebut dalam beragam jenis susunan hingga penuh dan ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.11.

g. Warna

Pengukuran parameter L, a dan b dilakukan dengan menggunakan colormeter (Minolta CR10) pada lima posisi yang berbeda pada setiap permukaan kulit sampel produk untuk masing-masing penelitian kemudian nilainya dirata-rata. Chroma menunjukkan intensitas atau kekuatan warna.. Semakin besar nilai Chroma berarti warnanya semakin kuat (Maryanto dan Yuwanti, 2007:76). Besarnya Chroma dapat dihitung dengan persamaan 2.12.

3.3.4 Pengukuran Sifat Mekanik Biji Edamame

Prosedur pengukuran beberapa parameter sifat mekanik biji edamame berdasarkan metode sebagai berikut.

a. Koefisien Friksi Statis (μ)

Penentuan nilai koefisien friksi statis (*coefficient of static friction*) dilakukan untuk mengevaluasi derajat kemiringan (ϕ) yang dibutuhkan sampel untuk mulai menggelinding. Alat pengukur parameter ini dirancang sedemikian rupa sehingga permukaan tempat menampung sampel initerbuat dari tiga jenis bahan yaitu stainless steel, plywood dan kaca. Menurut Dutta *et al.* (1988), nilai koefisien friksi statis (*coefficient of static friction*) adalah nilaitangen derajat kemiringan (ϕ) yang dibutuhkan sampel bijiedamame untuk mulaimenggelinding seperti yang ditunjukkan persamaan 2.13.

b. Sudut Curah

Menghitung Sudut curah dengan cara biji dicurahkan dari ketinggian 30cm sehingga menjadi gundukan berbentuk kerucut. Dibuat lingkaran dengan menggunakan pensil pada bagian dasar kerucut selanjutnya diukur diameter dan

jari-jari, serta diukur ketinggian gundukan kerucut. Sudut curah dapat dihitung dengan persamaan 2.14.

c. Tingkat Kekerasan

Pengujian tingkat kekerasan dilakukan menggunakan alat *Brookfield CT3™ Texture Analyzer* dengan *test method* untuk komoditas sayuran dan buah, tipe test menggunakan *compression* (tekanan). Sensor yang digunakan adalah *probe TA11/1000* dengan kecepatan test 2,5 mm/s dan target penusukan pada bahan adalah 3 mm. Hasil pengukuran tekstur dinyatakan dalam grafik dengan nilai tekstur bahan terdapat pada beban puncak (*peak load*) yang mana ditunjukkan dari nilai tertinggi yang dicapai pada grafik. Semakin tinggi angka yang ditunjukkan pada *peak load*, hal ini berarti tekstur atau kekerasan bahan juga semakin tinggi.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh diolah menggunakan Microsoft excel dan dilakukan penghitungan rata-rata pada setiap ulangan perlakuan pada masing-masing parameter.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Karakteristik fisik biji edamame dengan perlakuan lama penyimpanan beku 5 hari, 10 hari, dan 15 hari memiliki nilai spherisitas antara 10,41 – 10,59, luas permukaan (S) antara $0,54\text{mm}^2/\text{mm}^3$ – $0,57\text{ mm}^2/\text{mm}^3$, volume antara $591,22\text{mm}^3$ – $687,2\text{ mm}^3$, tingkat kecerahan (L) antara 55,2 – 68,5, tingkat kemerahan (a) antara $-13,2$ – $(-5,3)$, tingkat kekuningan (b) antara 35,3 – 41,9, intensitas warna (c) antara 36,65 – 44,31, densitas partikel (pp) antara $305,1\text{kg}/\text{m}^3$ – $317,64\text{kg}/\text{m}^3$, densitas curah (pb) antara $735,6\text{kg}/\text{m}^3$ – $791,6\text{kg}/\text{m}^3$.
2. Karakteristik mekanik biji edamame dengan perlakuan lama penyimpanan beku 5 hari, 10 hari, dan 15 hari memiliki nilai koefisien friksi statis kayu antara $(-0,27)$ – 3,61, koefisien friksi statis kaca antara 0,02 – 2,35, koefisien friksi statis alumunium antara 0,02 – 3,61, sudut curah antara 16,76 – 20,24, dan tingkat kekerasan antara 80,13g/mm – 126,87g/mm.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian kali ini yaitu diperlukannya penelitian lanjutan tentang kondisi suhu penyimpanan beku yang lebih variatif terhadap parameter sifat fisik dan mekanik yang lainnya agar diperoleh data yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. 2007. Karakteristik Fisik Wortel (*Daucus carota* L.) terhadap Penanganan Pasca Panen dan Penerapan Quality Control. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Manusia*. 5 Maret 2014. ISSN 1693-4393.
- Amiarsi D, K. T. Dewandari, dan I. Mulyawanti. 2009. Pembekuan Cepat Puree Mangga Arumanis dan Karakteristiknya Selama Penyimpanan. *Jurnal Pasca Panen*. 6(1): 27-23.
- Asandhi A. A dan Kusdiby. 2004. Waktu Panen dan Penyimpanan Pasca Panen untuk Mempertahankan Mutu Umbi Kentang Olahan. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11(1): 51 – 62.
- Asgar A. dan A. A. Asandhi. 1993. Study on Storage Method and Weight Loss of Ware Potato in Pangalengan and Garut-West Java. *Jurnal Penelitian Hortikultura*. 25(3): 44-49.
- Baryeh, E. A. 2002. Physical Properties of Millet. *Journal of Food Engineering* 51: 39-46.
- Calligaris, S. P. Falcone, dan M. Anese. 2002. Color Changes of Tomato Purees During Storage at Freezing Temperatures. *Journal of Food Science*. 67(6): 2432-5.
- Coolong, T. 2009. *Edamame*. Kentucky: University of Kentucky.
- Coşkuner, Y. dan E. Karababa. 2006. Physical Properties of Coriander Seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*. 80: 408-416.
- Dutta, S. K., V. K. Nema dan R. K. Bhardwaj 1988. Physical Properties Grain. *Journal of Agricultural Engineering*. 39: 259-268.
- Frazier, W.C. dan P.C. Westhoff, 1977. *Food Microbiology*. New York: Mc. Graw Hill Book Co. Inc.
- Johnson, D., S. Wang, dan A. Suzuki, 1999. Edamame Vegetable Soybean for Colorado. *Journal of Perspective on New Crops and New Uses*. 1: 379 – 388.
- Maryanto dan S. Yuwanti. 2007. *Sifat Fisik Pangan dan Bahan Hasil Pertanian*. Jember: Unej Press.

- Mukhlis dan M. A. Andi. 2017. Pengaruh Kadar Air Terhadap Beberapa Sifat Fisik Biji Lada Putih. *Jurnal Agritech*. 37 (1): 15-21.
- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Edisi 2. New York: Gardon and Breach Science Publishers.
- Pabis, S.,S., D. Jayas, and S. Cenkowski. 1998. *Grain Drying Theory and Practice*. Edisi 1. New York: John Wiley and Sons.
- Pujiastuti, L. 2015. Kedelai Jepang Made in Jember Rambah Pasar Eropa dan AS. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-2972179/kedelai-jepang-made-in-jember-rambah-pasar-eropa-dan-as>. [13 Agustus 2019].
- Pusdatin. 2014. Kedelai Jember Tembus Pasar Internasional. <https://setkab.go.id/kedelai-jember-tembus-pasar-internasional/> [13 Agustus 2019].
- Pratiwi, N. 2012. Studi Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanik Buah Kenitu (*Chrysophyllum cainito*) Berdasarkan Varietas dan Lokasi Pertumbuhannya. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian.
- Rackis, J.J., D. H. Hoing, D. S. Sessa, dan H.A. Moser. 1972. Lipoxigenase and Peroxidase Activities of Soybeans as Related to Flavor Profile During Maturation. *Journal of Cereal Chemistry*. 49: 586 – 595.
- Rohanah, A. 2002. Karakteristik Pembekuan Vakum dan Pembekuan Lempeng Sentuh Pulp Markisa. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soewanto, H., A. Prasongko, Sumarno. *Agribisnis Edamame untuk Ekspor*. Jember: PT. Mitra Tani Dua Tujuh.
- Suharto, 1991. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Sumarno. 1993. *Kedelai dan Teknik Budidayanya*. Jakarta: Yasa Guna. Cetakan V.
- Syah, H., Yusmanizar, dan M. Oki. 2013. Karakteristik Fisik Bubuk Kopi Arabika Hasil Penggilingan Mekanis dengan Penambahan Jagung dan Beras Ketan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 5(1): 32 – 37.
- Tawali, A. 2004. Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah-buahan Impor yang Dipasarkan di Sulawesi Selatan. *Skripsi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Widiati dan M. I. Hidayat. 2012. Kedelai Sayur (*Glycine max L. Merrill*) sebagai Tanaman Pekarangan. *Jurnal Iptek Hortikultura*. 8: 25-28.

Yuliana, A. E. 2013. Pengendalian Proses Produksi Kedelai Edamame Beku (Frozen Edamame Soybeans) pada PT. Mitratani Dua Tujuh Jember. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Data hasil perhitungan sifat fisik dan mekanik biji edamame

1. Perhitungan rata-rata nilai sperisitas biji edamame

$$\Phi = \frac{Dg}{A}$$

$$\Phi = \frac{11,67}{15,11} = 0,71$$

2. Perhitungan rata-rata nilai luas permukaan biji edamame

$$S = \frac{6}{DE}$$

$$S = \frac{6}{10,88} = 0,55$$

3. Perhitungan rata-rata nilai volume biji edamame

$$V = \frac{\pi ABC}{6}$$

$$V = \frac{3,14 \times 15,12 \times 10,45 \times 7,72}{6} = 638,72$$

4. Perhitungan nilai rata-rata densitas partikel biji edamame

$$\rho_p = \left[\frac{W_a}{W_a + W_w} \right] \times (SG)_L$$

$$\rho_p = \left[\frac{0,25}{0,37} \right] \times 1000 = 312,26$$

5. Perhitungan nilai rata-rata densitas curah biji edamame

$$\rho_b = \frac{m}{V}$$

$$\rho_b = \frac{0,115553}{0,00015} = 770,36$$

6. Perhitungan nilai rata-rata koefisien friksi statis kayu

$$\mu = \tan\phi$$

$$\mu = \tan 52,26 = 0,93$$

7. Perhitungan nilai rata-rata koefisien friksi statis kaca

$$\mu = \tan\phi$$

$$\mu = \tan 51,81 = 0,82$$

8. Perhitungan nilai rata-rata koefisien friksi statis alumunium

$$\mu = \tan\phi$$

$$\mu = \tan 50,21 = 1,01$$

9. Perhitungan nilai rata-rata sudut curah biji edamame

$$\Theta = \arctan\phi$$

$$\Theta = \arctan 0,34 = 18,56$$

LAMPIRAN B. Data hasil pengukuran sifat fisik dan mekanik biji edamame

1. Data hasil pengukuran nilai rata-rata sperisitas biji edamame

t	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Dg (mm)	Φ
-7,7°C	15,35	10,79	7,83	10.90	0.71
-12,4°C	15,07	10,55	7,69	10.68	0.71
-12,4°C	14,93	10,01	7,64	10.45	0.70
Rata-rata	15,12	10,45	7.72	10.68	0.71

2. Data hasil pengukuran nilai rata-rata luas permukaan biji edamame

t	A (mm)	B (mm)	C (mm)	DE	S (mm²/mm³)
-7,7°C	15,35	10,79	7,83	11,11	0.54
-12,4°C	15,07	10,55	7,69	10.89	0.55
-12,4°C	14,93	10,01	7,64	10.65	0.56
Rata-rata	15,12	10,45	7.72	10.89	0.55

3. Data hasil pengukuran nilai rata-rata volume biji edamame

t	A (mm)	B (mm)	C (mm)	V (mm³)
-7,7°C	15,35	10,79	7,83	678.36
-12,4°C	15,07	10,55	7,69	639.68
-12,4°C	14,93	10,01	7,64	598.12
Rata-rata	15,12	10,45	7.72	638.72

4. Data hasil pengukuran nilai rata-rata warna biji edamame

t	L	a	b	c
-7,7°C	63.16667	-10.0133	39.31667	40.58883
-12,4°C	61.56333	-9.82	38.36333	39.61283
-12,4°C	61.21333	-9.77333	38.94667	40.16292
Rata-rata	61.98111	-9.86889	38.87556	40.12153

5. Data hasil pengukuran nilai rata-rata densitas biji edamame

t	Ww	Wa	Wa + Wm	ρp	ρb	V	mb
-7,7°C	0.11	0.25	0.36	305.15	737.38	0.00015	0.11
-12,4°C	0.12	0.26	0.37	314.72	783.31	0.00015	0.12
-12,4°C	0.12	0.25	0.37	316.90	790.38	0.00015	0.12
Rata-rata	0.11	0.25	0.37	312.26	770.36	0.00015	0.11

6. Data hasil pengukuran nilai rata-rata koefisien friksi statis biji edamame

t	Sudut kayu	μ kayu	Sudut kaca	μ kaca	Sudut alumunium	μ alumunium
-7,7 ⁰ C	53.93	1.06	50.67	0.83	49.57	1.07
-12,4 ⁰ C	51.61	0.83	50.43	1.02	50.70	0.94
-12,4 ⁰ C	51.67	0.90	54.33	0.61	50.37	1.03
Rata-rata	52.26	0.93	51.81	0.82	50.21	1.01

7. Data hasil pengukuran nilai rata-rata sudut curah biji edamame

t	t (cm)	r (cm)	tan Θ	Θ
-7,7 ⁰ C	5.17	15.50	0.33	18.45
-12,4 ⁰ C	5.37	15.97	0.34	18.58
-12,4 ⁰ C	5.60	16.63	0.34	18.65
Rata-rata	5.38	16.03	0.34	18.56

8. Data hasil pengukuran nilai rata-rata tingkat kekerasan biji edamame

t	Peak load (g)	defformation (mm)	work (mJ)	Final load (g)	tekstur (g/mm)
-7,7 ⁰ C	377.07	3	4.69	377.07	125.69
-12,4 ⁰ C	285.13	3	3.58	285.13	95.04
-12,4 ⁰ C	242.80	3	3.02	239.93	80.93
Rata-rata	301.67	3	3.76	300.71	100.56

Lampiran C. Dokumentasi penelitian

1. Pengukuran suhu



2. Pengukuran intersep



3. Pengukuran tingkat kekerasan



4. Pengukuran sudut curah



5. Pengukuran densitas

