

**IDENTIFIKASI SIFAT FISIK, MEKANIK DAN MORFOLOGI
BUAH PALA (*Myristica fragrans* Houtt) DARI DESA BATU KRAMAT
KECAMATAN KOTA AGUNG KABUPATEN TANGGAMUS
SELAMA PENYIMPANAN**

(Skripsi)

Oleh

DAHLIA RARA ROSYALI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2016**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI SIFAT FISIK, MEKANIK DAN MORFOLOGI BUAH PALA (*Myristica fragrans* Houtt) DARI DESA BATU KERAMAT KECAMATAN KOTA AGUNG KABUPATEN TANGGAMUS SELAMA PENYIMPANAN

Oleh

Dahlia Rara Rosyali

Pala merupakan salah satu tanaman rempah yang memiliki nilai ekonomis dan multiguna karena setiap bagian tanamannya dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri. Harga jual pala cukup tinggi, namun volume ekspor buah pala di Lampung sempat mengalami penurunan yang diakibatkan oleh penurunan mutu buah pala. Penurunan mutu tersebut disebabkan diantaranya karena waktu panen yang kurang tepat dan penanganan pascapanen yang kurang baik. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi penanganan dan pengolahan yang tepat terhadap buah pala. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi sifat fisik, mekanik dan morfologi buah pala sebagai data pendukung untuk menciptakan teknologi penanganan dan pengolahan yang tepat terhadap buah pala.

Penelitian ini dilakukan menggunakan buah pala yang diperoleh dari Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus dengan tiga tingkat kematangan dan ukuran yang berbeda. Buah yang diamati yaitu buah muda kecil

(BmUk), buah muda sedang (BmUs), buah muda besar (BmUb), buah hampir masak kecil (BhUk), buah hampir masak sedang (BhUs), buah hampir masak besar (BhUb), buah tua kecil (BtUk), buah tua sedang (BtUs) dan buah tua besar (BtUb). Masing-masing sampel tersebut diulang sebanyak 5 kali sehingga total sampel yang digunakan sebanyak 45 buah setiap harinya dan pengamatan dilakukan selama tujuh hari. Parameter pengamatan yang diukur meliputi kadar air, kerapatan jenis, kerapatan curah, warna, luas proyeksi, porositas, tingkat kekerasan, sudut curah, bentuk, diameter buah, diameter biji, ketebalan daging buah, dan bobot.

Hasil penelitian menunjukkan nilai sudut curah $35,96^{\circ}$, nilai kerapatan jenis buah berkisar antara $0,8431 \text{ g/cm}^3 - 1,5673 \text{ g/cm}^3$, nilai porositas hasil $42,37 \%$, sedangkan hasil kerapatan curah $0,4858 \text{ g/cm}^3$. Kadar air daging buah, fuli dan biji berkisar antara $85,12 \%$ - $88,79 \%$, $22,53 \%$ - $69,13 \%$, $55,98 \%$ - $85,41 \%$. Tingkat kekerasan daging buah berkisar antara $6,91 - 10,26 \text{ N/mm}$. Bentuk buah pala yang berasal dari Tanggamus terdiri dari bulat, oblat dan oblong. Diameter buah, biji dan diameter dalam daging buah berkisar antara $37,98 - 52,33 \text{ mm}$, $20,53 - 27,04 \text{ mm}$, $21,98 - 26,26 \text{ mm}$. Ketebalan daging buah berkisar antara $9 - 19,14 \text{ mm}$. Bobot daging buah pala berkisar antara $24,6706 - 51,9685 \text{ g}$, bobot fuli berkisar antara $0,2961 - 1,1753 \text{ g}$, dan bobot biji dengan tempurungnya berkisar antara $4,2038 - 12,3506 \text{ g}$.

Kata kunci : buah pala, sifat fisik, sifat mekanik, sifat morfologi

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF PHYSICAL, MECHANICAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF NUTMEG (*Myristica fragrans* Houtt) FROM THE BATU KRAMAT VILLAGE, SUB DISTRICT KOTA AGUNG DISTRICT TANGGAMUS DURING STORAGE

By

Dahlia Rara Rosyali

Nutmeg is a herb plant that has high economic value and most of its parts can be utilized in various industry. Nowadays the selling nutmeg is being exported as a commodity from Lampung, but data show that volume of export of nutmeg looks decreasing due to less especially, quality of nutmeg. The quality drop is because of farmers do not apply good agricultural practices (GAP) such as in harvesting and post-harvest handling. Therefore, it is needed proper technology for handling and processing the nutmeg. This study aims to provide information about the physical, mechanical and morphological properties of nutmeg as supporting data for developing technology in handling and processing of nutmeg.

Nutmegs obtained from the village of Batu Kramat, Kota Agung, District Tanggamus were observed in this study. Three hundred and fifteen nutmegs at three levels of maturity and size were used. Therefore nine combinations were done, which are small-immature (BmUk), medium-immature (BmUs), large-

immature (BmUb), small-mature (BhUk), medium-mature (BhUs), large-mature (BhUb), small-ripe (BtUk), medium-ripe (BTUs) and large-ripe (BtUb). Each combination used 5 samples everyday as repetition that is to be observed. The observation parameters measured included moisture content, specific density, bulk density, color, area projection, porosity, hardness, angle of repose, shape, fruit diameter, seed diameter, flesh thickness, and weight during storage.

The results show that the angle of repose is $35,96^{\circ}$, the specific density is between $0,8431 - 1,5673 \text{ g/cm}^3$, porosity is 42,37%, while the bulk density is $0,4858 \text{ g/cm}^3$. The water content of flesh, mace and seed range 85,12% - 88,79%, 22,53% - 69,13%, 55,98% - 85,41%, respectively. The firmness of pulp ranges from 6,91 to 10,26 N/mm. Shape of nutmegs is commonly spherical, oblate and oblong. Diameter fruit, seed and inside diameter of flesh are, respectively, 37,98 - 52,33 mm, 20,53 - 27,04 mm, 21,98 - 26,26 mm. The thickness of flesh is from 9 to 19,14 mm. Weight of nutmeg is from 24,6706 to 51,9685 g, mace weight is from 0,2961 to 1,1753 g, and the seed weight with its shell is from 4,2038 to 12,3506 g.

Keywords: nutmeg, physical, mechanical and morphological properties

**IDENTIFIKASI SIFAT FISIK, MEKANIK DAN MORFOLOGI
BUAH PALA (*Myristica fragrans* Houtt) DARI DESA BATU
KRAMAT KECAMATAN KOTA AGUNG KABUPATEN
TANGGAMUS SELAMA PENYIMPANAN**

Oleh

DAHLIA RARA ROSYALI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

**: IDENTIFIKASI SIFAT FISIK, MEKANIK
DAN MORFOLOGI BUAH PALA (*Myristica
fragrans* Houtt) DARI DESA BATU
KRAMAT KECAMATAN KOTA AGUNG
KABUPATEN TANGGAMUS SELAMA
PENYIMPANAN**

Nama Mahasiswa

: Dahlia Rara Rosyali

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1214071023

Jurusan

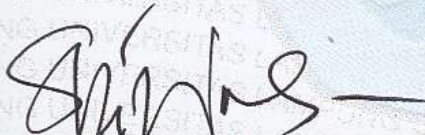
: Teknik Pertanian

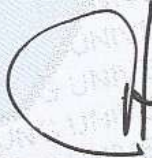
Fakultas

: Pertanian

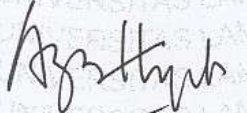
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D.
NIP 19720311 199703 1 002


Cicih Sugianti, S.T.P., M.Si.
NIP 19880522 201212 2 001

2. Ketua Jurusan

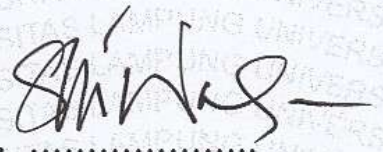

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

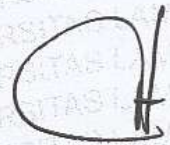
Ketua

: **Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D.**



Anggota

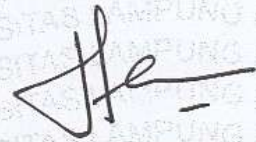
: **Cicili Sugianti, S.T.P., M.Si.**



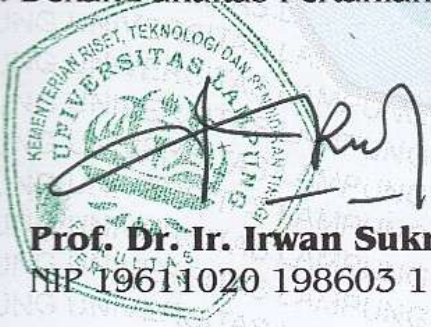
Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Ir. Tamrin, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Oktober 2016**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Dahlia Rara Rosyali NPM 1214071023

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D.** dan 2) **Cicih Sugianti, S.T.P., M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll.) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Oktober 2016
Yang membuat pernyataan



Dahlia Rara Rosyali
NPM. 1214071023

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 25 Oktober 1994, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara buah kasih dari pasangan Bapak Hambali dan Ibu Maryati.

Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Sepang Jaya pada tahun 2000 dan diselesaikan pada tahun 2006; Sekolah Menengah Pertama Negeri 8 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2009; Sekolah Menengah Atas Negeri 17 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2012. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi intrakampus sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2013/2014 dan menjabat sebagai Sekretaris Bidang Pengabdian Masyarakat Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Unila periode 2014/2015. Penulis pernah menjadi Sekretaris pelaksana kegiatan Lomba Karya Tulis Ilmiah SMA Sederajat Se-Provinsi Lampung pada periode 2013/2015.

Pada tahun 2015 penulis melaksanakan Praktik umum di PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Gedeh Cianjur Jawa Barat dengan judul laporan “Mempelajari Proses Penerimaan Bahan Baku Pucuk dan Pengeringan Teh Hitam di PTPN VIII Kebun Gedeh Cianjur Jawa Barat”. Pada tahun 2016 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Unila periode 1 tahun 2016 di Desa Datarajan Kecamatan Ulubelu Kabupaten Tanggamus selama 60 hari.

Alhamdulillahilahirabbil'aalamiin...

Puji dan syukur ku ucapkan pada-Mu ya ALLAH ya Rabb atas segala limpahan nikmat dan karunia-Mu. Atas izin-Mu ya ALLAH perjuangan dan perjalanan yang panjang ini bisa ku lewati hingga akhir. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, pemimpin dan suri tauladan yang baik bagi seluruh umat muslim.

*Dengan rasa bangga ku persembahkan karya kecil ini
kepada:*

*Ayah dan Ibu ku tercinta
yang telah membesarkan, menjaga dan merawatku dari kecil hingga sekarang ini. Terima kasih atas keringat yang mengalir sebagai rasa tanggung jawab kepadaku, walaupun mungkin aku tidak dapat membalas semuanya, tapi setidaknya ini dapat menjadi bagian kecil dari kebahagiaan Ayah dan Ibu.*

Serta

*Kepada Almamater Tercinta
Teknik Pertanian Universitas Lampung*

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Identifikasi Sifat Fisik, Mekanik dan Morfologi Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Dari Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus Selama Penyimpanan” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, dengan ketulusan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sri Waluyo, S.TP., M.Si., Ph.D., selaku Pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan dan saran dalam penyusunan skripsi ini, serta selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis dengan penuh pengertian dan kesabaran.
2. Ibu Cicih Sugianti, S.TP., M.Si., selaku Pembimbing II yang selalu penuh dengan kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, saran dan bantuan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

4. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan motivasi dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa dan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah membantu dalam administrasi skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian Unila yang telah memberikan ilmunya selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, dukungan moral, material dan semangat serta tak henti-hentinya memanjatkan doanya untukku.
8. Sahabat-sahabatku tersayang Anita Tri Handayani, Juppy Damay Lantika, Melauren Oktavina Renata, Retno Ayu Maulinda, Risa Inggit Pramitha, Yuni Kurnia Fitri, Sindya Nirwana, dan Fipit Novi Handayani yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan semangat serta bantuannya selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
9. Rizki Agung Prasetyo yang telah memberikan semangat, perhatian dan segala bantuan dalam penyusunan skripsi ini dengan penuh kesabaran.
10. Teman-teman TEP 12 yang luar biasa Kartinia, Fitri, Novi, Hasep, Dian, Badai, Rifki, Chandra, Fiqri, Arion, Heri, Adnan, Agung, Alfin, Andrie, Anna, Aprian, Ardhian, Arif, Bayu Dwi, Bayu Titis, Brilian, Della, Diyan, Puri, Erwanto, Febri, Farra, Finsha, Hanang, Herza, Putu, Junarli, M. Andrian, Rizki Ilyas, Nafi, Made, Farrel, Kharisma, Nurdin, Ion, Nyoman, Ovita, Bowo, Pras, Prayoga, Riri, Septi, Wences, Windri, Yoga, Yosef, Yudi, dan

Zen terimakasih atas kebersamaan dan keceriaan yang terukir selama ini.

Semoga kita dapat dipertemukan kembali di kesempatan yang lain.

11. Keluarga KKN Desa Datarajan Kacamatan Ulubelu Kabupaten Tanggamus

tahun 2016 Ahmad Teguh Saputra, Putu Aditya Paramartha, Desi

Darmilayanti, Nadia Azzahra, Devie Arisandy, Arya Baskoro dan

Kamaruzzaman Al-Farizi terimakasih telah menjadi keluarga selama 60 hari

dan semoga akan tetap menjadi keluarga.

12. Kakak-kakak angkatan 2011 dan Adik-adik angkatan 2013 dan 2014 yang

selalu memberikan semangat dan doanya.

13. Sahabat kecilku terkasih Nisa, Mila dan Dina yang selalu memberikan

semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Penulis,

Dahlia Rara Rosyali

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Pala	4
2.2 Klasifikasi Pala dan Jenis – jenis Tanaman Pala	8
2.3 Buah Pala (<i>Myristica fragrans</i> Houtt)	9
2.4 Standar Mutu Pala dan Fuli	11
2.4.1 Standar Mutu Biji Pala	11
2.4.2 Standar Mutu Fuli	12
2.5 Sifat Fisik Bahan Pertanian	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17

3.2	Alat dan Bahan	17
3.3	Rancangan Penelitian	17
3.4	Pelaksanaan Penelitian	17
3.5	Parameter Pengamatan	20
3.5.1	Karakteristik Fisik	20
3.5.1.1	Kadar Air	20
3.5.1.2	Kerapatan Jenis Buah Pala	20
3.5.1.3	Kerapatan Curah	21
3.5.1.4	Warna	22
3.5.1.5	Luas Proyeksi Buah	22
3.5.1.6	Porositas	23
3.5.2	Karakteristik Mekanik	24
3.5.2.1	Tingkat Kekerasan	24
3.5.2.2	Sudut Curah	24
3.5.3	Karakteristik Morfologi	25
3.5.3.1	Bentuk	25
3.5.3.2	Dimensi	26
3.5.3.3	Bobot	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Karakteristik Fisik	28
4.1.1	Kadar Air	28
4.1.1.1	Kadar Air Daging Buah	29
4.1.1.2	Kadar Air Fuli	31
4.1.1.3	Kadar Air Biji	33
4.1.2	Kerapatan Jenis Buah Pala	35
4.1.3	Kerapatan Curah	36
4.1.4	Warna	37
4.1.5	Luas Proyeksi Buah	39
4.1.6	Porositas	43
4.2	Karakteristik Mekanik	44
4.2.1	Tingkat Kekerasan	44
4.2.2	Sudut Curah	47
4.3	Karakteristik Morfologi	47
4.3.1	Bentuk	47
4.3.2	Dimensi	48
4.3.2.1	Diameter Buah	48
4.3.2.2	Diameter Biji	53
4.3.2.3	Diameter Dalam Daging Buah	54

4.3.2.4 Ketebalan Daging Buah	56
4.3.3 Bobot	58
4.3.3.1 Susut Bobot	58
4.3.3.2 Bobot Perbagian	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

Tabel	<i>Teks</i>	Halaman
1	Sentra areal dan produksi pala Indonesia	6
2	Luas areal tanaman dan produksi pala perkebunan rakyat Tahun 2000 – 2014	6
3	Perkembangan areal, nilai ekspor dan volume ekspor pala Provinsi Lampung Tahun 2011 – 2014	7
4	Luas areal tanaman pala perkebunan rakyat menurut Kabupaten / Kota di Provinsi Lampung Tahun 2014	7
5	Persentase bobot dari ke-empat bagian buah pala	9
6	Spesifikasi persyaratan umum mutu biji pala	11
7	Spesifikasi persyaratan khusus mutu biji pala	12
8	Persyaratan mutu fuli	12
9	Kriteria bentuk berdasarkan <i>Standard Chart</i>	25
10	Nilai persamaan regresi kadar air (KA) daging buah	30
11	Nilai persamaan regresi kadar air (KA) fuli	32
12	Nilai persamaan regresi kadar air (KA) biji	34
13	Nilai rata-rata kerapatan buah pala (g/cm^3)	35
14	Nilai rata-rata normalisasi RGB	37
15	Kalibrasi luas menggunakan jumlah piksel dari sampel kotak	39
16	Nilai rata-rata perbandingan antara jumlah piksel dan luas permukaan buah	41

17	Nilai rata-rata porositas buah pala (%)	43
18	Nilai persamaan regresi kekerasan (<i>firmness</i>) (F) daging buah	45
19	Nilai persamaan regresi diameter buah (D_r)	52
20	Nilai rata-rata diameter biji (d_b)	54
21	Nilai rata-rata diameter dalam daging buah (d_{o1})	55
22	Nilai rata-rata ketebalan daging buah (t)	57
23	Nilai persamaan regresi bobot buah (W)	59
24	Nilai persamaan regresi susut bobot buah (W_L)	60

Lampiran

25	Kadar air daging buah (%)	71
26	Nilai rata-rata kadar air daging buah pala (%)	72
27	Kadar air fuli (%)	73
28	Nilai rata-rata kadar air fuli (%)	74
29	Kadar air biji (%)	75
30	Nilai rata-rata kadar air biji (%)	76
31	Data pengamatan kerapatan (ρ) buah pala (g/cm^3)	77
32	Nilai indeks RGB dari program Matlab	79
33	Normalisasi nilai RGB	81
34	Nilai perbandingan antara jumlah pixel dan luas permukaan buah	83
35	Data hasil pengukuran tingkat kekerasan buah pala (N/mm)	85
36	Bentuk buah pala	89
37	Indeks diameter buah (D_r)	91
38	Data hasil pengukuran diameter buah (mm)	93

39	Nilai persamaan regresi diameter horizontal buah (D_{r1})	97
40	Nilai persamaan regresi diameter vertikal buah (D_{r2})	97
41	Nilai persamaan regresi diameter alur buah (D_{r3})	97
42	Data hasil pengukuran diameter biji (mm)	98
43	Nilai rata-rata diameter horizontal biji (d_{b1})	102
44	Nilai rata-rata diameter vertikal biji (d_{b2})	102
45	Data hasil pengukuran diameter dalam daging buah pala (mm) ...	103
46	Nilai rata-rata diameter dalam horizontal daging buah (d_{o1})	106
47	Nilai rata-rata diameter dalam vertikal daging buah (d_{o2})	106
48	Data hasil pengukuran ketebalan daging buah pala (mm)	107
49	Nilai rata-rata ketebalan daging buah titik 1 (t_1)	112
50	Nilai rata-rata ketebalan daging buah titik 2 (t_2)	112
51	Nilai rata-rata ketebalan daging buah titik 3 (t_3)	112
52	Nilai rata-rata ketebalan daging buah titik 4 (t_4)	113
53	Data hasil pengukuran bobot buah (g)	114
54	Hasil persentase susut bobot buah (%)	116
55	Data Hasil Pengamatan Bobot Buah Utuh, Bobot Daging buah, Fuli dan Biji Buah pala	118
56	Persentase bobot daging buah, fuli dan biji buah pala (%)	127
57	Porositas buah pala	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1	Bagian – bagian buah pala	10
2	Tempurung dan biji pala	10
3	(a) Buah muda, (b) buah hampir masak, (c) buah tua	18
4	Diagram alir penelitian	19
5	Pengukuran (a) diameter buah (D_r), (b) diameter biji (d_b), (c) diameter dalam daging buah (d_o) (d) ketebalan daging buah	26
6	Rata-rata kadar air daging buah pada buah	29
7	Rata-rata kadar air fuli	32
8	Rata-rata kadar air biji	34
9	Rata-rata indeks RGB	38
10	Hubungan antara luas sampel dengan jumlah piksel	40
11	Hubungan jumlah piksel dengan luas proyeksi (cm^2)	41
12	Hubungan luas buah dengan luas proyeksi (cm^2)	43
13	Rata-rata tingkat kekerasan daging buah	45
14	Rata-rata diameter horizontal buah	49
15	Rata-rata diameter vertikal buah	50
16	Rata-rata diameter alur buah	51
17	Rata-rata bobot buah pala	59

18	Rata-rata susut bobot buah	60
19	Bobot masing-masing bagian pada (a) buah muda ukuran kecil (BmUk), (b) buah muda ukuran sedang (BmUs), (c) buah muda ukuran besar (BmUb)	62
20	Bobot masing-masing bagian pada (a) buah hampir masak ukuran kecil (BhUk), (b) buah hampir masak ukuran sedang (BhUs), (c) buah hampir masak ukuran besar (BhUb)	63
21	Bobot masing-masing bagian pada (a) buah tua ukuran kecil (BtUk), (b) buah tua ukuran sedang (BtUs), (c) buah tua ukuran besar (BtUb)	64

Lampiran

22	Prosedur untuk memperoleh nilai RGB.....	138
23	Prosedur untuk memperoleh luas proyeksi buah	139
24	Sudut curah buah pala.....	140
25	Pengelompokan buah berdasarkan ukuran.....	140
26	Pengukuran bobot	141
27	Pengukuran kerapatan curah dan porositas.....	141
28	Pengukuran kekerasan	141
29	Pengukuran volume buah.....	141
30	Pengukuran diameter dalam daging buah	142
31	Pengukuran ketebalan daging buah	142
32	Daging buah pala dan fuli sebelum dioven.....	143
33	Daging buha, biji dan fuli setelah dioven	143
34	Bagian-bagian buah pala.....	144
35	Buah muda	144
36	Buah hampir masak.....	145

37	Buah tua	145
38	Mencari RGB dalam program <i>Matlab</i>	146
39	Mencari jumlah piksel dalam program <i>Matlab</i>	146

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman pala (*Myristica fragrans* houtt) adalah tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman ini berasal dari pulau Banda yang dapat tumbuh baik di daerah tropis, tidak hanya di Indonesia tanaman ini juga tumbuh di Amerika, Asia dan Afrika (Nurdjannah, 2007). Tanaman ini termasuk dalam kelas *Angiospermae*, subkelas *Dicotyledoneae*, ordo *Ranales*, famili *Myristiceae* dan *Myristica*, terdiri atas 15 genus dan 250 spesies (Agoes, 2010).

Pala dikenal sebagai tanaman rempah yang memiliki nilai ekonomis dan multiguna karena setiap bagian tanaman dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri. Menurut Bustaman (2007), satu pohon pala yang berumur sekitar 25 – 50 tahun akan menghasilkan 160 kg buah pala yang terdiri dari daging buah, 22,5 kg biji pala dan 3 kg fuli. Produk utama dari tanaman pala yaitu biji dan fuli yang dimanfaatkan sebagai rempah. Minyak hasil penyulingan biji pala muda dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri obat-obatan, pembuatan sabun, parfum dan kosmetik di dalam negeri.

Luas areal tanaman pala di Provinsi Lampung pada tahun 2014 cukup tinggi yaitu 668 Ha, namun volume ekspor buah pala mengalami penurunan dari sebelumnya 52 ton pada tahun 2012 hingga 5 ton pada tahun 2014 (Dinas Perkebunan Provinsi Lampung, 2014). Penurunan volume ekspor buah pala ini dipengaruhi oleh penurunan mutu buah pala. Hal ini dikarenakan sebagian besar pala Indonesia dihasilkan oleh perkebunan rakyat yaitu sekitar 99 %, dengan cara penanganan pascapanen yang masih tradisional dengan peralatan seadanya dan kurang higienis. Sehingga masalah tersebut dapat mempengaruhi mutu dan harga jual pala. Selain itu waktu panen yang kurang tepat, penyimpanan dan pengemasan yang kurang baik juga dapat mempengaruhi mutu pala (Permentan, 2012).

Penanganan pascapanen dan teknologi pengolahan yang tepat perlu dilakukan untuk dapat menanggulangi masalah penurunan mutu buah pala. Untuk menciptakan teknologi tersebut dibutuhkan informasi pendukung seperti karakteristik fisik, mekanik dan morfologi buah pala. Menurut Marzuki (2008), salah satu upaya yang perlu dilakukan dalam pengelolaan tanaman pala adalah identifikasi dan karakterisasi, baik pada tingkat morfologi maupun isozim.

Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus merupakan salah satu daerah yang banyak terdapat tanaman pala. Sehingga untuk dapat meningkatkan mutu buah pala yang dihasilkan di daerah ini perlu dilakukan identifikasi untuk mendapatkan informasi tentang buah pala khususnya informasi sifat fisik, mekanik dan morfologi buah pala. Informasi tersebut sangat dibutuhkan untuk meningkatkan teknologi penanganan pascapanen, penyimpanan, serta untuk menunjang pemanfaatan yang efektif di bidang desain alat mesin dan

pengembangan buah pala. Sifat-sifat tersebut diantaranya ukuran, bentuk, bobot, volume, kebulatan, kerapatan, diameter, dan luas permukaan (Burubai, *et.al.*, 2007)

1.2 Rumusan Masalah

Tingkat kematangan dan ukuran buah mempengaruhi perbedaan karakteristik fisik, mekanik dan morfologi buah pala.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi sifat fisik, mekanik dan morfologi buah pala dari Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus.
2. Mengetahui pengaruh tingkat kematangan dan ukuran buah yang berbeda terhadap perubahan sifat fisik, mekanik dan morfologi buah pala selama penyimpanan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi sifat fisik, mekanik dan morfologi buah pala agar dapat meningkatkan efektivitas pemanfaatan dan teknologi pengolahan yang tepat terhadap buah pala.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pala

Tanaman pala (*Myristica fragrans* houtt) adalah tanaman asli Indonesia yang berasal dari pulau Banda. Tanaman ini merupakan tanaman yang dapat berumur panjang hingga lebih dari 100 tahun. Tanaman pala merupakan tumbuhan berbatang sedang dengan tinggi mencapai 18 m, memiliki daun berbentuk bulat telur atau lonjong yang selalu hijau sepanjang tahun. Pohon pala dapat tumbuh di daerah tropis pada ketinggian di bawah 700 m dari permukaan laut, beriklim lembab dan panas, curah hujan 2.000 - 3.500 mm tanpa mengalami periode kering secara nyata (Nurdjannah, 2007).

Tanaman pala rata-rata mulai berbuah pada umur 5 – 6 tahun. Setelah mencapai umur 10 tahun produksi buahnya mulai meningkat hingga mencapai optimum pada umur rata-rata 25 tahun. Produksi umum ini bertahan hingga tanaman pala berumur 60 -70 tahun. Tanaman pala dapat berbunga berumah dua (*dioecus*) yang berarti ada pohon pala yang berbunga betina saja dan ada yang berbunga jantan saja. Malai bunga jantan terdiri atas 1 - 10 bunga dan malai bunga betina 1 - 3 bunga. Jangka waktu pertumbuhan buah dari mulai persarian hingga tua tidak lebih dari 9 bulan (Rismunandar, 1992).

Panen pala pertama kali dilakukan 7 - 9 tahun setelah pohonnya ditanam dan mencapai kemampuan produksi 25 tahun dan dapat bertahan sampai 60 tahun. Bagian pala yang dipanen adalah bijinya, salut bijinya (*arillus*), dan daging buahnya. Dalam dunia perdagangan, salut biji pala dinamakan fuli, atau dalam bahasa Inggris disebut *mace*, dalam istilah farmasi disebut *myristicae arillus* atau *macis* sedangkan daging buahnya dinamakan *myristicae fructus cortex*. Bagian buah pala yang paling tinggi nilai ekonominya adalah biji dan fuli. Biji umumnya digunakan pada makanan manis dan kaya rempah, seperti produk roti dan juga sebagai bumbu dalam masakan daging serta produk minuman dan makanan penutup (*dessert*). Sementara itu, fuli digunakan sebagai bahan penambah rasa pada produk roti, seperti *cake*, *cookies*, *pie*, dan *topping*, juga sebagai bumbu pada masakan laut, pikel dan minuman (Agoes, 2010).

Berdasarkan data areal pengembangan, produksi, ekspor dan impor pala Indonesia, walaupun terjadi fluktuasi, masih memiliki kecenderungan meningkat. Hal ini berarti bahwa permintaan terhadap pala Indonesia untuk pasar dalam negeri dan luar negeri masih cukup tinggi. Peningkatan ekspor Indonesia pada nilai impor Uni Eropa pada tahun 2013 senilai US\$ 32,15 juta, dan meningkat pada April 2015 sebesar 20,7 % menjadi US\$ 86,096 juta (Kemendag, 2015).

Pengembangan areal pertanaman pala sampai tahun 2010 telah mencapai 118.345 ha dengan produksi 15.793 ton biji kering. Sentra produksi pala Indonesia sampai tahun 2010 tersebar di 10 provinsi seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sentra areal dan produksi pala Indonesia

No.	Provinsi	Areal *) (Ha)				Produksi (Ton)	Petani pemilik (KK)
		TBM	TM	TTR	Jumlah		
1	Maluku Utara	16.606	14.439	1.374	35.419	4.436	23.274
2	Maluku	11.949	7.346	3.841	23.136	2.104	20.199
3	Aceh	10.532	7.815	2.165	20.512	2.692	27.238
4	Sulawesi Utara	5.659	9.332	1.026	16.016	3.024	24.911
5	Papua Barat	2.305	4.567	676	7.548	1.373	5.316
6	Jawa Barat	2.338	2.135	376	4.849	556	27.184
7	Sumatra Barat	531	2.428	181	3.140	842	2.989
8	Sulawesi Selatan	939	1.208	129	2.276	390	4.279
9	Sulawesi Tengah	1.331	352	30	1.713	80	1.691
10	NTT	804	3.004	12	1.120	71	1.809
11	Daerah lain	4.551	943	121	2.616	225	7.441
Jumlah		57.545	50.869	9.931	118.345	15.793	46.331

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011

*) TBM: Tanaman Belum Menghasilkan; TM: Tanaman Menghasilkan; TTR: Tanaman Tua dan Rusak

Tabel 2. Luas areal tanaman dan produksi pala perkebunan rakyat Tahun 2000 – 2014

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produksi (Ton)
2000	52,80	19.800
2001	59,00	76.900
2002	61,10	23.100
2003	67,90	22.200
2004	73,40	10.300
2005	68,10	8.100
2006	67,50	8.800
2007	73,40	9.200
2008	85,00	11.400
2009	98,80	16.000
2010	117,30	15.700
2011	121,40	19.800
2012	133,70	25.200
2013	139,94	28.100
2014	150,13	30.900

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014

Biji dan fuli merupakan produk utama dari tanaman pala. Minyak pala

merupakan bahan baku industri obat-obatan, pembuatan sabun, parfum dan

kosmetik. Daging buah digunakan untuk makanan dan minuman seperti manisan, permen, sirup dan jus pala (Permentan, 2012).

Tabel 3. Perkembangan areal, nilai ekspor dan volume ekspor pala Provinsi Lampung Tahun 2011 – 2014

Tahun	Luas Areal (Ha)	Nilai Ekspor (000 US \$)	Volume Ekspor (Ton)
2011	736	332	26
2012	692	773	52
2013	560	-	-
2014	668	69	5

Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Lampung, 2014

Tabel 4. Luas areal tanaman pala perkebunan rakyat menurut Kabupaten / Kota di Provinsi Lampung Tahun 2014

Kabupaten/Kota	Luas Areal (Ha)
Tanggamus	217
Lampung Selatan	7
Lampung Timur	387
Pesawaran	45
Pringsewu	3
Bandar Lampung	9

Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Lampung, 2014

2.2 Klasifikasi dan Jenis-jenis Tanaman Pala

Tanaman pala termasuk dalam kelas Angiospermae, subkelas Dicotyledonae, ordo Ranales, famili Myristaceae dan Myristica, terdiri atas 15 genus dan 250 spesies.

Dari 15 genus tersebut 5 di antaranya terdapat di daerah tropis Amerika, 6 di daerah tropis Afrika, dan 4 genus di daerah tropis Asia, termasuk Indonesia (Agoes, 2010).

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Sub kingdom : Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)

Super divisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub kelas	: Magnoliidae
Ordo	: Magnoliales
Famili	: Myristicaceae
Genus	: Myristica
Spesies	: <i>Myristica fragrans</i> houtt

Di Indonesia dikenal beberapa jenis (spesies) pala (Rismunandar, 1992) yaitu:

1. *Myristica fragrans*, merupakan pala jenis utama dan mendominasi jenis lain dalam segi mutu maupun produktivitas. Tanaman ini merupakan tanaman asli pulau Banda. Buah jenis ini seluruh bagian buahnya (daging, fuli dan biji) dapat diolah. Fuli dan biji buah ini yang paling dikenal di pasar internasional. Buah jenis ini juga banyak tersebar di daerah Tanggamus.
2. *M. Argentea Warb*, merupakan jenis pala khas Irian Jaya. Buah pala jenis ini berbentuk lonjong, di daerah aslinya dikenal sebagai pala petani dan sering disebut sebagai pala hutan.
3. *M. Schelfferi Warb*, merupakan jenis pala yang berasal dari Irian Barat, namun tidak terlalu dikenal. Tanaman ini tumbuh di hutan. Bijinya memiliki kualitas yang rendah.
4. *M. Teysmannii*, merupakan tanaman yang termasuk langka. Pala jenis ini tidak memiliki nilai ekonomis.
5. *M. Succanea*, terdapat di pulau Halmahera. Jenis ini tidak mempunyai nilai ekonomi.

2.3 Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt)

Buah pala terdiri dari empat bagian yaitu daging buah, fuli, tempurung dan biji.

Buah pala terdiri dari 83,3% daging buah, 3,22% fuli, 3,94% tempurung biji, dan 9,54% daging biji (Permentan, 2011). Perbandingan bobot pala banda (*Myristica fragrans* Houtt) dari ke-empat bagian tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Persentase bobot dari ke-empat bagian buah pala

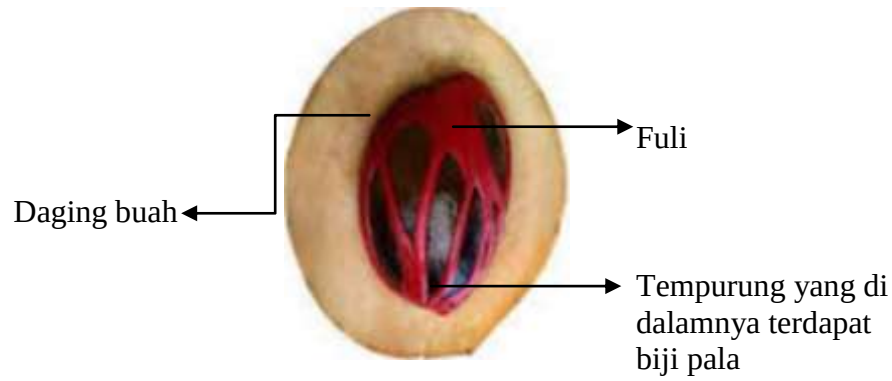
Bagian Buah	Basah %	Kering (diangin-anginkan) %
Daging buah	77,8	9,93
Fuli	4,0	2,09
Tempurung	15,1	-
Biji	13,1	8,40

Sumber: Rismunandar, 1992

Menurut Rismunandar (1992), buah pala yang digunakan untuk keperluan rempah biasa dipetik tidak lebih dari umur 9 bulan sejak mulai persarian bunga. Buahnya berbentuk peer, lebar, ujungnya meruncing, kulitnya licin, berdaging dan cukup banyak mengandung air. Jika sudah tua warnanya kuning pucat dan membelah dua, kemudian jatuh. Bentuk biji bulat telur hingga lonjong, mempunyai tempurung berwarna coklat tua dan licin permukaannya bila sudah cukup tua.

Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian tentang Pedoman

Penanganan Pasca Panen Pala (2012), buah pala yang sudah tua umumnya sudah berumur 9 bulan setelah pembungaan. Hal ini ditandai oleh warna buah yang berwarna kuning kecoklatan, dimana beberapa buah sudah mulai merekah (membelah) melalui alur belahnya kulit biji (tempurung) berwarna coklat tua sampai hitam dan mengkilat, serta warna fuli yang memerah.



Gambar 1. Bagian – bagian buah pala



Gambar 2. Tempurung dan biji pala

Biji dan fuli yang berasal dari buah muda dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak pala karena kandungan minyak atsirinya yang jauh lebih tinggi daripada biji yang berasal dari buah yang tua. Pada buah muda (umur 4 – 5 bulan) kadar minyak atsiri berkisar 8 - 17% atau rata-rata 12%.

Tempurung biji diselubungi oleh selubung biji berbentuk jala berwarna merah yang disebut fuli atau bunga pala. Fuli dari buah yang belum tua warnanya kuning pucat, bila dikeringkan akan menjadi coklat muda. Fuli bila dikeringkan akan berwarna merah kecoklatan, namun dapat berubah menjadi kuning tua apabila penyimpanannya terlalu lama (Nurdjannah, 2010).

Menurut Rismunandar (1992), sifat-sifat biji pala dan fuli sebagai berikut:

- Biji pala yang belum tua, bila dikeringkan akan menghasilkan daging biji yang agak rapuh, dan mudah menjadi sasaran serangga gudang. Biji pala yang sudah cukup tua (buahnya membelah) bila dikeringkan menghasilkan biji yang cukup keras.
- Fuli yang masih muda, kuning pucat warnanya. Bila dikeringkan mengalami perubahan warna menjadi coklat muda. Fuli yang sudah tua merah api warnanya, bila dikeringkan akan menjadi merah kecoklatan.

Buah pala memiliki waktu panen yang dikenal dengan panen besar dan panen susulan. Tanaman pala biasanya berbunga pada saat musim kemarau, maka dapat dinyatakan bahwa persarian yang terbesar akan terjadi pada pertengahan dan akhir musim kemarau (Rismunandar, 1992).

2.4 Standar Mutu Pala dan Fuli

2.4.1 Standar Mutu Biji Pala

Standar mutu diperlukan untuk meningkatkan mutu biji dan fuli pala dalam dunia perdagangan (Permentan, 2012). Standar mutu biji pala menurut SNI 01-0006-1993 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Spesifikasi persyaratan umum mutu biji pala

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kadar Air	% (b/b)	maks. 10
2	Biji berkapang	%	maks. 8
3	Serangga utuh mati	ekor	maks. 4
4	Kotoran mamalia	mg/lbs	maks. 0
5	Kotoran binatang lain	mg/lbs	maks. 0
6	Benda asing	% (b/b)	maks. 0

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53/Permentan/OT.140/9/2012

Tabel 7. Spesifikasi persyaratan khusus mutu biji pala

Jenis Uji Jenis Mutu	Persyaratan				
	Jumlah biji per kg	Biji rusak akibat serangga	Biji pecahan (%)	Biji keriput (%)	Keseragaman maksimum
1. Calibrated Nutmeg (CN)					
a. CN 60-65	60-72	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
b. CN 70-75	77-83	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
c. CN 80-85	88-94	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
d. CN 90-95	99-105	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
e. CN 100-105	110-116	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
f. CN 110-115	121-127	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
g. CN > 120	>132	maks 2	maks 2	maks 2	Seragam
2. ABCD Average	Maks 121	maks 2	maks 2	maks 2	Biji tidak bersyarat
3. Rimpel	Biji tidak bersyarat	Biji tidak bersyarat	tidak bersyarat	maks 2	Biji tidak bersyarat
4. BWP	Biji tidak bersyarat	Biji tidak bersyarat	tidak bersyarat	maks 25	Biji tidak bersyarat

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53/Permentan/OT.140/9/2012

2.4.2 Standar Mutu Fuli

Kriteria untuk menentukan standar kualitas fuli yaitu berdasarkan SNI 01-0007-1993. Persyaratan umum mutu fuli sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 8. Persyaratan mutu fuli

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Kadar air	% (b/b)	maks. 10
2	Kotoran mamalia	mg/lbs	maks. 3
3	Kotoran binatang lain	mg/lbs	maks. 1
4	Benda asing	% (b/b)	maks. 0,5
5	Serangga utuh mati	ekor	maks. 4
6	Fuli berkapang	% (b/b)	maks. 2
7	Cemaran serangga	% (b/b)	maks. 1

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53/Permentan/OT.140/9/2012

Sedangkan untuk persyaratan khusus, fuli digolongkan ke dalam 5 golongan mutu, yaitu:

- a. Mutu *Whole* I (mutu utuh I): utuh dan pecahan besar, sampai sekitar $\frac{1}{3}$ dari utuh, warna kuning dan atau kuning kemerahan sampai merah.
- b. Mutu *whole* II (mutu utuh II): utuh dan pecahan besar, sampai kira-kira $\frac{1}{3}$ dari utuh, berwarna gelap/ buram.
- c. Mutu *Gruis/Broken* I (mutu pecah I): pecah-pecah dengan ukuran sampai minimum $\frac{1}{2}$ dari yang utuh, berwarna kuning atau kuning kemerahan sampai merah.
- d. Mutu *Gruis/Broken* II (mutu pecah II): pecah-pecah dengan ukuran sampai minimum $\frac{1}{12}$ dari yang utuh, berwarna buram atau kuning dan atau kemerahan-merahan.
- e. *Black mace* (fuli hitam): yang tidak termasuk *whole* (utuh), *gruis* (pecah) yang berwarna gelap hampir hitam.

2.5 Sifat Fisik Bahan Pertanian

Sifat fisik bahan berhubungan erat dengan struktur dan penampilan bahan.

Menurut Sari (2016), sifat fisik bahan pangan sangat diperlukan dalam penanganan pasca panen produk pertanian. Sebagian produk pertanian akan menampilkan penampilan fisik yang tetap baik meskipun bahan telah dikeringkan dan sebagian lagi sifat fisiknya akan berubah. Sifat fisik bahan merupakan ciri khas dari suatu produk pertanian yang secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen. Oleh karena

itu, sifat fisik bahan harus senantiasa terpelihara agar tidak mengalami banyak perubahan dari sifat aslinya (Imdad dan Nawangsih, 1999).

Sifat fisik merupakan sifat dasar yang dimiliki oleh suatu bahan yang dapat dijadikan salah satu kriteria untuk menetapkan mutu dan keefisienan proses produksi. Menurut Burubai, *et.al.*, (2007), informasi ukuran, bentuk, bobot, volume, kebulatan, kerapatan, diameter, dan luas permukaan sangat dibutuhkan untuk meningkatkan teknologi penanganan pascapanen, penyimpanan, serta untuk menunjang pemanfaatan yang efektif di bidang desain alat mesin dan pengembangan buah pala. Informasi tersebut tersebut dapat digunakan untuk menentukan standar sortasi dan grading seperti dijelaskan Sukayana, dkk. (2013), sortasi dan grading yang dilakukan didasarkan pada produk standar yang telah ditetapkan terlebih dahulu dari ukuran yaitu super, sedang dan kecil. Standar spesifik untuk penampakan dan kemurnian biji adalah besar, bentuk dan warna (Tandra, dkk., 2015).

Informasi sifat fisik seperti kadar air dapat digunakan untuk menentukan umur simpan dan dasar untuk mendesain alat pengering, seperti menurut Julianti dan Nurminah (2006), kadar air merupakan informasi yang penting dalam penentuan masa simpan dari produk pangan. Keseragaman kadar air bahan selama proses pengeringan merupakan parameter penting untuk menggambarkan kinerja suatu pengering mekanis. Laju pengeringan dan produk akhir juga sangat ditentukan oleh ketebalan bahan selama proses pengeringan. Kerapatan bahan juga mempengaruhi laju pengeringan, semakin tinggi kerapatan bahan yang dikeringkan maka efisiensi panas pengeringan akan semakin besar (Widyotomo,

2014). Hasil penelitian Fitriani (2008), menunjukkan bahwa kadar air menentukan lama pengeringan.

Menurut Sari (2016), Sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan perilaku bahan akibat gaya yang diberikan terhadap bahan tersebut. Sifat mekanik digunakan untuk menentukan ketahanan bahan terhadap gangguan yang terjadi saat proses pengemasan atau gesekan saat pengangkutan. Beberapa bahan pangan seperti buah segar merupakan produk yang mudah rusak sehingga memerlukan tingkat perlindungan yang lebih tinggi untuk mencegah gesekan antara bahan (Julianti dan Nurminah, 2006).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2016 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital, *rheometer*, jangka sorong, penggaris, oven, cawan, tabung desikator, gelas ukur, seperangkat alat pengambilan citra digital, dan alat pengukur suhu. Bahan yang digunakan adalah buah pala petik segar yang diperoleh dari Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode rancangan deskriptif. Data yang diperoleh dari hasil penelitian diolah menggunakan *Microsoft excel*, kemudian data tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan uraian serta dianalisis menggunakan persamaan regresi.

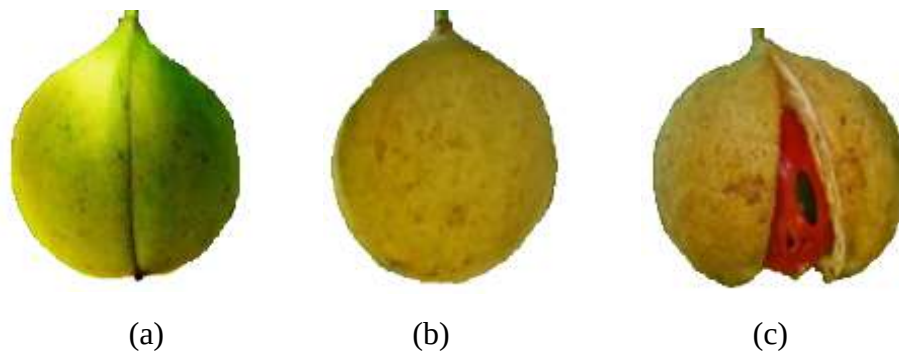
Pengamatan dilakukan dengan menggunakan buah pala yang dibedakan berdasarkan tingkat kematangan dan ukuran buahnya. Sampel yang digunakan dalam pengamatan ini yaitu buah muda ukuran kecil (BmUk), buah muda ukuran sedang (BmUs), buah muda ukuran besar (BmUb), buah hampir masak ukuran kecil (BhUk), buah hampir masak ukuran sedang (BhUs), buah hampir masak ukuran besar (BhUb), buah tua ukuran kecil (BtUk), Buah tua ukuran sedang (BtUs) dan buah tua ukuran besar (BtUb). Pengamatan dilakukan menggunakan parameter yang telah ditetapkan. Masing-masing perlakuan menggunakan lima sampel sebagai ulangan. Pengamatan dilakukan setiap hari selama penyimpanan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

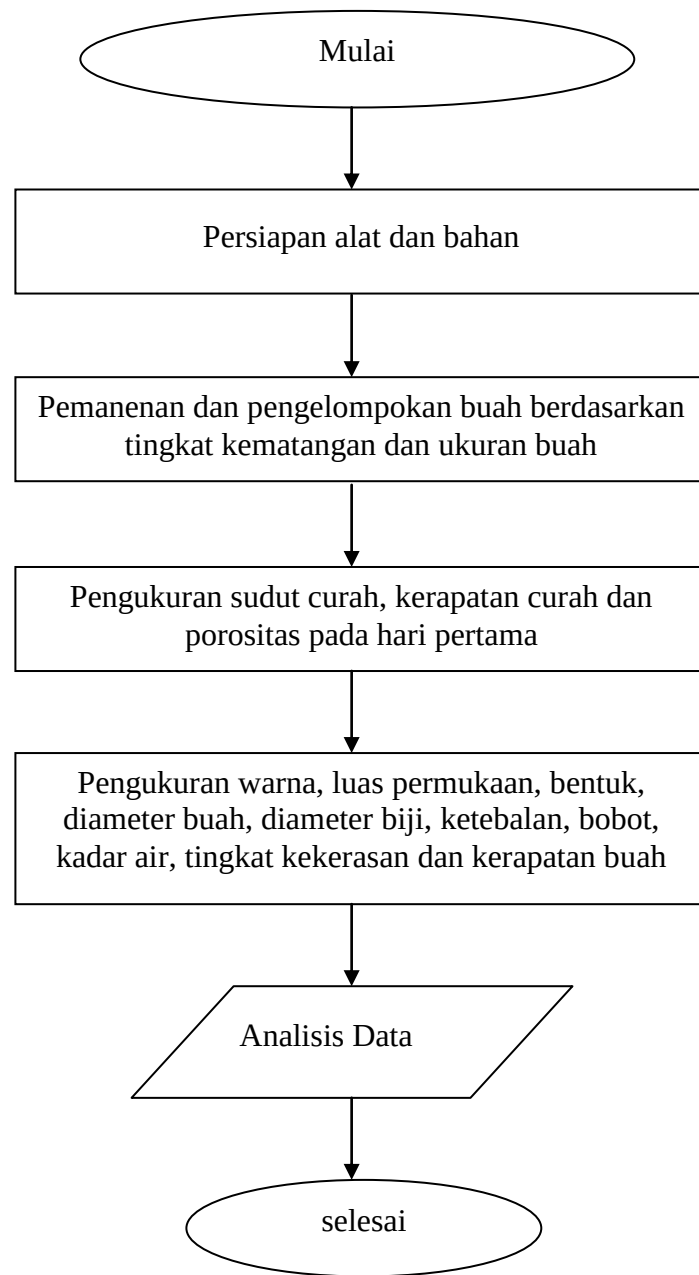
Pelaksanaan penelitian diawali dengan pemanenan buah pala. Buah pala dipilih berdasarkan tiga jenis tingkat kematangan yang berbeda. Pengelompokan buah berdasarkan tingkat kematangan penting dilakukan untuk penanganan yang tepat. Menurut Maswira (2015), dalam desain alat pemecah buah pala kerusakan hasil dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan ukuran buah, karena jika buah belum matang sempurna maka biji akan mudah pecah saat ditekan. Tingkat kematangan buah pala dibagi menjadi tiga yaitu buah muda, buah hampir masak dan buah tua. Buah muda yaitu buah yang masih berwarna hijau, berumur kurang dari 5 bulan, buah ini memiliki tempurung biji yang masih lunak serta fuli yang masih berwarna putih. Buah hampir masak yaitu buah yang sudah berwarna kuning, berumur 5 – 7 bulan, buah ini memiliki tempurung biji yang sudah mulai mengeras namun masih berwarna coklat, fuli pada buah ini berwarna merah muda dan masih ada bagian fuli yang berwarna putih. Sedangkan buah tua yaitu buah

yang berwarna kuning kecoklatan dengan kondisi buah yang sudah membelah pada alur belahnya, buah ini sudah berumur 9 bulan sejak persarian bunga, tempurung biji buah ini sangat keras dan berwarna coklat kehitaman serta fuli yang berwarna merah.

Buah yang berukuran kecil memiliki bobot kurang dari 40 g, buah sedang memiliki bobot 41 – 60 g, sedangkan buah yang berukuran besar memiliki bobot lebih dari 60 g. Masing-masing sampel dilakukan pengukuran kadar air, bobot jenis, warna, luas permukaan, tingkat kekerasan, sudut curah, bentuk, dimensi dan bobot. Sampel terdiri dari BmUk, BmUs, BmUb, BhUk, BhUs, BhUb, BtUk, BtUs, dan BtUb. Masing-masing sampel tersebut diulang sebanyak 5 kali sehingga total sampel yang digunakan setiap harinya sebanyak 45 buah. Pada beberapa parameter pengukuran sampel diukur pada setiap bagian-bagian buah seperti daging buah, fuli, dan biji buah pala. Pengamatan tersebut dilakukan setiap hari selama penyimpanan.



Gambar 3. (a) Buah muda (b) Buah hampir masak, (c) Buah tua



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3.5 Parameter Pengamatan

3.5.1 Karakteristik Fisik

3.5.1.1 Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan pada bagian-bagian buah pala yang terdiri dari daging buah, fuli dan biji dengan menggunakan metode oven. Sampel dipisahkan dahulu daging buah, fuli dan bijinya kemudian ditimbang dan dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 5 menit, kemudian ditimbang (AOAC, 2005). Kadar air dihitung menggunakan perbandingan antara bobot air dengan bobot total sampel yang ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%bb)} = \frac{(W_t - W_d)}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: W_t = bobot sampel total (g)

W_d = bobot sampel setelah dioven (g)

$W_t - W_d$ = bobot air dalam bahan (g)

3.5.1.2 Kerapatan jenis Buah Pala

Kerapatan merupakan perbandingan bobot bahan (buah pala utuh) dengan volume yang ditempatinya. Pengukuran kerapatan buah pala dilakukan dengan mengukur volume buah pala menggunakan metode *water displacement* (Jailiantabar, *et.al.*, 2011). Buah pala yang sudah diketahui bobotnya kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur yang sudah penuh diisi air, setelah itu diukur volume air yang keluar dari gelas tersebut (V).

Kerapatan suatu bahan dapat dihitung menggunakan persamaan dalam (Abdullah, 2011) berikut:

$$\text{Kerapatan jenis buah } (\rho_{\text{buah}}) = \frac{W_b}{V_b} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: ρ_{buah} = kerapatan (g/cm^3)

W_b = bobot buah (g)

V_b = volume buah (cm^3)

3.5.1.3 Kerapatan Curah

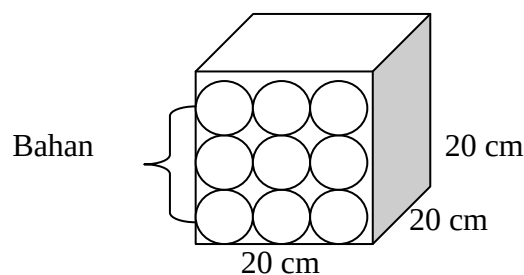
Kerapatan curah merupakan perbandingan bobot total bahan dengan volume yang ditempatinya, termasuk ruang kosong di antara butiran bahan. Pengukuran kerapatan curah dilakukan pada buah utuh. Pengukuran ini dilakukan dengan cara menimbang beberapa sampel yang akan dimasukkan ke dalam sebuah wadah setelah diketahui bobot dari total bahan kemudian bahan tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang sudah diketahui volumenya. Kerapatan curah suatu bahan dapat dihitung menggunakan persamaan (Abdullah, 2011) berikut:

$$\text{Kerapatan curah } (\rho) = \frac{W_c}{V_c} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: ρ_{curah} = kerapatan (g/cm^3)

W_c = bobot total bahan (g)

V_c = volume curah / wadah (cm^3)



3.5.1.4 Warna

Penentuan warna pada penelitian ini dilakukan pada buah utuh dengan metode pengolahan citra digital. Penentuan warna dilakukan dengan pengambilan citra menggunakan seperangkat alat pengambilan citra. Kemudian hasilnya disimpan dalam bentuk file dengan format *jpg*. Setelah itu dilakukan pengolahan citra dengan menggunakan program *Matlab*. *Script* program untuk analisis sebagaimana terlampir. Hasil yang telah diperoleh dalam program tersebut kemudian dihitung indeks warna RGBnya dengan rumus (Sianturi, 2008) sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \dots\dots\dots (4)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \dots\dots\dots (5)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana: R, G, B = nilai pembacaan pada berkas citra warna

r, g, b = nilai indeks warna merah, hijau, biru

3.5.1.5 Luas Proyeksi Buah

Pengukuran luas permukaan buah pala dilakukan dengan pengolahan citra digital. Kalibrasi hubungan antara jumlah piksel dengan luas permukaan dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan persamaan regresi yang digunakan untuk menghitung luas buah. Selanjutnya obyek dua dimensi yang diketahui luasnya diambil citra digitalnya, kemudian dihitung jumlah pikselnya. Sebanyak 10 obyek dua dimensi digunakan sebagai bidang uji. Hubungan antara luas obyek dengan

jumlah piksel tersebut kemudian diperoleh persamaan kalibrasi. Penentuan luas buah pala dilakukan dengan pengambilan citra menggunakan seperangkat alat pengambilan citra. Kemudian citra yang telah diambil disimpan dalam bentuk file dengan format *jpg*. Setelah itu dilakukan pengolahan citra dengan menggunakan program *Matlab* yaitu dengan cara mencari jumlah piksel pada sampel kemudian dikonversikan ke dalam satuan luas menggunakan persamaan kalibrasi.

Pengukuran luas buah dihitung menggunakan rumus luas permukaan bola karena bentuk buah menyerupai bentuk bola (Jailiantabar, *et.al.*, 2011)

$$A = \pi GMD^2 \dots\dots\dots (7)$$

Dimana: A = Luas permukaan buah (cm²)

π = 3,14

GMD = Geometrical Mean Diameter (rata-rata diameter) (cm²)

3.5.1.6 Porositas

Porositas merupakan persentase dari total ruang yang tersedia untuk ditempati oleh suatu cairan atau gas. Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume total pori – pori bahan dengan volume wadah yang dinyatakan dalam persen. Pengukuran porositas dilakukan dengan cara menghitung kerapatan buah dan kerapatan curah terlebih dahulu. Porositas suatu bahan dapat dihitung menggunakan persamaan (Abdullah, 2011) sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{\rho_{\text{buah}} - \rho_{\text{curah}}}{\rho_{\text{buah}}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dimana: ρ_{buah} = kerapatan jenis buah (g/cm³)

$$\rho_{\text{curah}} = \text{kerapatan curah (g/cm}^3\text{)}$$

3.5.2 Karakteristik Mekanik

3.5.2.1 Tingkat Kekerasan

Pengukuran tingkat kekerasan daging buah pala dilakukan pada daging buah yang diukur dengan menggunakan *Rheometer*. *Rheometer* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan suatu bahan pertanian. Alat *Sun Rheometer* yang digunakan diatur pada kedalaman 3 mm dengan kecepatan penetrasi 60 mm/menit. Uji kekerasan ini menggunakan sampel dari setiap jenis kematangan dan ukuran buah. Tingkat kekerasan daging buah ini dilakukan pada tiga titik pengukuran pada masing – masing sampel.

3.5.2.2 Sudut Curah

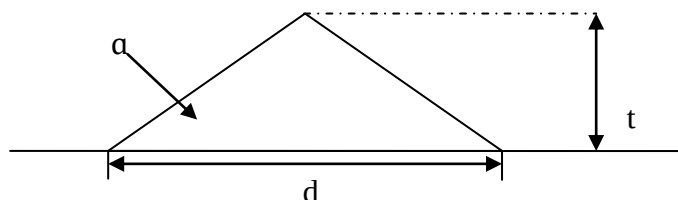
Sudut curah merupakan sudut yang terbentuk antara bidang datar dengan sisi miring curahan bila sejumlah buah/biji dituangkan dengan cepat dan mengalir secara gravitasi di atas bidang datar. Pengukuran dilakukan dengan cara menumpahkan buah pala dari wadah ke lantai atau bidang yang datar, tumpukan buah pala membentuk seperti tumpukan yang mengerucut. Pengukuran tinggi tumpukan diukur pada ujung tumpukan tertinggi dan diameter tumpukan diukur dari letak buah yang paling melebar. Pengukuran ini dilakukan menggunakan penggaris atau meteran, kemudian sudut curah pengukuran dihitung menggunakan persamaan (Milani *et.al.*, 2007) berikut:

$$\text{Tan } \alpha = \frac{t}{0,5 d} = \frac{2t}{d} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana: α = sudut yang terbentuk ($^{\circ}$)

t = tinggi tumpukan bahan (cm)

d = diameter dari luas hamparan tumpukan (cm)



3.5.3 Karakteristik Morfologi

3.5.3.1 Bentuk

Suatu produk pertanian perlu diketahui kriteria bentuknya biasanya untuk merancang alat seperti *grading* dan sortasi. Bentuk buah pala diamati berdasarkan tingkat kebulatan buah tersebut yang diamati secara visual dengan menggunakan tabel standar kriteria bentuk buah (*Standard Chart*). Kriteria bentuk buah pada tabel standar (*Standard Chart*) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

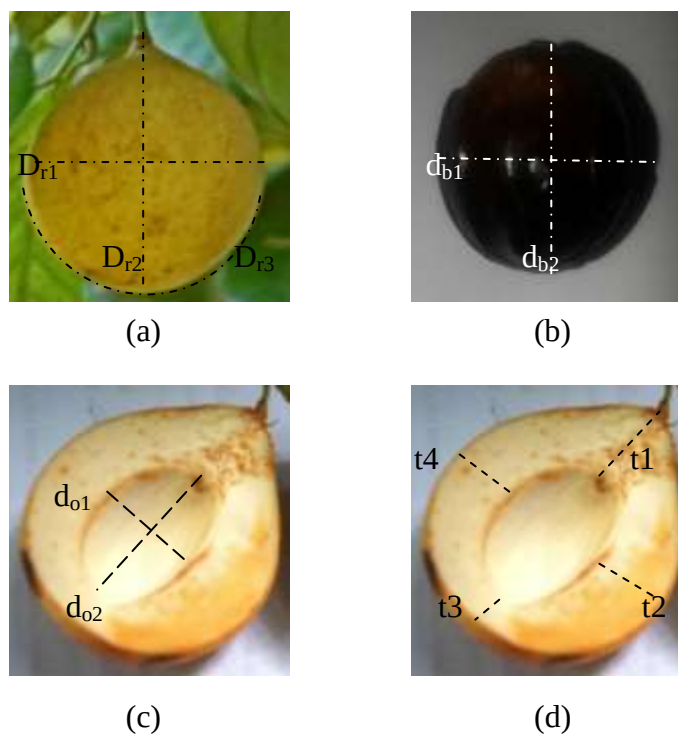
Tabel 9. Kriteria bentuk berdasarkan *Standard Chart*

Bentuk	Deskripsi
Bulat	Mendekati bola
Oblat	Pipih pada ujung tangkai
Oblong	Diameter vertikal > diameter horizontal
Konik	Mengecil ke arah ujung
Oval	Bentuk telur, agak lebar diujung tangkai
Blik	Aksis yang menghubungkan tangkai dan apeks ramping
Abovat	Oval terbalik
Eliptikal	Mendekati elipsoid
Trunkat	Kedua ujung datar
Unequal	Setengah bagian > dari setengah bagian lainnya
Ribbed	Pada potongan melintang sisinya kurang lebih angular
Regular	Potongan melintang horizontal mendekati lingkaran
Irregular	Potongan melintang horizontal menjauhi lingkaran

3.5.3.2 Dimensi

Pengukuran dimensi terdiri dari diameter buah (D_r), diameter biji (d_b), diameter dalam daging buah (d_o) dan pengukuran ketebalan daging buah pala (t).

Pengukuran diameter buah dilakukan pada 3 orientasi yaitu diameter horizontal (D_{r1}), diameter vertikal (D_{r2}) dan diameter mengikuti alur belah (D_{r3}). Diameter biji dilakukan setelah biji dipisahkan dari daging buahnya yang diukur pada diameter horizontal (d_{b1}) dan diameter vertikal (d_{b2}). Diameter dalam daging buah merupakan rongga dimana tempat biji menempel yang diukur pada diameter horizontal (d_{o1}) dan diameter dalam vertikal daging buah (d_{o2}). Sedangkan pengukuran ketebalan dilakukan pada daging buah pala yang diukur pada empat titik yaitu t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 yang mewakili masing-masing bentuk dari daging buah pala. Pengukuran dimensi ini dilakukan dengan menggunakan jangka sorong.



Gambar 5. Pengukuran (a) diameter buah (D_r), (b) diameter biji (d_b), (c) diameter dalam daging buah (d_o), dan (d) ketebalan daging buah (t).

3.5.3.3 Bobot

Pengukuran bobot buah pala dilakukan secara seri waktu, yaitu sampel ditimbang setiap hari selama penyimpanan untuk mengetahui penurunan bobot yang dialami buah tersebut hingga waktu pengamatan terakhir. Pengamatan selanjutnya yaitu pengukuran bobot buah pala pada masing-masing bagian. Pertama, sampel buah pala ditimbang secara utuh terlebih dahulu, kemudian menimbang masing-masing bagian buah pala yang terdiri dari daging buah, fuli, dan biji buah pala dengan tempurungnya. Pengukuran bobot dilakukan menggunakan timbangan digital (Atago). Susut bobot buah pala dihitung menggunakan persamaan (Nasution, dkk., 2012) sebagai berikut:

$$\text{Susut bobot (W}_L\text{)} = \frac{W_O - W_T}{W_O} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

Dimana: W_L = susut bobot (%)

W_O = bobot awal (g)

W_T = bobot pada hari ke T (g)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan karakteristik buah pala dari Desa Batu Kramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus sebagai berikut:

1. Kadar air daging buah berkisar antara 85,12 – 88,79 %. Kadar air fuli berkisar antara 49,19 – 69,13 %. Kadar air biji berkisar antara 55,98 – 85,41 %.
2. Nilai kerapatan jenis buah pala berkisar antara 0,8431 – 1,5673 g/cm³. Sedangkan kerapatan curah buah pala yaitu 0,4858 g/cm³.
3. Nilai porositas buah pala yaitu 43,88 %.
4. Kekerasan daging buah pala berkisar antara 6,91 - 10,26 N/mm.
5. Nilai sudut curah buah pala 35,96 °.
6. Diameter buah pala berkisar antara 39,6 – 54,64 mm. Diameter biji pala berkisar antara 21,53 – 25,03 mm. Sedangkan Diameter dalam daging buah berkisar antara 23,73 – 29,62 mm.
7. Ketebalan daging buah berkisar antara 7,45 – 11,87 mm.

8. Persentase daging buah berkisar antara 75,14 – 83,85 %. Persentase fuli berkisar antara 0,90 – 2,13 %. Sedangkan persentase biji dengan tempurungnya berkisar antara 12,82 – 24,93 %.
9. Bentuk buah pala Tanggamus terdiri dari bentuk bulat, oblat dan oblong.
10. Kadar air dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah dimana semakin tua buah maka kadar airnya akan semakin rendah.
11. Kekerasan buah dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah dimana semakin tua buah maka kekerasannya akan semakin tinggi.
12. Diameter buah, biji dan diameter dalam daging buah dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan ukuran buah. Semakin tua dan besar buah maka ukuran bijinya akan semakin besar begitu juga diameter dalam daging buahnya.
13. Ketebalan daging buah dipengaruhi oleh tingkat kematangan dan ukuran buah. Semakin tua buah maka daging buahnya akan semakin tipis.
14. Susut bobot buah dipengaruhi oleh ukuran buah. Semakin besar buah maka susut bobotnya akan semakin tinggi.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kualitas pala perlu dilakukan penelitian mengenai teknologi penanganan pasca panen pala seperti penyimpanan, pengemasan dan pembuatan alat berdasarkan informasi karakterisasi buah pala yang berasal dari Tanggamus ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.H.R.O., P.E. Ch'ng and T.H. Lim. 2010. Determination of Some Physical Properties of Nutmeg (*Myristica fragrans*) Seeds. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* Vol. 2, No. 7: 669-672.
- Abdullah, M.H.R.O., P.E. Ch'ng and T.H. Lim. 2011. Some Physical Properties of Parkia Spesiosa Seed. *International Conference on Food Engineering and Biotechnology IPCBEE* Vol. 9: 43-47.
- Agoes, A. 2010. *Tanaman Obat Indonesia*. Salemba Medika. Jakarta. 110 hlm.
- AOAC (*Official Methods of Analysis*). 2005. *AOAC (Official Methods of Analysis)*. 18th Edition. Washington, DC : AOAC. 115 hlm.
- Assa. J.R., S.B. Widjanarko, J. Kusnadi, and S. Berhimpon. 2014. Antioxidant Potential of Flesh, Seed and Mace of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt). *International Journal of ChemTech Research* Vol. 6, No. 4: 2460-2468.
- Assegaf, M., P. Hastuti, C. Hidayat, dan Supriyadi. 2012. Perbandingan Ekstraksi Oleoresin Biji Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Asal Maluku Utara Menggunakan Metode Maserasi dan Gabungan Distilasi – Maserasi. *Agritech* Vol. 32, No. 3: 240-248.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Luas Areal Tanaman Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman*. <https://www.bps.go.id/linkTableStatis/view/id/1669>. (diakses pada tanggal 12 April 2016).
- Burubai, W., A.J. Akor, A.H. Igoni and Y.T. Puyate. 2007. Some Physical Properties of African Nutmeg (*Monodora Myristica*). *International Agrophysics* Vol. 21: 123-126.
- Bustaman, S. 2007. Prospek dan Strategi Pengembangan Pala di Maluku. *Jurnal Perspektif* Vol. 6 No. 2: 68-74.

- Dewi, N.S. 2015. Faktor Meningkatnya Ekspor Buah Pala Indonesia-Uni Eropa. *Jom Fisip* Vol. 3 No. 2: 1-13.
- Fitriani, S. 2008. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Beberapa Mutu Manisan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) Kering. *SAGU* Vol. 7 No. 1: 32-37.
- Jailiantabar, F., A.N. Lorestani, R. Gholami, A. Behzadi, and M. Fereidoni. 2011. Physical and Mechanical Properties of Oak (*Quercus Persica*) Fruits. *CIGR Journal* Vol.13, No.4: 1-7.
- Julianti, E. dan M. Nurminah. 2006. Buku Ajar Teknologi Pengemasan. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. 157 hlm.
- Imdad, H.P. dan A. Nawangsih. 1999. *Menyimpan Bahan Pangan*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta. 148 hlm.
- Marzuki, I., M.R. Uluputty., A.A. Sandra., dan M. Surahman. 2008. Karakterisasi Morfoekotipe dan Proksimat Pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt). *Bul. Agron.* Vol. 36, No. 2: 146-152.
- Maswira, U. 2015. Rancang Bangun Alat Pembelah Buah Pala (*Myristica* sp.). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Milani, E., M. Seyed, A. Razavi, A. Koocheki, V. Nikzadeh, N. Vahedi, M. Moeinfard and A. Gholamhosseinpour. 2007. *International Agrophysics* Vol. 21: 157-168.
- Nasution, I.S., Yusmanizar dan K. Mellanda. 2012. Pengaruh Penggunaan Lapisan Edibel (*Edible Coating*) Kalsium Klorida dan Kemasan Plastik Terhadap Mutu Nanas (*Ananas comocuc* Merr.) Terolah Minimal. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. Vol. 4 No. 2: 21-26.
- Nurdjannah, N. 2007. *Teknologi Pengolahan Pala*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. IPB. Bogor.
- Peraturan Menteri Pertanian. Nomor 53/Permentan/OT.140/9/2012. *Pedoman Penanganan Pascapanen Pala*. Peraturan Menteri Pertanian. Jakarta.
- Rismunandar, 1992. *Budidaya dan Tataniaga Pala*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta. 160 hlm.
- Robert, S. Runtunuwu, J.E.X. Rogi dan Y. Pamandungan. 2015. Keragaman Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt) di Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Kabupaten Sitaro. *Jurnal Eugenia* Vol. 21 No. 3: 118-126.

- Sari, R.T.W. 2016. Sifat Fisik Biji Kedelai (*Glycine max (L.)*) Varietas Baluran dari Berbagai Lokasi Pertumbuhan. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Sianturi, C. 2008. Perubahan Kimia, Fisika dan Lama Simpan buah Pisang Muli dalam Penyimpanan Atmosfer Pasif. *Skripsi* Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Lampung. Lampung.
- Sukayana, I.M., D.P. Darmawan dan N.P.U. Wijayanti. 2013. Rantai Nilai Komoditas Kentang Granola di Desa Candikuning Kecamatan Baturiti Kabupaten Tabanan. *E-Jurnal Agribisnis dan Agrowisata* Vol. 2, No. 3: 99-108.
- Tanasale, M.L.P. 2012. Aplikasi Perlakuan Bahan Baku dan Penyulingan Air-Uap Terhadap Rendemen dan Sifat Organoleptik Minyak Atsiri. *Jurnal Ekosains* Vol. 01, No: 01: 35-40.
- Tandra, S.A., Harianto dan P. Susanto. 2015. Rancang Bangun Pemecah Kulit Padi dengan Pengaturan Kecepatan Motor dengan Metode Fuzzy. *Journal of Control and Network System* Vol. 4, No. 1: 07-12.
- Widyotomo, S. 2014. Kinerja Bangunan Tembus Cahaya Skala Besar untuk Proses Pengeringan Kopi. *Pelita Perkebunan* Vol. 30, No. 3: 240-257.