PERBAIKAN PROSES PENGOLAHAN UMBI ILES-ILES (*Amorphophallus muelleri* Blume) UNTUK AGROINDUSTRI GLUKOMANAN

KISROH DWIYONO

SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul "Perbaikan Proses Pengolahan Umbi Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) Untuk Agroindustri Glukomanan" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2014

Kisroh Dwiyono
NRP F361099008

RINGKASAN

KISROH DWIYONO. Perbaikan Proses Pengolahan Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) Untuk Agroindustri Glukomanan. Dibimbing oleh TITI CANDRA SUNARTI, ONO SUPARNO, dan LIESBETINI HADITJAROKO.

Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) menghasilkan glukomanan yang memiliki banyak manfaat. Pengolahan di Desa Klangon Kabupaten Madiun hanya sampai dengan *chips* dan hasilnya kurang baik, sehingga perlu perbaikan proses agar menghasilkan kualitas yang lebih baik. Pengolahan menjadi glukomanan akan meningkatkan nilai tambah dan menghasilkan keuntungan yang lebih besar. Tujuan penelitian ini adalah : (1) Menganalisis penanganan pengolahan pascapanen umbi iles-iles menjadi *chips* kering di sentra budidaya Desa Klangon, Kabupaten Madiun, (2) Merancang metode pengeringan untuk produk *chips* kering iles-iles yang lebih efektif, (3) Menganalisis karakteristik tepung iles-iles berdasarkan ukuran partikel hasil pengayakan secara bertingkat, (4) Menganalisis tipe isotermis sorpsi air pada *chips* dan tepung iles-iles untuk menentukan batas air terikat pada produk selama pengeringan, (5) Menganalisis hubungan antara fase-fase laju pengeringan dengan fraksi air terikat, dan (6) Menganalisis biaya produksi dan nilai tambah pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips*, tepung dan glukomanan.

Penelitian yang dilakukan diawali dengan identifikasi wilayah Desa Klangon Kabupaten Madiun, pengisian kuesioner oleh petani, tengkulak, dan industri iles-iles. Penelitian dilanjutkan dengan metode pengeringan dengan oven pengering dan penjemuran yang sebelumnya dilakukan perendaman *chips* basah, pengayakan bertingkat, penentuan isotermis sorpsi air (ISA), karakterisasi glukomanan, selanjutnya dilakukan penetapan biaya produksi dan nilai tambah glukomanan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan pascapanen umbi segar iles-iles menjadi *chips* kering yang dilakukan oleh petani secara tradisional di sentra produksi Desa Klangon, Kabupaten Madiun dari tahapan pemilihan umbi sampai pengeringan mempunyai kelemahan tebal irisan umbi dan kadar air tidak seragam, tidak dilakukan sortasi berdasarkan umur panen, kondisi pengemasan dan penyimpanan kurang baik. Ketebalan irisan umbi segar antara 6−11 mm, dan kadar air *chips* kering iles-iles 14−16%.

Secara umum hasil penelitian adalah (1) Pengolahan pascapanen umbi iles-iles di Desa Klangon, Kabupaten Madiun menghasilkan tebal irisan *chips*, dan kadar air yang tidak seragam, serta warna kurang cerah atau putih, (2) Irisan *chips* dengan perlakuan tanpa perendaman natrium-metabisulfit dan pengeringan *oven drying* menghasilkan laju pengeringan yang paling cepat, (3) Tepung yang mempunyai ukuran patikel 40-60 *mesh* menghasilkan kadar glukomanan tertinggi, (4) Tipe isotermis sorpsi air adalah sigmoidal dan terdapat hubungan antara laju pengeringan dengan fraksi air terikat pada iles-iles, (5) Perlakuan perendaman natrium metabisulfit mempengaruhi karakteristik mutu glukomanan, (6) Biaya produksi tertinggi terjadi pada proses ekstraksi glukomanan yang berasal dari *chips* hasil perlakuan perendaman natrium metabisulfit, sedangkan nilai tambah tertinggi diperoleh pada produksi tanpa rendam.

Pengeringan *chips* iles-iles dengan perlakuan tanpa perendaman natrium-metabisulfit dengan pengeringan *oven drying* menghasilkan laju pengeringan yang paling cepat kemudian diikuti tanpa rendam pengeringan matahari, rendam oven dan rendam matahari. Secara umum mutu *chips* hasil pengeringan *oven drying* paling baik dan menghasilkan rendenmen glukomanan 38.16% .

Ukuran patikel tepung iles-iles mempengaruhi kadar glukomanan yang dihasilkan. Ukuran 40-60 mesh menghasilkan kadar glukomanan teringgi yaitu 23.65%, sedangkan ukuran <100 mesh menghasilkan kadar glukomanan paling rendah sebesar 5.56%.

Tipe isotermis sorpsi air pada iles-iles adalah sigmoidal. Terdapat hubungan yang dekat antara daerah satu dan dua dari laju pengeringan dengan kadar air kritis pertama (M_p) pada iles-iles. Untuk mempertahankan kadar air tepung dan *chips* iles-iles sebesar ± 12% sesuai standar kualitas iles-iles Tahun 1989, pengeringan dan penyimpanan dilakukan pada a_w 0.32-0.44 atau RH 32-44%.

Perendaman dengan natrium metabisulfit pada ekstraksi glukomanan mempengaruhi karakteristik mutu yang meliputi kadar air, kapasitas menyerap air, densitas kamba, kekuatan mengembang, viskositas, dan kekuatan gel glukomanan.

Biaya produksi terbesar terdapat pada proses pembuatan glukomanan secara perendaman dari *chips* iles-iles sebesar Rp 678500/1 kg umbi dan yang terkecil pada perlakuan mesin tanpa rendam sebesar Rp 354000/1 kg umbi. Nilai tambah tertinggi pada glukomanan hasil perlakuan perendaman natrium metabislfit sebesar Rp 447796/kg, terendah pada *chips* perlakuan manual dan tanpa perendaman sebesar Rp 2500/kg

Perbaikan proses pengolahan umbi iles-iles (*A. muelleri* Blume) untuk agroindustri glukomanan pada penelitian menghasilkan peningkatan kualitas *chips* kering yang lebih baik dengan kadar air sebesar 11-12%, derajat putih 36.12 %, dan ketebalan irisan lebih seragam yaitu 2-3 mm, perendaman *chips* basah dengan Na-metabisulfit dilanjutkan pengeringan dengan oven pengering menghasilkan rendemen glukomanan yang tinggi, ukuran partikel mempengaruhi kadar glukomanan, tipe isotermis sorpsi air adalah sigmoid, terdapat hubungan antara laju pengeringan dengan fraksi air terikat, ekstraksi glukomanan melalui perendaman *chips* menghasilkan nilai tambah tertinggi.

Kata kunci : Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume), *chips*, glukomanan, pascapanen, laju pengeringan, isoterm sorpsi air, air terikat.

SUMMARY

KISROH DWIYONO. The Process Improvement of Iles-ilea Tuber (*Amorphophallus muelleri* Blume) for Glucomannan Agroindustry. Supervised By TITI CANDRA SUNARTI, ONO SUPARNO, and LIESBETINI HADITJAROKO.

Iles-iles tuber (*A. muelleri* Blume) can produce glucomannan which is widely used as raw materials in various industries such as pharmaceuticals, food, cosmetics, paper, mining, textiles, and active substance to address the human immunodeficiency virus (HIV). Processing of iles-iles at Klangon village, Madiun Regency only for chips production with low quality. The process to produce glucomannan will increase the profit.

The objectives of this researchs were : 1) to analyze the postharvest handling iles-iles done at Klangon Village, 2) design the drying technique of iles-iles into chips effectively, (3) to analize the characteristics of iles-iles powder at various particle sizes, 4) to analyze the type of water sorption isotherm of iles-iles chips and flour to determine the limit of bound water during drying, 5) to analyze the relationship between drying rate phase and bound water fraction, and 6) to analyze the production cost and added value of chips, flour, and glucomannan.

The study was conducted by identification of Klangon village, Madiun Regency area, distributing questionnaires and interviews of 60 farmers, middlemen and producers of iles-iles. The next study was drying methods using oven and sun drying of immersed of wet chips in sodium metabisulfite, multilevel shifting, analyze the was sorption isotherm, glucomannan characterization, determine production cost and added value of glucomannan. The result showed that the post-harvest handling of iles-iles tuber into dry chips at Klangon village, Madiun Regency, East Java Province have weakness in the non uniform in the thickness and moisture content of tuber slices no sortation based on harvesting periode, and poor packaging and storage. The thicknes and moisture content of the chips were 6-11 mm and 12-14% respectively.

In general the result of the researcch were (1) The post-harvest handling of iles-iles tuber at Klangon villagechips with no uniform in thickness and moisture content as well as less whitness color, (2) Chips with non-soaking treatments and oven drying produce fastest drying rate, (3) Flour with particle size of 40-60 mesh was recommended in glucomannan extraction because it produced maximum levels of glucomannan, (4) Water sorption isotermis type was sigmoidal and indicated the relationship between the drying rate and the limits on the water fraction of konjac tuber, (5) Soaking with sodium metabisulfite affected the quality of glucomannan, (6) The highest production cost was glucomannan extraction from the chips soaking with sodium metabisulfite, whereas the lowest added value was glucomannan production without soaking.

Drying of iles-iles chips using oven drying without soaking in sodium metabisulfite resulted the fastest drying rate followed by sun drying without soaking, oven and soaking and the least was soaking and sun drying. Generally, the best quality of chips was oven drying treatments with the yield of glucomannan 38.16%.

Particle size of iles-iles powder affected the resulted glucomannan content. Particle size of 40-60 mesh produced the highest glucomannan content (23.65%), whereas < 100 mesh produced the lowest glucomannan content (5.56%).

The water sorption isoterm type was sigmoidal and indicated the closed relationship between the first and second area of drying rate with the critical moisture content (M_p. To maintain the powder and chips moisture content of 12% based on iles-iles standard in 1989, drying and storing must be conducted at a_w 0.32-0.44 or RH 32-34%.

Soaking with sodium metabisulfite affected the characteristics glucomannan including moisture content, water absorption capacity, bulk density, swelling capacity, viscosity, and gel strength.

The highest production cost was glucomannan production by soaking iles-iles chips namely Rp 5785/kg and the lowest was manual treatment without soaking namely Rp 6060/kg. The highest value added was the treatment of sodium metabisulfite soaking namely Rp 350230/kg and the lowest was manual traetment without soaking namely Rp 2520/kg.

Improvement of processing iles-iles tuber for glucomannan agroindustry produced quality enhancement of dried chips with moisture content of 11-12%, whiteness level 36.12% and slice thickness 2-3 mm. Soaking the wet chips using sodium metabisulfite followed by oven drying resulted the highest yield. Particle size affected the glucomannan content. The type of water sorption isotherm was sigmoidal. Glucomannan extraction produced highest value added value.

Key words: Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) chips, glucomannan, postharvest, drying rate, water sorption isotherm, bound water.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2014
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PERBAIKAN PROSES PENGOLAHAN UMBI ILES-ILES (*Amorphophallus muelleri* Blume*)* UNTUK AGROINDUSTRI GLUKOMANAN

KISROH DWIYONO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor
pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian

SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014

Penguji pada Ujian Tertutup: 1. Prof Dr Ir Sutrisno, MAgr
2. Dr Ir Meika Syahbana Rusli, MSc

Penguji pada Ujian Terbuka: 1. Prof (R) Dr Ir Nur Richana, MSi
2. Prof Dr Ir Ani Suryani, DEA

Judul Disertasi : Perbaikan Proses Pengolahan Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) Untuk Agroindustri Glukomanan
Nama : Kisroh Dwiyono
Nomor pokok : F361090081

Disetujui
Komisi Pembimbing

Dr Ir Titi Candra Sunarti, MSi
Ketua

Prof Dr Ono Suparno, STP, MT
Anggota

Dr Ir Liesbetini Haditjaroko, MS
Anggota

Mengetahui

Ketua Program Studi
Teknologi Industri Pertanian

Prof Dr Ir Machfud, MS

Dekan Sekolah Pascasarjana

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR SEKOLAH PASCASARJANA

Dr Ir Dahrul Syah, MSc Agr

Tanggal ujian: 21-08-2014

Tanggal lulus: 29 AUG 2014

DAFTAR ISI

	DAFTAR TABEL	xvii
	DAFTAR GAMBAR	xviii
	DAFTAR LAMPIRAN	xx
1	PENDAHULUAN	1
	Latar Belakang	1
	Kebaruan	2
	Tujuan Penelitian	3
	Manfaat Penelitian	3
	Ruang Lingkup Penelitian	3
	Perumusan Masalah	3
2	TINJAUAN PUSTAKA	5
	Iles-iles	5
	Pengeringan	7
	Ekstraksi Glukomanan	8
	Isotermi Sorpsi Air (ISA)	8
	Biaya Produksi dan Nilai Tambah	11
3	METODE	15
	Waktu dan Tempat	15
	Bahan	15
	Alat	15
	Tahapan Penelitian	15
	Proses Pengolahan Pascapanen Melalui Perbaikan Pengeringan	17
	Fraksinasi Tepung Iles-Iles Menggunakan Metode Pengayakan Bertingkat	20
	Isotermis Sorpsi Air (ISA) *Chips* dan Tepung Iles-Iles	21
	Hubungan antara Laju Pengeringan dan Fraksi Isotermis Sorpsi Air pada Tepung dan *Chips* Iles-Iles	23
	Penetapan Biaya Produksi dan Nilai Tambah Glukomanan	25
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
	Penanganan Pascapanen Umbi Iles-iles	27
	Tahapan Pengolahan Umbi Iles-iles	28
	Proses Pengolahan Pascapanen Umbi Iles-Iles Melalui Perbaikan Pengeringan	36
	Karakteristik Kimia *Chips* Iles-Iles Dengan Perlakuan Perendaman dan Tanpa Perendaman Dalam Larutan Natrium Metabisulfit Dengan Pengeringan Oven Dan Matahari	38
	Fraksinasi Tepung Iles-Iles Menggunakan Metode Pengayakan Bertingkat	41
	Isotermis Sorpsi Air (ISA) *Chips* dan Tepung Iles-Iles	46
	Ekstraksi Glukomanan	62
	Penetapan Biaya Produksi Glukomanan	64
	Penetapan Nilai Tambah Produksi Glukomanan	64
5	KESIMPULAN DAN SARAN	67
	Kesimpulan	67

Saran 67

DAFTAR PUSTAKA 69

LAMPIRAN 77
RIWAYAT HIDUP 99

DAFTAR TABEL

1. Nilai a_w dan RH garam jenuh yang digunakan selama percobaan isotermis sorpsi air *chips* dan tepung iles-iles 21
2. Contoh penghitungan nilai tambah dengan metode Hayami (1987) 26
3. Data demografi tiga dusun di Desa Klangon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun 27
4. Informasi data tentang pemanenan umbi iles-iles di Desa Klangon 28
5. Kondisi pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips* kering di Desa Klangon dan Industri Pengolahan 31
6. Kondisi pengemasan dan penyimpanan *chips* kering iles-iles di Desa Klangon 32
7. Komponen pemasaran umbi basah dan *chips* kering iles-iles di Desa Klangon, Madiun 33
8. Komponen parameter mutu tepung iles-iles 34
9. Hasil analisis mutu chips kering iles-iles pada perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dengan pengeringan oven dan matahari 38
10. Hasil analisis proksimat chips iles-iles pada perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dengan pengeringan dalam oven dan penjemuran matahari 40
11. Hasil analisis komposisi kimia tepung iles-iles pada pengayakan 43
12. Nilai kadar air kesetimbangan (M_e) pada adsorpsi dan desorpsi tepung iles-iles (% bb) 46
13. Penurunan kadar air chips iles-iles dengan metode pengeringan oven pada suhu 50 °C selama 36 jam 49
14. Data pengamatan pengeringan pada chips iles-iles menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 36 jam 51
15. Model regresi laju pengeringan fase satu, dua, dan tiga 52
16. Nilai batas fraksi kadar air tepung dan *chips* iles-iles 61
17. Hubungan batas fase laju pengeringan dan fraksi air terikat pada iles-iles 62
18. Karakteristik glukomanan hasil ekstraksi secara enzimatis dan nonenzimatis 62
19. Penetapan biaya produksi, nilai tambah, dan keuntungan iles-iles basis bahan baku 100 kg terhadap jenis produk siap jual pada berbagai perlakuan 65

DAFTAR GAMBAR

1. Kerangka pemikiran 4
2. Struktur kimia glukomanan 6
3. Tahapan penelitian pascapanen di Desa Klangon Kabupaten Madiun 16
4. Tahapan proses pengolahan *chips* dari umbi iles-iles 19
5. Tahapan penelitian fraksinasi tepung iles-iles 20
6. Tahapan penelitian adsorpsi 22
7. Tahapan penelitian desorpsi 23
8. Tahapan ekstraksi glukomanan 24
9. Bibit iles-iles a) umbi kecil, b) bulbil 28
10. Umbi iles-iles hasil panen di sentra produksi petani Desa Klangon 29
11. Tahapan proses pengolahan secara tradisional umbi iles–iles menjadi *chips* kering siap jual di Desa Klangon, Kabupaten Madiun 29
12. Pengirisan umbi iles-iles. a) secara manual ; b) menggunakan mesin 30
13. Tahapan proses penanganan pascapanen iles-iles yang dilakukan di Laboratorium 31
14. *Chips* iles-iles yang telah dikemas menggunakan karung plastik 33
15. Interaksi antara laju dan waktu pengeringan umbi iles-iles dengan perendaman natrium metabisulfit pengeringan oven dan matahari 37
16. Interaksi antara laju dan waktu pengeringan umbi iles-iles tanpa perendaman natrium metabisulfit pengeringan oven dan matahari 37
17. Komposisi pati, glukomanan (GM) dan serat pada berbagai ukuran partikel tepung iles-iles 41
18. *Chips* iles-iles yang telah dikemas menggunakan karung plastik 42
19. Interaksi antara aktivitas air ($a_{w)}$ dengan kadar air kesetimbangan (M_e). a) Desorpsi dan adsorpsi tepung b) Adsorpsi *chips* iles-iles 48
20. Interaksi antara kadar air dengan waktu pengeringan *chips* iles-iles dengan metode tanpa perendaman natrium metabisulfit dan pengeringan oven pada suhu 50^0C selama 36 jam. 50
21. Interaksi antara laju pengeringan *chips* iles-iles dengan waktu pada pengeringan oven pada suhu 50^0C serta batas kadar air peralihan (M_1, M_2 dam M_3) 53
22. Regresi BET desorpsi, adsorpsi tepung dan adsorpsi *chips* iles-iles 56
23. Regresi semi logaritmik pada tepung (a) dan *chips* (b) iles-iles 59
24. Regresi polinomial kuadratik tepung dan *chips* iles-iles 61

DAFTAR LAMPIRAN

1. Format Kuesioner pengolahan pascapanen Iles-iles di Desa Klangon, Saradan, Madiun, Jawa Timur 77
2. Format Kuesioner Pabrik Glukomanan di PT. Ambico, Pasuruan, Jawa Timur 79
3. Hasil Uji Anova komposisi kimia *Chips* Iles-iles dengan perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dengan pengeringan dalam oven dan penjemuran matahari 80
4. Hasil Uji Anova komposisi kimia tepung Iles-iles pada pengayakan bertingkat 85
5. Hasil Uji Anova komponen mutu Glukomanan perlakuan rendam dalam Na-metabisulfit (R) dan Tanpa Rendam dalam Na- metanisulfit (TR) 89
6. Cara pelaksanaan analisis fisik dan kimia 92
7. Gambar (a) Umbi, (b) *chips*, (c) tepung iles-iles, dan (d) glukomanan 94
8. Penetapan biaya produksi umbi iles-iles basis 100 kg umbi basah 95
9. Penetapan nilai tambah produksi tepung iles-iles dari bahan baku 100 kg umbi iles-iles 96
10. Penetapan nilai tambah produksi tepung iles-iles dari bahan baku 100 kg umbi iles-iles 97
11. Penetapan nilai tambah produksi glukomanan dari bahan baku 18 kg tepung iles-iles 98

DAFTAR SIMBOL

A : koefisien yang tergantung pada bentuk partikel atau jenis bahan (m^2)
ATP : air terikat primer
ATS : air terikat sekunder
ATT : air terikat tersier
a_w : aktivitas air
C : energi adsorpsi pada lapisan ATP
c : konstanta energi pada lapisan monolayer
dM/dt : laju pengeringan (% bk/jam)
k : konstanta pengeringan
M : kadar air pada pengamatan ke t jam (% bk)
M_e : kadar air kesetimbangan (% bk)
M_0 : kadar air awal bahan (% bk)
M_p : kadar air pada air terikat primer (% bk)
M_s : kadar air pada air terikat sekunder (% bk)
M_t : kadar air pada air terikat tersier (% bk)
M_f : kadar air pada air bebas (% bk)
RH : kelembaban relatif (%)
t : waktu pengeringan (jam)

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan tanaman umbi-umbian yang banyak dijumpai di wilayah Indonesia seperti Pulau Sumatera, Jawa, Flores, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur (Jansen *at al.* 1996). Di Pulau Jawa, iles-iles banyak ditanam oleh petani di sekitar hutan, salah satunya di Desa Klangon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun, Provinsi Jawa Timur, yang merupakan salah satu sentra produksi iles-iles di Indonesia. Umbi iles-iles apabila diolah oleh agroindustri dapat menghasilkan glukomanan. Glukomanan mempunyai banyak manfaat di berbagai bidang industri seperti makanan (*shirataki* dan *konyaku*), obat-obatan, kimia, tekstil, bioindustri (bahan biakan mikroba), dan *edible* film (Yopi *et al*. 2009; Zhang *et al*. 2010; Raharjo *et al.* 2012). Selain itu glukomanan juga dapat digunakan untuk mencegah kegemukan serta penyakit karena tumor (Luo *et al.* 2013). Glukomanan dapat digunakan untuk menurunkan kolesterol dalam darah, mengobati penyakit *diabetes mellitus*, dan pengemulsi (Li *et al*. 2006 dan Chua *et al.* 2012). Bo *et al.* (2013) menyatakan bahwa apabila glukomanan dikenakan proses sulfatasi dengan asam piperidin nitrogen sulfonat dapat berfungsi sebagai senyawa anti-*human immunodeficiency virus* (HIV). Glukomanan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena harganya mahal, sehingga berpotensi untuk menjadi salah satu produk ekspor.

Secara kimia, glukomanan merupakan senyawa polisakarida hidrokoloid yang bersifat non-ionik, mempunyai bobot molekul yang tinggi yaitu $9.0x10^5 gmol^{-1}$ atau $2.7x10^5$-$1.1x10^6$ Da (Li *et al.* 2013). Glukomanan mempunyai ikatan β-1,4 glikosidik dan monomer berupa D-glukosa dan gugus D-manosa dengan perbandingan 1 : 1.64, dengan ikatan cabang pada atom β-1,6-gugus glukosil (Gao *et al.* 2008 dan Chua *et al*. 2012). Setiap 19 unit glukomanan mengandung satu gugus asetil (Li *et al.* 2006). Tingkat percabangan rantai glukomanan terletak pada atom C-3 pada setiap 32 molekul glukosa (Huang *et al.* 2002; Chua *et al.* 2012).

Menurut Badan Pusat statistik (BPS) tahun 2012, luas tanaman iles-iles di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Saradan adalah 3108 ha dan produksi umbi sebesar 88.7 ton, sehingga dihasilkan *chips* kering sebesar 16.0 ton dengan asumsi rendemen *chips* kering sebesar 18%. Jumlah produksi umbi basah seluruh KPH Jawa Timur 129.9 ton atau sama dengan 23.3 ton *chips* kering dari luas lahan pertanaman 7006 ha. Kurniawan *et al.* (2011) menyatakan bahwa industri pengolah umbi iles-iles di Jawa Timur pada tahun 2009 sekitar 3400 ton, sementara produksi *chips* iles-iles hanya mencapai 600-1000 ton atau 30%, sehingga kekurangan kebutuhan sebesar 2400-2600 ton.

Saat ini produksi umbi iles-iles di Kabupaten Madiun cukup melimpah, tetapi belum banyak dimanfaatkan secara optimal, padahal tanaman ini banyak mempunyai manfaat, salah satunya sebagai sumber pangan fungsional. Umbi iles-iles yang baru dipanen bersifat sangat mudah rusak karena mempunyai kadar air yang tinggi yaitu antara 80-85%, sehingga untuk mencegah kerusakan dan kerugian karena serangan kapang maka perlu penanganan pascapanen secepatnya.

Umbi iles-iles dipanen dengan cara digali dengan menggunakan sekop atau cangkul dari tempat tumbuh semula secara hati-hati agar tidak terjadi kerusakan fisik terhadap umbinya. Proses penanganan pascapanen umbi iles-iles yang cepat dan benar dapat menghasilkan *chips* yang mempunyai mutu baik, mengurangi kehilangan bobot, mengurangi nilai kamba, dan memperpanjang umur simpan. Penanganan pascapanen umbi iles-iles oleh masyarakat Desa Klangon bersifat konvensional dan *chips* kering yang dihasilkan mempunyai kualitas yang kurang baik, oleh sebab itu perlu penelitian tentang kajian penanganan pascapanen umbi iles-iles dan analisis parameter mutunya. Iles-iles di desa Klangon mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang kebutuhan hidup masyarakat setempat. *Chips* kering iles-iles kemudian dijual dan diolah oleh agroindustri untuk menghasilkan produk pangan seperti *shirataki* dan *konyaku* sebagai makanan kesehatan yang mempunyai fungsional pangan dan ekonomi yang tinggi sehingga menjadi produk ekspor.

Kendala yang dihadapi oleh industri iles-iles di Indonesia pada saat ini adalah rendahnya kualitas *chips* yang berasal dari penanganan pasca panen di tingkat petani atau proses hulu yang tidak terkontrol. Masalah yang dihadapi saat ini adalah belum ditemukannya metode pengeringan yang dapat mengontrol batas kadar air dan waktu pengeringan umbi iles-iles yang tepat, sehingga dapat menghasilkan *chips* yang mempunyai kualitas standar dan nilai jual yang lebih baik. Pengeringan dengan sinar matahari yang dilakukan pada saat ini tergantung pada cuaca yang seringkali menghasilkan *chips* yang kadar air masih tinggi dan warnanya kurang terkontrol dengan baik dan seragam adanya pertumbuhan kapang atau terjadinya reaksi biokimia pada struktur selulernya. Ukuran umbi yang sangat beragam juga menyebabkan kualitas *chips* kering iles-iles dapat menurun. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang pengeringan dengan metode yang tepat, antara lain dengan pengeringan oven atau matahari, penentuan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap rendemen dan mutu glukomanan, sorpsi isotermis untuk menentukan tipe isotermis sorpsi air dari produk *chips*, mengetahui data laju pengeringan serta fraksi-fraksi air yang terikat pada proses pengeringan umbi iles-iles.

Kebaruan Penelitian

1. Umbi iles-iles memiliki komponen utama glukomanan, pati, dan serat yang masing-masing memiliki keunikan karakteristiknya. Penggilingan dan pengayakan berdasarkan ukuran partikel akan menjadi dasar untuk fraksinasi komponen tersebut, sehingga dapat disesuaikan dengan pemanfaatnnya.
2. Adanya tiga komponen utama dalam umbi dengan kemampuan pengikatan air yang berbeda, memberikan pola laju pengeringan yang sangat khas untuk penetapan batas kadar air peralihan untuk masing-masing fraksi, yang bermanfaat untuk pengembangan proses dan alat pengeringan.
3. Pola Isotermis Sorpsi Air (ISA) *hysteresis* dari tepung iles-iles yang dapat digunakan sebagai acuan penentuan kondisi penyimpanan batas aman produk.

Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah meningkatkan kualitas *chips* dan tepung melalui perbaikan proses pengolahan umbi iles-iles (*A. muelleri* Blume) untuk bahan baku agroindustri glukomanan. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1 Mengevaluasi penanganan pascapanen umbi iles-iles menjadi *chips* kering yang dapat dilakukan di sentra budidaya Desa Klangon, Kabupaten Madiun
2 Merancang metode pengeringan untuk produk *chips* kering iles-iles yang lebih efektif
3 Menganalisis karakteristik tepung iles-iles berdasarkan ukuran partikel hasil pengayakan secara bertingkat
4 Menganalisis tipe isotermis sorpsi air pada *chips* dan tepung iles-iles untuk menentukan batas air terikat pada produk selama pengeringan
5 Menganalisis hubungan antara fase-fase laju pengeringan dengan fraksi air terikat
6 Menganalisis biaya produksi dan nilai tambah pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips*, tepung dan glukomanan

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah meningkatkan kualitas produk (*chips*, tepung, dan glukomanan) dan menurunkan tingkat kerusakan produk sehingga dapat meningkatkan nilai tambah umbi iles-iles; serta meningkatkan kesejahteraan petani iles-iles. Proses pengolahan lanjut (hilir) yang sederhana akan membuka peluang untuk pengembangan industri pengolah di Indonesia.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

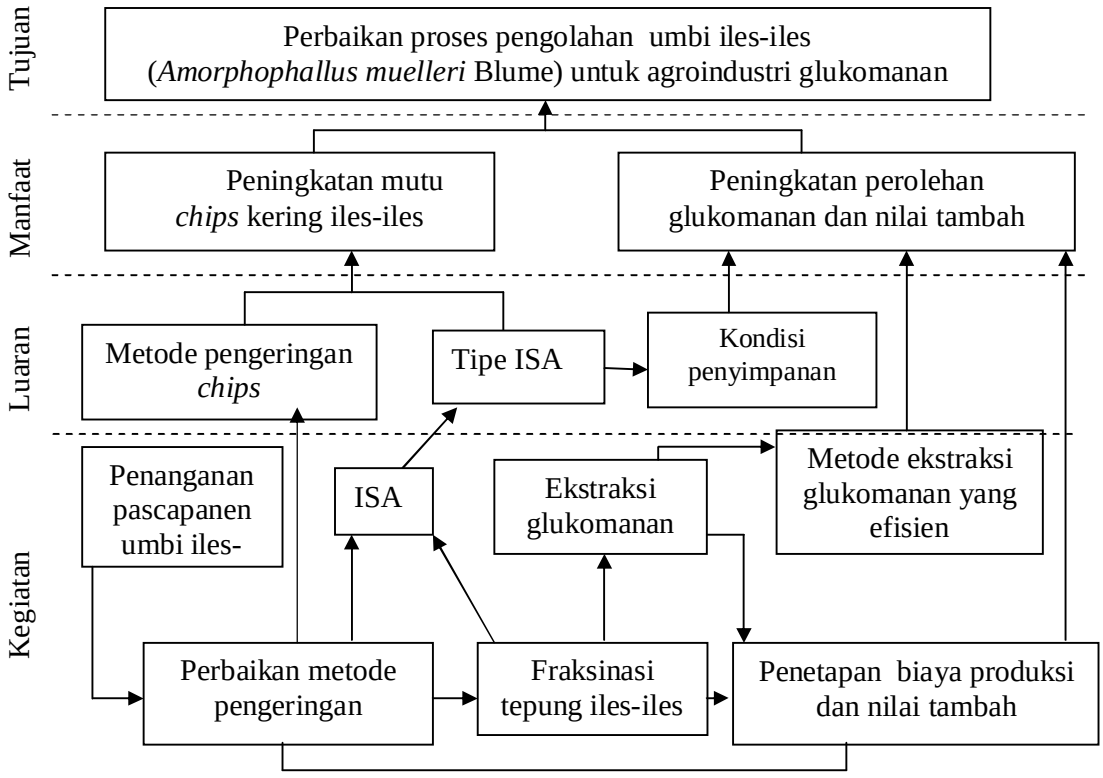
1. Pengamatan tentang pengolahan pascapanen iles-iles dilakukan di sentra produksi di Desa Klangon Kabupaten Madiun
2. Perendaman sebelum pengeringan menggunakan larutan Na-metabisulfit 1500 ppm selama 10 menit
3. Metode pengeringan yang digunakan adalah penjemuran matahari dan pengeringan dengan *oven drier* suhu 50 ℃
4. Fraksinasi glukomanan dilakukan dengan penggilingan dan pengayakan bertingkat, yang diikuti dengan ekstraksi dalam pelarut air dan etanol

Perumusan Masalah

Pengolahan pascapanen iles-iles di Desa Klangon Kabupaten Madiun masih bersifat sederhana yang menghasilkan kualitas *chips* kering siap jual yang relatif rendah. Pengamatan hasil pengolahan pascapanen yang dilakukan belum memenuhi standar nasional sehingga menghasilkan kualitas *chips* yang sangat beragam dan mengakibatkan kehilangan hasil atau *loss* yang cukup tinggi serta

menurunkan pendapatan petani dan pengolah. Pengirisan umbi secara manual menghasilkan keragaman ketebalan, kadar air, dan warna dari *chips*. Pengeringan dilakukan dengan penjemuran matahari di udara terbuka yang mengandalkan cuaca setempat yang menghasilkan panas tidak stabil, tidak bisa dikontrol dengan baik terhadap kontaminasi udara yang berakibat menimbulkan pertumbuhan kapang, sehingga menghasilkan kualitas *chips* yang rendah. Pengemasan dan penyimpanan *chips* di Desa Klangon, Kabupaten Madiun yang kurang sesuai dapat menimbulkan penurunan kualitas dan nilai jual. Memperhatikan kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai penanganan pengolahan pascapanen iles-iles, metode pengeringan untuk menghasilkan kualitas *chips* kering yang lebih baik. Pasca pengeringan produk *chips* dan tepung juga memerlukan penanganan yang baik dengan menentukan kondisi penyimpanan yang tepat.

Kegiatan penanganan pascapanen umbi iles-iles diawali dengan perbaikan metode pengeringan yang dilanjutkan tahap fraksinasi tepung iles-iles dan penelitian isotermis sorpsi air, serta menetapkan metode ekstraksi glukomanan yang lebih efisien. Hal ini dapat digunakan untuk menetapkan biaya produksi dan nilai tambah glukomanan. Luaran yang dihasilkan pada kegiatan tersebut adalah metode pengeringan yang tepat dan mendapatkan tipe isotermis sorpsi air pada iles-iles. Manfaat dari kegiatan tersebut adalah peningkatan mutu *chips* kering iles-iles siap jual, peningkatan perolehan dan nilai tambah glukomanan yang merupakan tujuan akhir dari penelitian. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka pemikiran penelitian

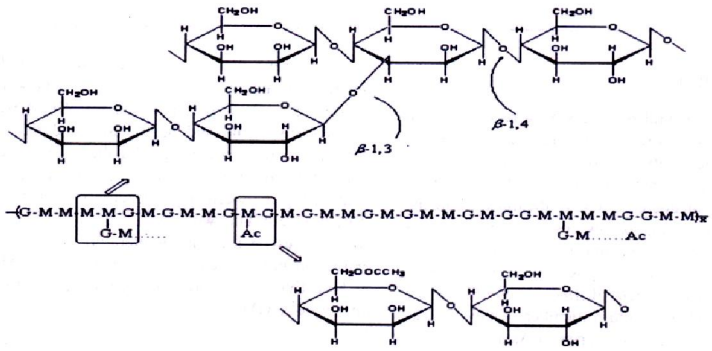
2. TINJAUAN PUSTAKA

Iles-Iles

Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) adalah salah satu tanaman umbi yang termasuk famili Araceae, kelas Monocotyledoneae, tumbuh baik di negara-negara tropis seperti Jepang, China, Thailand, Vietnam, Kamboja, dan Indonesia (Jansen *et al.* 1996; An *et al.* 2010). Umbi iles-iles jika diolah secara agroindustri akan menghasilkan glukomanan. Glukomanan merupakan senyawa polisakarida hidrokoloid yang bernilai ekonomi tinggi karena memiliki banyak manfaat. Manfaat glukomanan dalam berbagai bidang antara lain sebagai bahan baku makanan (*konyaku* dan *shirataki*) untuk mengurangi kegemukan, anti diabetes melitus, menurunkan kolesterol dalam darah, bahan pembuat gel, pengental kotoran atau limbah, pengemulsi, penstabil larutan, pembentuk struktur Kristal, senyawa anti-*human immunodeficiency virus* (anti-HIV), dan anti pembekuan darah (Li *et al*. 2006; Chua *et al*. 2012; Bo *et al*. 2013).

Iles-iles banyak ditanam di lahan milik perhutani di bawah tegakan kayu jati, mahoni, dan sonokeling. Agar mendapatkan pertumbuhan yang baik, maka penanamannya perlu pohon naungan yang dapat menghambat sinar matahari antara 50-60%. Iles-iles dapat tumbuh baik pada ketinggian tempat sampai 1000 mdpl, suhu udara antara 25-35°C, dan curah hujan antara 300-400 mm perbulan (Jansen *et al*. 1996; Sumarwoto 2005). Umbi iles-iles dipanen saat sudah berumur dua tahun atau lebih. Panen umbi dilakukan pada saat tanaman memasuki musim kemarau antara bulan Mei sampai Agustus, yang pada saat tersebut tanaman memasuki masa istirahat atau dorman (Ohtsuki 1968; Sumarwoto 2005). Penanaman iles-iles di Desa Klangon sudah dimulai sejak 1986, namun budidaya secara besar-besaran dimulai sejak 2003 yaitu saat Program Pengelolan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM) resmi diberlakukan dan petani yang menggarap lahan tersebut dihimpun menjadi Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) dibawah wewenang Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH). LMDH Desa Klangon bernama "Pandan Asri", termasuk wilayah KPH Saradan, Madiun yang merupakan salah satu dari 13 KPH yang ada di Jawa Timur (Santosa *et al*. 2003).

Glukomanan merupakan senyawa polisakarida hidrokoloid yang terdapat di dalam umbi iles-iles, tersusun dari satuan monosakarida manosa dan glukosa dengan perbandingan molar 3:2 (Tye 1991). Kadar glukomanan pada umbi iles-iles sekitar 8.03-12.43%, bentuk tepungnya sebesar 51.3-71.6% (Fang dan Wu 2004). Sumarwoto (2004) mengemukakan bahwa umur panen iles-iles mempengaruhi tinggi rendahnya kadar air umbi, pati, dan glukomanan. Umur umbi 6, 17, dan 24 bulan masing-masing menghasilkan kadar air umbi 78.32, 78.97, dan 80.67%, kadar pati 26.31, 16.25, dan 13.75%, dan kadar glukomanan 37.99, 47.34, dan 48.54%. Bentuk kristal yang terjadi sama dengan bentuk kristal glukomanan di dalam umbi, tetapi bila glukomanan dicampur dengan larutan alkali misalnya Na, K, dan Ca, maka akan segera terbentuk kristal baru dan membentuk massa gel. Berdasarkan hasil analisis secara metilasi, glukomanan terdiri atas D-gukopiranosa dan D-manopiranosa dengan ikatan ß-1,4-glikosidik (Gambar 2).



Gambar 2 Struktur kimia glukomanan (Li e*t al*. 2013)

Sifat-sifat sel manan adalah sebagai berikut : (1) sel-sel idioblast (manan) seperti serabut, (2) ukuran selnya 5-2 mm (lebih besar 1-2 x ukuran sel pati atau amilum), (3) tidak berwarna saat diuji warna dengan yodium, (4) sel-sel dikelilingi oleh sel parenkim yang berdinding tipis berisi granula pati, (5) butiran-butiran manan berwarna kuning, (6) polimer glukomanan memiliki sifat antara selulosa dan galaktomanan, sehingga mampu mengalami proses kristalisasi dan dapat membentuk struktur serat-serat yang halus, (7) pengembangan volume glukomanan dalam air dapat mencapai 138-200% dan terjadi secara cepat, sedangkan pati hanya 25% dari semula, (8) dalam satu molekul glukomanan terdapat polisakarida D-glukosa (33%) dan D-manosa (67%), (9) glukomanan merupakan salah satu bentuk polisakarida yang tersusun dari satu monosakarida manosa dan glukosa dengan perbandingan 1.6 - 4 : 1 (10) memiliki rantai linier ß (1-4) satuan gula pembentuknya, (11) ukuran bobot molekul lebih besar dari 3 KD (Manullang 1997; Tye 1991).

Glukomanan dapat dipisahkan dari tepung iles-iles dengan menggunakan ayakan yang berukuran 0.18 mm atau 80 *mesh*. Bagian tepung yang tertahan ayakan adalah glukomanan karena mempunyai molekul yang lebih besar daripada partikel pati dan serat. Bagian yang lolos bobot ayakan merupakan fraksi pati dan serat-serat. Selain itu pemisahan dan pemurnian glukomanan dapat juga dilakukan dengan hidrolisis secara enzimatis dan larutan etanol 96%. Browning pada pengirisan umbi dicegah dengan perendaman dalam natrium metabisulfit (Kurniawan 1991). Glukomanan dapat pula diperoleh dengan metode ekstraksi basah menggunakan pelarut etanol (Soewandhi *et al*. 1994), tetapi biaya proses pengolahan lebih tinggi. Glukomanan merupakan suatu bahan pengemulsi pada industri makanan, kertas, dan komestika, karena bahan ini di dalam cairan akan membentuk gel yang mempunyai viskositas cukup tinggi. Mengingat pentingnya aplikasi glukomanan dalam berbagai bidang tersebut, glukomanan mempunyai bobot molekul sebesar $9.0x10^5 gmol^{-1}$ (Yeh 2010) atau $2.7x10^5$-$1.1x10^6$ Da (Li 2013).

Sumarwoto (2004) penentuan waktu panen yang tepat pada umbil iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume). Perlakuannya adalah pengaruh umur umbi terhadap rendemen tepung, kadar air umbi, pati, dan glukomanan. Hasilnya adalah umur umbi mempengaruhi rendemen tepung, kadar air umbi, pati, dan glukomanan.

Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu proses penanganan pascapanen yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air, menjaga stabilitas bahan pangan serta menurunkan volume bahan pangan. Pengeringan dapat menurunkan aktivitas mikroorganisme, reaksi enzimatis, serta mencegah terjadinya reaksi kimia selama penyimpanan (Russo *et al*. 2013). Pengeringan yang sering dilakukan petani selama ini adalah dengan penjemuran atau pengeringan secara terbuka di bawah sinar matahari. Namun demikian pengeringan dengan metode penjemuran sangat bergantung pada cuaca serta menimbulkan kontaminasi dengan udara lingkungan yang sering menyebabkan terjadinya pertumbuhan kapang. Selama pengeringan, terjadi fenomena proses perpindahan panas dari lingkungan ke dalam bahan pangan, diikuti peristiwa difusi molekul air ke permukaan serta penguapan ke udara sekitarnya yang menyebabkan penurunan volume bahan. Pengeringan mengakibatkan penurunan air pada dinding sel sehingga menimbulkan pengerutan pada permukaaaan bahan pangan (Thuwapanichayanan *et al*. 2011).

Metode penjemuran yang sering digunakan untuk pengeringan bahan pangan dipengaruhi oleh suhu bahan pangan, lingkungan, kecepatan penguapan, serta ketebalan irisan bahan (Hatampou *et al*. 2007). Salah satu metode pengeringan modern yang sering digunakan adalah dengan oven. Kelebihan mengunakan pengeringan oven adalah tidak tergantung pada cuaca, terhindar kontaminasi udara lingkungan, waktu pengeringan lebih singkat, serta membutuhkan tenaga manusia lebih sedikit. Namun kekurangannya adalah diperlukan keterampilan khusus dan membutuhkan biaya yang lebih mahal. Brasiello *et al*. (2013) menyatakan bahwa tujuan pengeringan adalah untuk mengurangi bobot dan volume bahan, memudahkan transportasi dan penyimpanan, menciptakan produk kering, mencegah terjadinya reaksi enzimatis serta oksidasi komponen seluler bahan.

Metode untuk meningkatkan kualitas pada tepung iles-iles dan glukomanan melalui peningkatan derajat putih sering menggunakan proses pemutihan atau *bleaching*. Terdapat beberapa jenis bahan kima yang sering digunakan untuk digunakan sebagai bahan pemutih, salah satunya adalah dengan natrium metabisulfit. Natrium metabisulfit dalam peranannya dapat mencegah reaksi pencoklatan karena enzimatis. Liang *et al.* (2012) menyatakan bahwa perendaman natrium metabisulfit pada konsentrasi 60 g/l dapat memperlambat pencoklatan pada kulit buah lengkeng.

Penelitian terkait dengan iles-iles yang telah dilakukan oleh : Arifin (2001) mengenai pengeringan umbi iles-iles menggunakan oven untuk meningkatkan mutu keripik iles-iles. Hasilnya adalah penundaan pengeringan umbi iles-iles setelah dipanen menyebabkan penurunan kadar glukomanan sebesar 35.4% setelah 22 hari setelah panen, perendaman natrium bisulfit tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai kecerahan keripik iles, pengeringan mekanik dapat memperbaiki warna *chips* kering iles-iles dari coklat kehitaman menjadi kuning kecoklatan dan kadar air dibawah 12 % (basis basah), serta meningkatkan mutu kadar glukomanan dari 41.8 % menjadi 51.2%.

Widyotomo *et al.* (2004) meneliti tentang distribusi partikel tepung iles-iles produk pengecilan ukuran dengan metode pengolahan kering. Hasilnya adalah

penggilingan dengan pisau rotari dan bola kerucut dengan indeks keseragaman kasar, sedang, dan halus menghasilkan ukuran partikel masing-masing sebesar 20-40%, 10-90%, dan 10-90%. Analisis dengan *scaning electron microscope* menunjukkan pengecilan ukuran berpengaruh terhadap keutuhan glukomanan

Gumbira Sa'id *et al*. (2010) melakukan penelitian tentang ekstraksi glukomanan dari tepung iles-iles dan pemurniannya dengan enzim α-amilase. Hasil penelitiannya adalah kadar glukomanan 28.75%, dan kalsium oksalat 0,61%, viskositas 1500-3925 cPs, penyerapan air 1288.780-1696.296%, densitas kamba 641.48-776.01 kg/m^3, dan nilai pH 4.9-5.21.

Widjanarko dan Suwasito (2014) penelitian tentang pengaruh lama penggilingan dengan metode *ballmill* terhadap rendemen dan kemampuan hidrasi tepung iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume). Hasilnya adalah lama penggilingan dengan *ballmill* dan fraksinasi dengan *cyclone* berpengaruh terhadap rendemen dan kemampuan hidrasi glukomanan.

Penelitian mengenai sorpsi air produk hasil pertanian dilakukan Julianti *et al*. (2005) tentang karakteristik isotermi sorpsi air benih cabai merah. Hasilnya adalah kurva isotermi sorpsi air benih cabai merah baik secara adsoprsi dan desorpsi termasuk tipe sigmoid dan histeresis terjadi pada a_w 0.07-0.97. Persamaan Brunauer Emmet Teller (BET) dapat digunakan untuk menentukan air terikat primer, semilogaritmik untuk air terikat sekunder, dan polinomial kuadratik untuk air terikat tersier.

Hayati (2013) melakukan penelitian tentang analisis fraksi-fraksi kurva isotermi sorpsi air dari tepung rosela dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat mutu produk. Hasilnya adalah tepung rosela memiliki 3 fraksi air terikat dengan kadar air kritis yaitu air terikat primer atau M_p = 7.97% bk, air terikat sekunder atau M_s = 21.10% (bk) dan air terikat tersier atau M_s = 128.60% (bk).

Ekstraksi Glukomanan

Ekstraksi glukomanan adalah proses pemisahan glukomanan dari tepung iles-iles. Ekstraksi glukomanan dapat dilakukan beberapa cara yaitu cara mekanis dan kimia. Hanif (1991) menyatakan bahwa cara ekstraksi glukomanan dari tepung iles-iles dapat dilakukan secara mekanis melalui peniupan, pengayakan, dan penyosohan tepung iles-iles, sedangkan secara kimia melalui pemisahan glukomanan dengan etanol 95%. Widyotomo (2002) melaporkan bahwa pemisahan glukomanan secara mekanis dilakukan secara penepungan dan pengayakan. Chua *et al*. (2012) menyatakan bahwa ekstraksi glukomanan secara mekanis dapat dilakukan dengan kombinasi peniupan dan pengayakan, sedangkan cara kimia dilakukan dengan senyawa asetat, aluminium sulfat, dan etanol. ekstraksi dengan senyawa asetat dan sulfat menghasilkan glukomanan yang tidak bisa digunakan untuk makanan.

Isotermis Sorpsi Air (ISA)

ISA adalah hubungan kuantitatif antara aktivitas air (a_w) dan kadar air suatu makanan pada suhu yang konstan (Bajpai dan Tiwari 2013). Seid dan Hensel (2012) menyatakan bahwa ISA adalah hubungan antara aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan suatu sistem pada suhu dan tekanan tertentu. Kadar air

kesetimbangan dapat didefinisikan sebagai kadar air pembatas dari sebuah material setelah diekspos ke dalam suatu lingkungan tertentu dalam jangka waktu yang tidak terbatas. Aktivitas air (a_w) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air di dalam makanan dan tekanan uap air murni pada suhu yang sama dan hal ini menjadi salah satu variabel kontrol utama dalam teknologi pengawetan makanan (McMinn dan Magee 1999).

Fungsi lain dari sorpsi isotermis adalah memprediksi efek satu atau lebih komponen terhadap penurunan atau peningkatan a_w produk pangan. Beberapa model yang digunakan untuk keperluan tersebut diantaranya adalah persamaan Raoult, Norrish, Grover, dan Ross (Bell dan Labuza 2000). Labuza (1968) menyatakan bahwa isotermis sorpsi air ini untuk mendeskripsikan air dalam menjaga stabilitas pangan dan hasil pertanian selama penyimpanan. Kurva isotermis sorpsi ini digunakan sebagai dasar untuk penentuan sifat fisiko-kimia suatu komoditas pertanian dan bahan olahannya.

Air di dalam bahan pangan dan hasil pertanian, dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe yaitu air terikat dan air bebas. Sifat-sifat air bebas pada bahan pangan sama seperti sifat-sifat air biasa pada umumnya dengan nilai $a_w = 1$, sedangkan air terikat adalah air yang terikat erat dengan komponen bahan pangan lainnya serta mempunyai a_w di bawah 1 (Kuprianotiff 1958). Kurva isotermis sorpsi air pada bahan pangan umumnya berbentuk sigmoid dan dapat dihubungkan dengan afinitas air yang berbeda terhadap bahan padat. Soekarto (1978) menyatakan bahwa terdapat tiga fraksi air terikat pada bahan kering, yaitu air terikat primer (ATP), air terikat sekunder (ATS) dan air terikat tersier (ATT). Rockland (1969) mengelompokkan air pada bahan adalah air *monolayer* (tipe I), air multilayer (tipe II) dan air yang bebas bergerak (tipe III).

Untuk memisahkan glukomanan dari komponen lain yang terkandung di dalam keripik iles-iles dapat dilakukan dengan cara menggiling atau menumbuk kripik iles kering dan kemudian diayak. Pengecilan ukuran sederhana yang dilakukan oleh petani Indonesia adalah dengan cara penumbukan (Purwadaria 2001; Sufiani 1993). Pengecilan ukuran secara tradisional dengan sistem penumbukan mengakibatkan pengerakan (*caking*) di dasar lumpang (wadah penumbukan) sehingga produk akhir yang diperoleh tidak konsisten dan memberikan mutu akhir yang lebih rendah (Purwadaria 2001).

Isotermis sorpsi air pada bahan makanan digunakan untuk merancang dan mengoptimalisasikan proses pengeringan, pengemasan, penyimpanan, dan memodelkan perubahan air yang terjadi selama pengeringan, memprediksi keawetan umur simpan, serta pencampuran bahan pangan (Sinija dan Mishra 2008). Bajpai dan Tiwari (2013 menyatakan bahwa ISA adalah secara kuantitatif merupakan hubungan antara aktivitas air (a_w) dan kadar air bahan makanan pada suhu yang konstan.

Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai ISA antara lain Chirife dan Iglesias (1978); Yanniotis (1994) pada bahan makanan dan metode baru untuk melakukan inter dan ekstrapolasi data tentang aktivitas air. Hasil penelitian tersebut adalah air terikat primer (ATP) tepung kentang sebesar 7.36% bk.Wang dan Brennan (1991) melakukan penelitian terkait dengan karakteristik ISA untuk tepung kentang pada empat suhu yang berbeda (40-70 °C). Hasil penelitiannya adalah nilai ATP sekitar 36% (bk). Iguedjt *et al*. (2008), melakukan penelitian tentang ISA *chips* kentang dengan pengendalian penurunan

tekanan udara secara tiba-tiba sebesar tiga dan enam bar dengan udara kering serta pada tiga suhu yang berbeda. Hasil penelitiannya adalah nilai ATP kentang sebesar 0.1% (bk). Adawiyah dan Soekarto (2010) melakukan penelitian terkait denganpemodelan isotermis air pada model pangan. Hasilnya adalah nilai kadar air kritis primer (M_p) pada tapioka dan tepung kasein masing-masing 5.59 dan 4.80% (bk). Hayati (2012) melakukan analisis fraksi-fraksi kurva isotermis sorpsi air dari tepung rosela dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat mutu produk. Hasilnya adalah adanya tiga fraksi air terikat dan dua titik kritis pada tepung rosela.

Perhitungan kadar air kesetimbangan

Kadar air kesetimbangan merupakan salah satu faktor penting untuk mengetahui batas laju pengeringan pada beberapa tahapan (Brooker *et al*. 1982). Kadar air kesetimbangan dalam proses pengeringan dapat diperlihatkan dalam bentuk analisis regresi linear dengan mengikuti persamaan umum:
log (M-M_e) = a + bt (Evin 2012), dimana M adalah kadar air, M_e adalah kadar air kesetimbangan, *a* adalah konstanta, *b* adalah kemiringan yang dipengaruh terhadap nilai x, dan t adalah waktu pengeringan (jam).

Air Terikat Primer (ATP)

ATP adalah tipe pengikatan air yang terikat kuat pada bahan dengan energi ikatan yang sangat kuat pada gugus polar dari senyawa makromolekul padatan atau bahan yang cenderung bersifat stokiometrik atau terbatas (Soekarto dan Adawiyah 2012). ATP ini juga disebut sebagai lapisan air *monolayer* (*monolayer water*) yang masih mempunyai sisa ujung polar untuk mengikat molekul air di atasnya. Karel, (1973); Iglessias dan Chirifie (1982) menyatakan bahwa konsep monolayer ditemukan untuk menjadi panduan pada berbagai aspek pengeringan makanan. Untuk menentukan kadar air kritis pertama atau ATP dalam pengeringan digunakan model atau persamaan regreasi Brenauer Emmett Teller (BET) yang penerapannya lebih akurat pada kisaran a_w 0.10-0.60 (Siripatrawan dan Jantawat 2006). Labuza (2010) menyatakan bahwa persamaan BET hanya dapat digunakan pada nilai a_w rendah yaitu antara 0.22 – 0.64. Rumus umum model BET menurut Adawiyah dan Soekarto (2010) adalah:

$$\frac{a_w}{M\,(1-a_w)} = \frac{1}{MoC} + \frac{(C-1)}{MoC} \quad \text{.....(1)}$$

Dimana: a_w= aktivitas air, M = kadar air bahan (% bk), M_0= kadar air awal bahan, dan c = konstanta energi pada lapisan monolayer.

Air Terikat Sekunder (ATS)

ATS merupakan molekul air yang terdapat pada lapisan di atas atau di luar dari lapisan ATP yang mempunyai ikatan antar molekul lebih kuat. Giles (2011);Thornton dan Innes (1989) menyatakan bahwa untuk menentukan batas nilai ATS pada bahan pangan ini menggunakan model regresi semi logaritmik yang biasanya digunakan dalam ekonomi empirik dan masalah lain. Rumus umum model semilogaritmiknya adalah sebagai berikut :

$$\ln Y = a + bX \quad \text{.....} \quad (2)$$

Ada dua persamaan regresi semilogaritmik yang digunakan untuk menentukan batas air terikat sekunder dan air terikat primer, yaitu :

$$- \log (1 - a_w) = a_1 + b_1X \quad \text{..... (3)}$$

$$- \log (1 - a_w) = a_2 + b_2X \quad \text{..... (4)}$$

Dimana *a* dan *b*= konstanta regresi linear dan M = kadar air. Penggabungan kedua persamaan diatas akan menghasilkan nilai intersep X yang merupakan kadar air kritik sekunder atau M_s.

Air Terikat Tersier (ATT)

ATT adalah tipe air terikat disebelah luar atau di atas dari lapisan ATS, yang mendapat resonansi ionik dari ATS. Lapisan ini membentuk struktur air heksagonal yang longgar dan berfungsi sebagai pelarut molekul solid. Pada lapisan ini mempunyai ikatan antar molekul sangat lemah, sehingga air mudah menguap. Bagian luar dari ketiga lapisan tersebut merupakan air bebas (*freewater*) yang nilai $a_w$nya satu (Soekarto dan Adawiyah 2012). Fraksi dari air terikat tersier adalah nilai kadar air pada material ketika nilai a_w dari material adalah satu(Julianti *et al*. 2005). Bradley dan Srivastava (1979) untuk menentukan nilai kadar air kritik ketiga atau M_t adalah menggunakan persamaan atau model polinomial kuadratik untuk menghasilkan kadar air tersier (M_t). Persamaan umum regresi polinomial adalah sebagai berikut :

$$E(Y) = \beta_0X_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 \quad \text{..... (5)}$$

Model regresi polinomial kuadratiknya adalah sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1X + \beta_2X^2 \quad \text{..... (6)}$$

Biaya Produksi dan Nilai Tambah

Biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi baik yang berwujud maupun tidak berwujud yang dapat diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau akan terjadi untu mencapai tujuan tertentu. Biaya sebagai pengorbanan sumber ekonomi baik yang berwujud maupun tidak berwujud yang dapat diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau akan terjadi untuk mencapai tujuan atau pengorbanan yang dapat mengurangi kas atau harta lainnya untuk mencapai tujuan, baik yang dapat dibebankan pada saat ini atau pada saat yang akan datang. Biaya yang mempunyai hubungan langsung dengan suatu produk dikenal dengan nama biaya produksi (*Production Cost*) (Mursyidi 2010). Biaya poduksi menurut Sutrisno (2001) adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi suatu produk selesai.

Mursyidi (2010) menyatakan bahwa biaya produksi terdiri dari biaya bahan baku, tenaga kerja, dan *overhead* pabrik. Ahmad (2007) mengemukakan bahwa biaya produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu barang. Biaya produksi merupakan biaya yang berkaitan dengan pembuatan barang dan penyediaan jasa. Biaya non produksi adalah biaya yang berkaitan selain fungsi produksi yaitu, pengembangan, distribusi, layanan pelanggan, dan administrasi umum.

Hariadi (2002) dan Garrison (1997) menyatakan bahwa biaya produksi dibagi ke dalam tiga kategori besar, yaitu bahan langsung (*direct material*), tenaga kerja langsung *(direct labor*), dan biaya *overhead* pabrik (*manufacturing overhead*).

Mursyidi (2010) menyatakan bahwa biaya produksi pada dasarnya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu biaya bahan baku langsung (*direct materials*), biaya tenaga kerja langsung (*direct labor*), dan biaya overhead pabrik (*factory overhead cost*). Gabungan biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja lansgung disebut biaya utama (*prime cost*), yaitu biaya langsung yang membentuk produk jadi tanpa ada salah satu biaya tersebut maka tidak akan menghasilkan produk. Di lain pihak gabungan antara biaya tenaga kerja langsung dan biaya *overhead* pabrik disebut biaya konversi (*conversion cost*), yaitu biaya yang merubah bahan baku menjadi produk jadi (*finished goods*).

Biaya bahan baku merupakan bagian yang penting dalam proses pengolahan bahan mentah menjadi barang jadi atau setengah jadi. Tanpa bahan baku, jelas tidak akan ada barang jadi. Bahan baku bisa sama sekali masih mentah dari alam atau sudah diproses sebelumnya oleh pabrik lain sebelum diproses lebih lanjut di dalam perusahaan tersebut. Biaya bahan sebenarnya terdiri atas bahan baku itu sendiri dan ada bahan penolong (Mursyidi 2010).

Biaya tenaga kerja langsung merupakan tenaga kerja dalam pabrik yang terlibat langsung dalam proses pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Keterlibatan tenaga kerja ini secara langsung terlihat atas kemampuannya mempengaruhi secara langsung, baik kuantitas atau kualitas barang jadi yang dihasilkan. Di lain pihak terdapat juga tenaga kerja tak langsung dalam pabrik yang sifatnya sekedar membantu pekerjaan tenaga kerja utama (Mursyidi 2010).

Biaya *overhead* pabrik merupakan biaya yang terjadi di pabrik dan berkaitan dengan proses produksi selain biaya bahan dan tenaga kerja langsung. Biaya overhead pabrik meliputi biaya untuk bahan penolong, tenaga kerja tak langsung, listrik, penyusutan, reparasi mesin, pemeliharaan gedung serta bahan bakar (Mursyidi 2010).

Nilai Tambah

Pengertian nilai tambah (*added value*) adalah pertambahan nilai suatu produk atau komoditas karena mengalami proses pengolahan, pengangkutan ataupun penyimpanan dalam suatu produksi. Kadarsan (1995) menyatakan bahwa suatu perusahaan yang aktifitasnya dikerjakan di alam seperti di darat, udara, air dan sekitarnya yang menghasilkan produk seperti umbi, *chips*, dan tepung iles-iles yang belum mengalami perubahan sifat alaminya, maka disebut perusahaan pertanian (*on farm*). Di lain pihak setelah produk tersebut mengalami pengolahan di luar usaha tani (*off farm*) sehingga berubah bentuk dan sifat alaminya maka perusahaan tersebut dikatagorikan industri pertanian seperti contohnya industri glukomanan dan makanan dari iles-iles (*konjaku* dan *shirataki*) (Mursyidi 2010).

Nilai tambah dapat didefinisisikan sebagai selisih antara nilai produk dengan nilai bahan baku dan input lainnya, tidak termasuk tenaga

kerja, sedangkan *margin* adalah selisih antara nilai produk dengan harga bahan bakunya saja. Dalam *margin* ini tercakup komponen faktor produksi yang digunakan dan balas jasa pengusaha pengolahan (Hayami *et al*. 1987).

Dalam perancangan atau pengembangan produk, ada beberapa parameter yang harus diketahui. Salah satunya adalah nilai tambah. Gumbira-Sa'id dan Intan (2000) menyatakan bahwa nilai tambah adalah nilai yang tercipta dari kegiatan mengubah input pertanian menjadi produk pertanian atau yang tercipta dari pengolahan hasil pertanian menjadi produk akhir. Untuk menetapkan besarnya nilai tambah dapat dilakukan dengan metode Hayami. Cara menghitung nilai tambah dengan metode tersebut dengan memasukkan dua faktor utama, yaitu faktor teknis dan pasar.

3 METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 1 Januari 2011 sampai dengan 30 Nopember 2013. Penelitian dikerjakan di Desa Klangon Kab. Madiun, Industri pengolah iles-iles di Surabaya, dan Laboratorium Bioindustri dan Laboratorium Dasar Ilmu Terapan, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Bahan

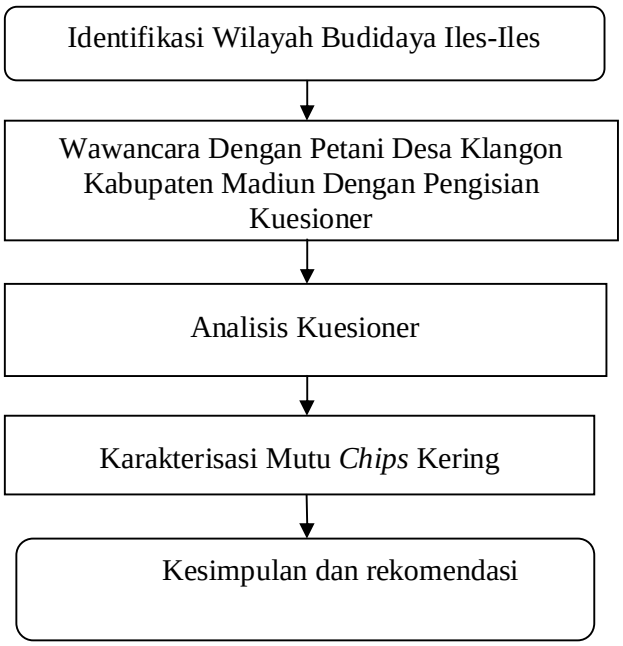
Bahan utama yang digunakan berupa umbi iles-iles yang diperoleh dari Desa Klangon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun. Bahan kimia yang digunakan adalah larutan bufer fosfat sitrat, etanol 96%, akuades, NaOH, HCl, kalium yodida, H_2SO_4, heksana, $KMnO_4$, larutan dinitrosalisilat, fenol, H_3PO_4, Pb asetat, $CuSO_4$, Na_2SO_4, H_3BO_3, Na_2CO_3, larutan indikator merah metil, larutan $Na_2S_2O_3$, larutan Luff Schorl, larutan kanji, larutan iod, LiCl, CH_3COOK, $MgCl_2$, K_2CO_3, NaBr, $NaNO_2$, NaCl, KCl, K_2SO_4, dan air bebas ion.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah jangka sorong, toples kedap udara, kantong plastik polietilen, *chromameter* model C-400, oven pengering (*drying oven*) merk "Memmert D-06062,oven "Binder" GMDH 236, *sieve shaker* tipe "Meinzer 11", ayakan ukuran 40, 60, 80, dan 100 *mesh*, mortar, timbangan digital merk "Kern-440-35N", timbangan analitik merk "Sartorius", cawan porselin, tanur, labu kjeldahl, spektrofotometer *hach*, *soxhlet apparatus*, kertas saring, *aluminium foil*, mikroskop polarisasi, pompa vacum, *hot plate*, *autoklaf*, *shaker bath*, lemari es, penggiling (*discmill*), timbangan kasar, anemometer dan higrometer merk "Lutron" tipe LM-8000, pH meter, pendingin listrik *(condensor)*, *viscosimeter* Brookfield LV, *KettWhiteness* meter model C-100, desikator ruang penyimpan, a_w meter, dan perajang manual.

Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan identifikasi wilayah, wawancara dengan petani disertai pengisian kuesioner (Lampiran 1), penanganan pengolahan pascapanen umbi yang meliputi penyortiran umbi yang sehat, pencucian, perajangan, pengeringan, penyortiran *chips* kering dari kotoran, pengemasan, penyimpanan, informasi pemasaran umbi basah dan *chips* kering, serta karakterisasi mutu *chips* kering. Penelitian di industri pengolah iles-iles di Surabaya dilakukan dengan pengisian kuesioner oleh pimpinan industri (Lampiran 2). Tahapan penelitian pengolahan pascapanen di Desa Klangon disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan penelitian pascapanen di Desa Klangon Kabupaten Madiun

Identifikasi Wilayah untuk Budidaya Umbi Iles-Iles

Wilayah untuk budidaya umbi iles-iles untuk penelitian adalah Desa Klangon, Kabupaten Madiun, meliputi letak geografis, ketinggian tempat, struktur tanah, tingkat kesuburan tanah, jenis pohon naungan, luas wilayah Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH), serta posisi dan batas desa. Selain itu dicari juga informasi demografi mengenai jumlah jiwa, jumlah kepala keluarga, jumlah kepala keluarga pembudidaya umbi iles-iles, luas lahan garapan, luas penanaman, dan rata-rata luas lahan garapan di 3 dusun yaitu Dusun Klangon, Sempol, dan Bandungan. Data tersebut bersumber dari informasi resmi desa setempat tahun 2013.

Penanaman dan Pengolahan Umbi Iles-Iles di Desa Klangon

Informasi mengenai penanaman dan pengolahan umbi iles-iles di Desa Klangon diperoleh melalui pengisian kuesioner dari para petani. Jumlah responden adalah 60 orang yang terbagi dalam tiga Dusun, masing-masing dipilih sebanyak 20 orang dan satu responden dari satu orang pimpinan industri iles-iles PT Ambico Pasuruhan, Jawa-Timur. Kuesioner ini berisi mengenai identitas responden, bahan baku, dan proses pengolahan pascapanen iles-iles (Lampiran 1 dan 2). Informasi dari isian kuesioner tersebut dikumpulkan untuk diverifikasi dan dianalisis. Pemilihan responden dilakukan secara acak.

Tahapan pengolahan umbi iles-iles di Desa Klangon meliputi pemanenan (teknik dan waktu pemanenan), pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips* kering,

pengemasan dan penyimpanan *chips* kering, pemasaran umbi iles-iles dan chips kering, serta karakteristik mutu *chips* kering.

Informasi yang dikaji dari pengisian kuesioner pada tahap panen (Lampiran 1), ditanyakan mengenai asal bibit umbi, umur umbi layak panen, waktu panen, teknik panen, dan jumlah petani pemanen, serta jumlah hasil panen umbi iles-iles. Pengamatan pada proses pembuatan *chips* kering terdiri atas ada tidaknya sortasi berdasar bobot umbi dan umbi rusak/busuk, teknik pencucian, teknik pengirisan, ukuran ketebalan irisan, waktu dan teknik penjemuran, dan penentuan rendemen *chips* kering terhadap bobot umbi segar. Pengemasan dan penyimpanan sementara *chips* kering diamati tentang sortasi, pertumbuhan jamur, waktu dan tempat penyimpanan, bahan pengemas, dan bobot *chips* kering rata-rata setiap kemasan. *Chips* kering yang diperoleh dari masing-masing dusun diambil sampel sebanyak satu kg dan diukur tebal rata-rata dengan jangka sorong pada empat titik yang berbeda, sedangkan kadar air diukur dengan metode termogravimetri (SNI No. 01-1680-1989) dan derajat putih *chips* kering diukur dengan *Whiteness meter*, dengan 3 ulangan pengamatan. Informasi mengenai persyaratan mutu *chips* kering umbi iles-iles diperoleh dari wawancara dengan pimpinan industri pengolah umbi iles-iles dan eksportir pangan olahan berbasis iles-iles di PT. Ambico Surabaya, Jawa Timur

Informasi pemasaran umbi basah dan *chips* kering diperoleh dari kuesioner tentang harga umbi dan *chips* kering di tingkat petani maupun pengepul, serta rincian biaya produksi *chips* kering siap jual. Umbi dan *chips* kering yang dijual ke tingkat pengepul dipilih yang mempunyai mutu yang baik. Setiap dusun mempunyai satu pengepul dan masing-masing petani menjual umbi basah dan *chips* secara langsung ke pengepul.

Karakterisasi *chips* kering umbi iles-iles dengan analisis komponen parameter mutu dan sifat kimia *chips* kering umbi iles-iles dari pengepul yang membeli langsung dari petani di Desa Klangon. Analisis parameter mutu mengacu standar mutu menurut SNI Iles–Iles No 01-1680-1989 yang meliputi kadar air, kadar glukomanan (Ohtsuki 1968), keberadaan benda asing dan persentase *chips* kering umbi iles-iles cacat. Komponen kimia yang dianalisis berdasarkan kebutuhan industri meliputi kadar abu, serat kasar, lemak, protein, dan pati (AOAC 2005), serta kandungan kalsium oksalat (Sumarna 2002). Sebagai pembanding dilakukan penyiapan *chips* kering umbi iles-iles skala laboratorium dari umbi iles-iles yang digunakan berasal dari Desa Klangon, dengan umur tanam umbi tahun. Umbi disiapkan mulai pencucian, pengupasan, pengirisan (dengan mesin perajang) setebal 6 mm, dan pengeringan dengan alat pengering buatan pada suhu 50 ^{0}C sampai kadar air mencapat 12%.

Proses Pengolahan Pascapanen Melalui Perbaikan Pengeringan

Bahan umbi iles-iles ditimbang sebanyak 2000 g lalu dicuci dengan air bersih kemudian ditimbang kembali. Umbi diiris melintang menggunakan *slicer* dengan ketebalan 6 mm, ditimbang kembali, dibagi dua kelompok irisan dengan bobot yang sama, satu kelompok direndam dalam natrium metabisulfit 1500 ppm selama 10 menit (Kurniawan 2011), kemudian dicuci dengan air bersih, ditiriskan, ditimbang dan dihitung kadar air awalnya. Kelompok yang lain tidak direndam, ditimbang dan dihitung kadar air awalnya. Setiap kelompok dibuat sampel dengan

ukuran masing-masing 20 g. Sampel-sampel tersebut baik yang dikeringkan dengan oven maupun sinar matahari disusun dalam beberapa rak bambu secara teratur kemudian dimasukkan dalam oven dan dikeringkan di bawah sinar matahari langsung. Oven pengering yang digunakan pada penelitian ini mempunyai spesifikasi suhu 50 ℃, kelembaban udara (RH) 51%, kecepatan aliran udara 5.4 m^2/det. jumlah tumpukan *chips* tiga lapis, dan kapasitas pengeringan 2 kg bahan. Pengeringan dalam oven pengeringan. Penelitian pengeringan dilakukan secara bersamaan baik untuk oven pengering dan penjemuran matahari.

Pengamatan pertama dilakukan setiap satu jam sekali selama enam jam pertama, ditimbang bobot sampelnya, dihitung kadar airnya, dan dikembalikan ketempat semula. Pengamatan kedua dilakukan setiap dua jam sekali selama enam jam berikutnya, ditimbang bobot sampelnya, diukur kadar airnya, dan dikembalikan ke tempat semula. Pengamatan ketiga dilakukan setiap empat jam sekali selama 24 jam berikutnya, ditimbang bobotnya, diukur kadar airnya, dan dikembalikan ke tempat semula, setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Percobaan diakhiri setelah pengamatan selama 36 jam yang menghasilkan kadar air sampel akhir mencapai sekitar 10%, *chips* yang telah kering dianalisis kadar proksimat dan mutunya. Kadar air pada akhir pengamatan yaitu 36 jam dianggap sebagai kadar air kesetimbangan karena menghasilkan kadar air yang tidak berubah.

Rancangan percobaan diawali dengan uji homogenitas yaitu dengan menghitung nilai koefisien keragaman pada model. Nilai koefisien keragaman memiliki nilai kurang dari 25% artinya ragam residual pada model telah homogen, sebaliknya jika lebih dari 25% artinya ragam residual pada model tidak homogen. Rumus koefisien keragaman (Mattjik dan Sumertajaya 2000) yaitu :

$$KK = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{Y}} \times 100\% = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{Y}} \times 100\% \quad \text{.....(7)}$$

Rancangan percobaan pada desain proses pengeringan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu perlakuan perendaman yang terdiri dari dua taraf yaitu : (1) perendaman *chips* dengan Natrium metabisulfit dan (2) tanpa perendaman. Faktor kedua adalah jenis pengeringan yang terdiri dari dua taraf yaitu : (1) pengeringan menggunakan oven dan (2) pengeringan menggunakan matahari. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Jumlah unit percobaan adalah 12 unit. Model rancangan percobaan adalah sebagai berikut:

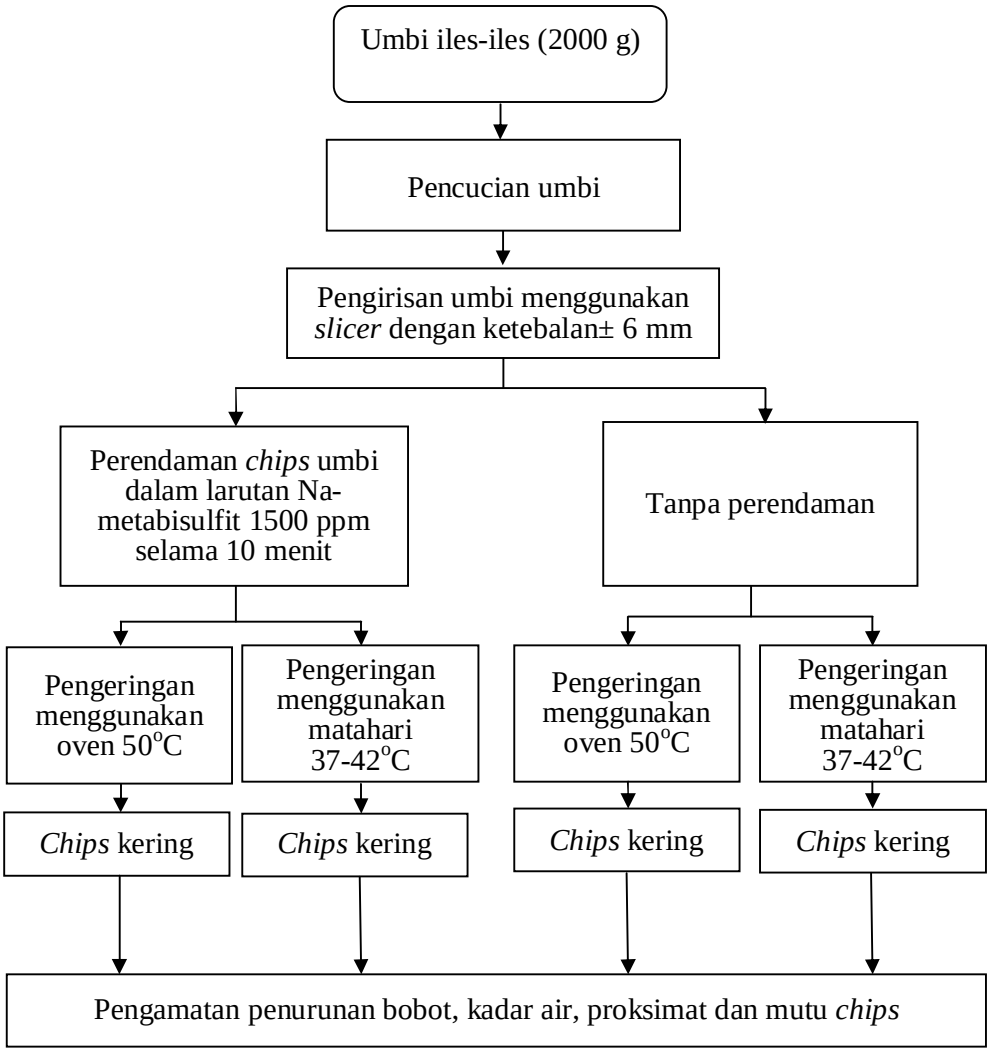
$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada faktor A taraf ke-i faktor B taraf ke-j ulangan ke-k
μ = Rataan
A_i = Pengaruh faktor perlakuan rendam/tidak rendam *chips*
B_j = Pengaruh faktor perlakuan perbedaan proses pengeringan
$(AB)_{ij}$ = Interaksi faktor A dan B
ε_{ijk} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ke-j pada ulangan ke-k

Parameter yang diamati meliputi derajat putih (Pomeranz 1978), residu SO_2 (AOAC 2005), kadar air (AOAC 2005), kadar abu (AOAC 2005), kadar pati (AOAC 2005), *Total Plate Count* (TPC), kadar glukomanan, kadar lemak (AOAC 2005), kadar protein (AOAC 2005), kadar Ca-oksalat (Sumarna 2002), kadar serat

kasar (AOAC 2005), residu SO_2 (AOAC 2005), dan kadar karbohidrat (*by different*). Tahapan penelitian pengeringan iles-iles disajikan pada Gambar 4 dan analisis datanya disajikan pada Lampiran 3. Cara analisis kadar pati, serat kasar, glukomanan, air, dan derajat putih disajikan pada Lampiran 6.

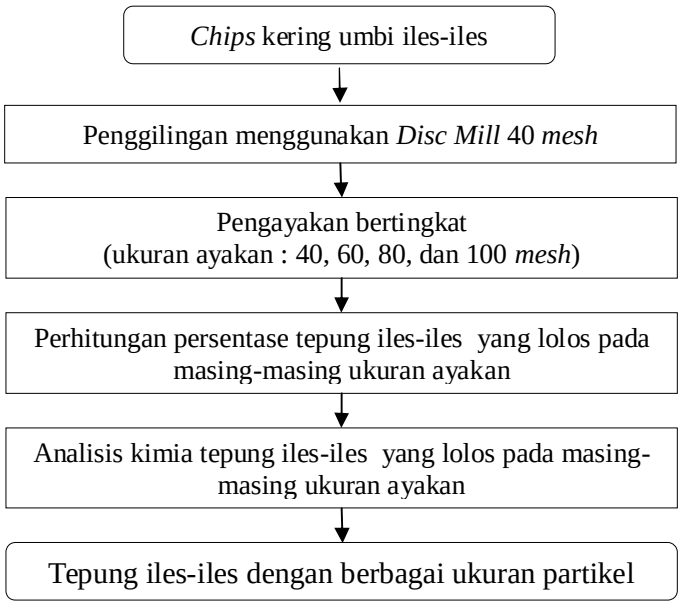


Gambar 4 Tahapan proses pengolahan *chips* dari umbi iles-iles

Fraksinasi Tepung Iles-Iles Menggunakan Metode Pengayakan Bertingkat

Penelitian fraksinasi tepung iles-iles diawali dengan penggilingan *chips* kering umbi iles-iles menggunakan *discmill*. Tepung iles-iles yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan ayakan 40, 60, 80, dan 100 *mesh* sehingga dihasilkan tepung iles-iles dengan ukuran partikel yang berbeda-beda. Tepung iles-iles yang telah melalui tahap pengayakan kemudian ditimbang dan dilakukan perhitungan persentase tepung iles-iles yang lolos pada masing-masing ukuran ayakan dan kemudian dilakukan analisis kimia tepung iles-iles yang lolos pada masing-masing ukuran ayakan yang meliputi viskositas (Perry dan Chilton, 1980), kadar air (AOAC, 2005), kadar pati (AOAC 2005), kadar serat (AOAC 2005), kadar glukomanan (Ohtsuki 1968), pH menggunakan pH-meter, densitas kamba (Buckman *et al.* 1960), dan derajat putih (Pomeranz 1978). Rancangan percobaan distribusi partikel menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu ukuran partikel (partikel yang lolos ayakan >40, 40, 60, 80, dan 100 mesh); perlakuan diulang sebanyak dua kali.

Parameter yang diamati meliputi kadar glukomanan (Ohtsuki 1968), kadar pati (AOAC 2005), kadar serat (AOAC 2005), kadar air (AOAC 2005), derajat putih (Pomeranz 1978), densitas kamba (Buckman *et al*, 1960), viskositas (Perry dan Chilton 1980), pH, dan presentase bobot. Analisis data komposisi kimia tepung iles-iles disajikan pada Lampiran 4. Cara pelaksanaan analisis fisik dan kimia mengenai densitas kamba, derajat kekentalan larutan (viskositas), kadar air, dan kapasitas menyerap air (penyerapan air) disajikan pada Lampiran 6. Tahapan penelitian fraksinasi tepung iles-iles disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tahapan penelitian fraksinasi tepung iles-iles

Isotermis Sorpsi Air (ISA) *Chips* dan Tepung Iles-Iles

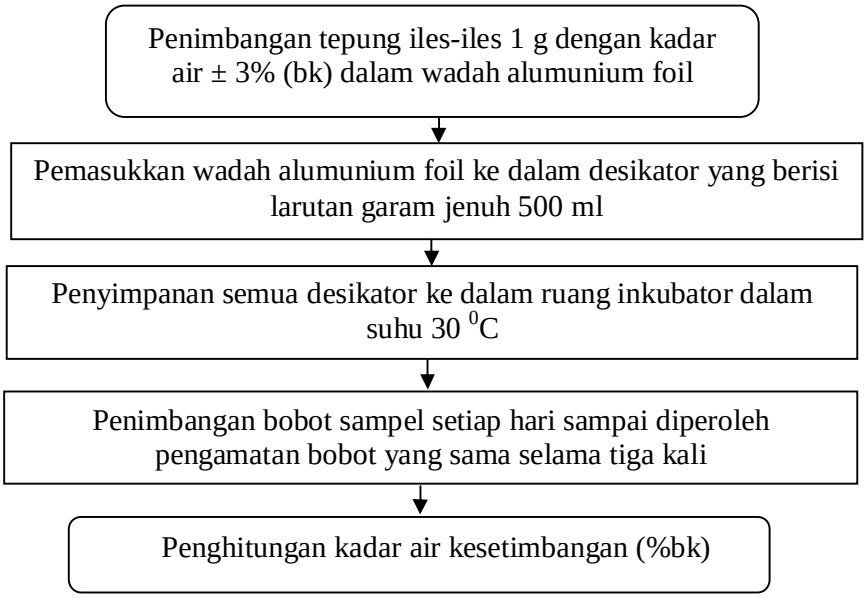
Penelitian ISA terhadap iles-iles dilakukan dalam bentuk tepung yang terdiri dari adsorpsi dan desorpsi, sedangkan bentuk chips hanya dilakukan desorpsi. Hal ini karena chips iles-iles yang digunakan mempunyai kadar awal tepung diatas 10% (bb). Pada penelitian ISA ini dipersiapkan larutan garam jenuh yang mempunyai nilai a_w 0.11-0.95 (Tabel 1). Bahan tepung yang digunakan berasal dari tepung yang mempunyai ukuran yang menghasilkan rendemen glukomanan paling tinggi. Kadar air kesetimbangan dihitung menggunakan metode gravimetri menurut AOAC (2005). Lievonen dan Ross (2002) menyatakan bahwa bobot sampel dikatakan sama apabila selama tiga kali pengamatan berturut-turut menghasilkan selisih bobot tidak lebih dari 2 mg/g bahan kering atau 0.002%

Tabel 1 Nilai a_w dan RH dari garam jenuh yang digunakan selama penelitian isotermis sorpsi air *chips* dan tepung iles-iles

No.	Jenis larutan garam jenuh	a_w pada suhu 30°C	RH (%)
1	LiCl	0.11	11
2	CH_3COOK	0.22	22
3	$MgCl_2$	0.33	33
4	K_2CO_3	0.43	43
5	NaBr	0.57	57
6	$NaNO_2$	0.64	64
7	NaCl	0.75	75
8	KCl	0.84	84
9	K_2SO_4	0.95	95

1. Adsorpsi

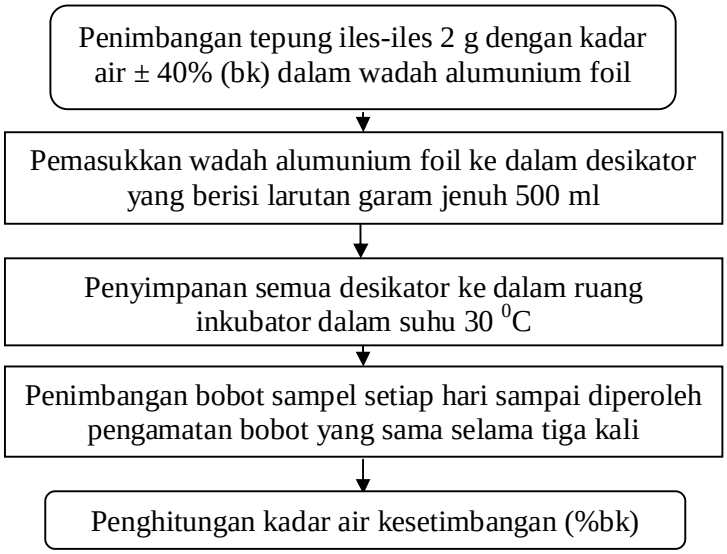
Larutan garam jenuh 500 ml dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan selama 24 jam untuk menghasilkan lingkungan yang mempunyai nilai a_w tertentu. Setiap desikator diisi sampel sebanyak satu gram hasil perlakuan sebelumnya. Setiap sampel dikeringkan hingga mencapai kadar air awal tepung sebesar 3% (bk) menggunakan alat pengering dengan cara *chemoreaksi* yang berisi kapur api. Sampel-sampel tersebut dipaparkan ke dalam wadah alumunium, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan semua desikator dimasukkan ke dalam ruang penyimpan atau inkubator dengan suhu 30 ℃. Sampel ditunggu selama tujuh hari untuk diamati bobotnya setiap dua hari sekali, dan setelah mencapai selisih bobot yang hampir sama diamati setiap hari. Pengamatan dihentikan apabila dicapai bobot sampel tiga kali berturut-turut sama. Tahapan penelitian adsorpsi disajikan pada Gambar 6



Gambar 6 Tahapan penelitian adsorpsi.

2. Desorpsi

Larutan garam jenuh 500 ml dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan selama 24 jam untuk menghasilkan lingkungan yang mempunyai nilai a_w tertentu. Setiap desikator diisi sampel sebanyak dua gram hasil perlakuan sebelumnya kecuali untuk desikator yang berisi larutan garam jenuh KCl dan K_2SO_4 dengan a_w masing-masing 0.84 dan 0.97 diisi satu gram. Hal ini bertujuan untuk menghindari pertumbuhan kapang. Setiap sampel dikeringkan hingga mencapai kadar air awalsebesar 40% bk menggunakan alat dengan cara *chemoreaksi* yang berisi kapur api. Sampel dipaparkan ke dalam wadah alumunium, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan semua desikator dimasukkan ke dalam ruang penyimpan. Sampel ditunggu selama tujuh hari untuk diamati bobotnya, kemudian dua hari sekali, setelah mencapai selisih bobot yang hampir sama diamati setiap hari. Pengamatan dihentikan apabila dicapai bobot sampel tiga kali berturut-turut sama (Lievonen dan Ross 2002) bobot sampel dikatakan sama apabila jika selisih bobot tidak lebih dari 2 mg/g bahan kering atau 0.002%). Setelah bobot kesetimbangan bahan tercapai, bahan dikeringkan dengan oven untuk dihitung kadar air akhirnya berdasarkan bobot basah (AOAC 2005). Penelitian adsorpsi dan desorpsi berguna untuk merancang penyimpanan dan pengeringan pada kadar air dan a_w tertentu. Hal yang sama dilakukan pada *chips* iles-iles. Tahapan penelitian desorpsi disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7 Tahapan penelitian desorpsi

Hubungan antara Laju Pengeringan dan Fraksi Isotermis Sorpsi Air pada Tepung dan *Chips* Iles-Iles

Laju pengeringan ditetapkan berdasarkan penurunan kadar air awal bahan, kadar air pada saat pengamatan, dan kesetimbangan terhadap waktu pengamatan. Informasi dari parameter tersebut digunakan untuk menentukan laju pengeringan berdasarkan waktu pengamatan. Persamaan laju pengeringan terhadap waktu pengamatan diperlihatkan pada rumus (1). Untuk menghasilkan fase-fase laju pengeringan dilakukan analisis regresi linier terhadap penurunan kadar air dan waktu pengeringan.

Fraksi-fraksi sorpsi air yang diuapkan melalui desorpsi dan adsorpsi, dilakukan analisis regresi linier, semi logaritmik, dan polinomial kuadratik masing-masing untuk menghasilkan air terikat primer, sekunder, dan tersier, dan kadar air yang dihasilkan pada air tersebut merupakan kadar air kritis sesuai kondisi air tersebut yaitu kadar air kritis primer (M_p), sekunder (M_s), dan tersier (M_t). Hasil perhitungan analisis tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabel laju pengeringan dan fraksi isotermis sorpsi air untuk mengetahui hubungan antara kedua proses tersebut pada iles-iles. Model persamaan yang digunakan untuk menentukan laju pengeringan menurut Julianti (2003) adalah sebagai berikut :

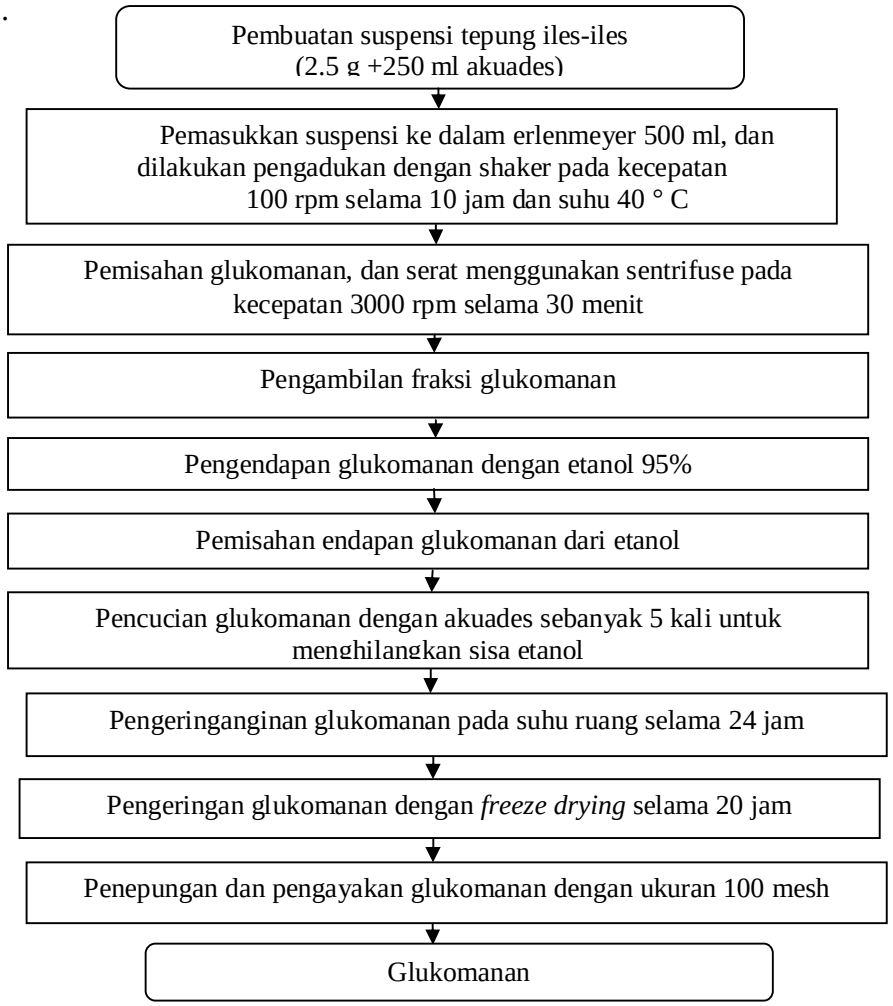
$$\ln \frac{M-Me}{Mo-Me} = \ln A - kt \quad \text{.....} \quad (7)$$

dengan : M = kadar air pada pengamatan waktu tertentu (%bk), M_e = kadar air kesetimbangan diasumsikan kadar air pada pengamatan terakhir, M_o = kadar air awal bahan (%bk). Waktu pengeringan (jam) sebagai sumbu X dan $\ln \frac{M-Me}{Mo-Me} = \frac{dy}{dt}$ sebagai sumbu Y. A= koefisien yang tergantung pada bentuk partikel atau jenis bahan (m^2).

Ekstraksi Glukomanan (Menurut Chua 2012 yang dimodifikasi)

Tahapan ekstraksi glukomanan yang dilakukan dimulai dari pembuatan suspensi tepung iles-iles dengan pencampuran 2.5 g tepung ukuran 40 *mesh* dan 250 ml akuades ke dalam erlenmyer 500 ml. Ekstraksi glukomanan dilakukan pada suhu ruang dan pengadukan dengan *shaker* pada kecepatan 100 rpm pada suhu 40 ℃ atau suhu ruang. Pengadukan dilakukan selama 10 jam kemudian dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit untuk memisahkan komponen glukomanan dari pati dan serat. Setelah dilakukan setrifugasi akan diperoleh 3 fase bagian atas serat, tengah glukomanan dan bagian bawah pati. Glukomanan dikeluarkan dari tabung sentrifuse dengan bantuan alat sudip. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 8.

.



Gambar 8 Tahapan ekstraksi glukomanan.

Larutan glukomanan yang sudah dipisahkan diendapkan menggunakan etanol 95% dan dicuci dengan aquades sebanyak 5 kali untuk menghilangkan sisa-

sisa alkohol yang masih melekat atau bercampur dengan glukomanan. Endapan glukomanan kemudian dikeringanginkan pada suhu ruang selama 24 jam. Proses terakhir dari ekstraksi adalah pengeringan glukomanan dengan *freeze drying* dan penepungan ukuran 100 *mesh*.

Karakterisasi glukomanan dilakukan untuk mengetahui tentang kadar air, kapasitas menyerap air, densitas kamba, sifat pengembangan, kekuatan gel, dan viskositas. Tepung iles-iles yang digunakan adalah dari perlakuan dengan dan tanpa perendaman dari pengeringan oven. Model rancangan percobaan penelitian perendaman natrium metabisulfit terhadap kualitas glukomanan adalah rancangan acak lengkap satu faktor. Model umum rancangan acak lengkap satu faktor adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{.....(8)}$$

Keterangan:
Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke- j
μ = Rataanumum
τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i
= μ_i-μ
ε_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Parameter glukomanan yang diamati meliputi kadar air (AOAC 2005), kapasitas menyerap air (Sathe dan Salunkhe 1981), densitas kamba (Buckman *et al.*1960), sifat pengembangan, kekuatan gel, dan viskositas (Perry dan Chilton 1980) sebagaimana tersaji pada Lampiran 6

Penetapan Biaya Produksi dan Nilai Tambah Glukomanan

Penetapan Biaya Produksi Glukomanan

Biaya produksi dihitung dengan pendekatan tiga analisis, yaitu analisis biaya produksi *chips* kering iles-iles dari umbi basah, analisis biaya produksi tepung iles-iles dari *chips* kering, dan analisis biaya produksi tepung glukomanan dari tepung iles-iles.

Penetapan Nilai Tambah Glukomanan

Untuk menghasilkan nilai tambah penjualan bagi iles-iles yang dijual pada jenis produk tertentu (umbi basah, *chips* kering, tepung iles-iles, dan tepung glukomanan) dapat dihitung menggunakan pendekatan metode Hayami (1987). Penghitungan nilai tambah didasarkan pada neraca massa ekstraksi glukomanan dari tepung iles-iles ukuran partikel < 40 dan 40-60 *mesh*.

Tabel 2 Contoh penghitungan nilai tambah dengan metode Hayami (1987)

No	Variabel	Nilai
I	Ouput, Input, danHarga	
1	Output (kg/hari)	1
2	Bahan baku (kg/hari)	2
3	Tenaga kerja (HOK)	3
4	Faktor konversi	4=(1)/(2)
5	Koefisien tenaga kerja	5=(3)/(2)
6	Harga output (Rp/kg)	6
7	Upah rata-rata tenaga kerja (Rp)	7
II	Penerimaan dan Keuntungan	
8	Harga bahan baku (Rp/kg)	8
9	Sumbangan input lain (RP/kg)	9
10	Nilai Output (Rp/kg)	10=(4)*(6)
11	a. Nilai tambah (Rp/kg)	11a=(10)-(8)-(9)
	b. Nisbah nilai tambah	11b=(11a)/(10)x100%
12	a. Imbalan tenaga kerja (Rp)	12a=(5)*(7)
	b. Bagian tenaga kerja	12b=(12)/(11a)x100%
13	a. Keuntungan (Rp)	13a=(11a)-(12a)
	b. Tingkat keuntungan	13b=(13a)/(10)x100%

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penanganan Pascapanen Umbi Iles-Iles

Identifikasi Wilayah untuk Budidaya Iles-Iles

Desa Klangon memiliki Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) "Pandan Asri", yang terletak di wilayah Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Saradan, secara geografis terletak pada $4^{o}45'$-$5^{o}1'$ Bujur Timur dan $7^{o}22'$-$7^{o}42'$ Lintang Selatan. Desa Klangon mempunyai ketinggian tempat ±500 m dpl., struktur tanahnya liat berpasir, gembur, dan subur karena banyak mengandung unsur hara. Jenis-jenis pohon naungan yang berfungsi sebagai tanaman naungan iles-iles di Klangon adalah jati, sonokeling, dan mahoni. Luas wilayah Desa Klangon adalah 1658 ha, terdiri atas empat dusun yaitu Klangon, Sempol, Bandungan, dan Pohulung. Luas wilayah LMDH adalah 13867 ha. Desa Klangon sebagai bagian dalam wilayah KPH Saradan mempunyai batas-batas sebagai berikut: di sebelah utara KPH Padangan, Kabupaten Bojonegoro, sebelah timur KPH Nganjuk, sebelah selatan KPH Madiun dan sebelah barat KPH Ngawi. Desa Klangon mempunyai data mengenai jumlah jiwa, kepala keluarga, kepala keluarga yang menanam iles-iles, luas wilayah, luas pertanaman, dan rata-rata luas garapan di tiga dusun yang diamati disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Demografi Tiga Dusun di Desa Klangon, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun

Parameter	Dusun		
	Klangon	Sempol	Bandungan
Jumlah jiwa (orang)	609	1 092	887
Jumlah kepala keluarga (orang)	205	356	280
Jumlah KK yang menanam iles-iles (orang)	205	356	280
Luas wilayah (ha)	282	540	559
Luas pertanaman (ha)	180	270	300
Rata-rata luas garapan setiap petani (ha)	0.50	0.50	0.50

Tabel 3 menunjukkan bahwa semua kepala keluarga di Dusun Klangon, Sempol dan Bandungan (100%) bertanam iles-iles sebagai tanaman sela/penunjang selain tanaman palawija seperti jagung, kedelai dan ketela pohon. Hal ini karena menanam iles-iles di dusun tersebut mempunyai prospek yang baik dan mengolah umbi menjadi *chips* merupakan pekerjaan sampingan untuk meningkatkan pendapatan ekonomi keluarga. Petani iles-iles di Klangon berperan sebagai pengolah primer yaitu melakukan perajangan dan pengeringan sendiri irisan umbi menjadi *chips*. Setiap dusun di Desa Klangon terdapat satu orang pengepul yang membeli umbi dan *chips* dari petani yang kemudian dijual ke industri pengolah iles-iles di kota Surabaya.

Luas pertanaman iles-iles di Dusun Klangon sebesar 180 ha atau 11% dari luas desa, Sempol 270 ha atau 16% dari luas desa, dan Bandungan 300 ha atau

18% dari luas desa. Dari ketiga dusun tersebut jumlah persentase petani yang paling banyak bertanam iles-iles adalah yang berada di Dusun Bandungan, diikuti Sempol dan Klangon. Hal ini karena jumlah petani di Dusun Bandungan lebih banyak dibanding Sempol dan Klangon. Rata-rata luas garapan yang dimiliki oleh petani di tiga dusun tersebut relatif sama yaitu 0.50 ha setiap petani.

Tahapan Pengolahan Umbi Iles-Iles

Pemanenan

Informasi pemanenan umbi di tingkat petani diperlihatkan pada Tabel 4. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa budidaya iles-iles di Desa Klangon dilakukan pada umur panen yang berbeda.

Tabel 4 Informasi tentang pemanenan umbi iles-iles di Desa Klangon

Parameter	Dusun		
	Klangon	Sempol	Bandungan
Umur Panen Umbi (Tahun)			
Bibit dari bulbil (200-300 g)	4	3	3
Bibit dari umbi kecil (0.5-1 kg)	1	2	2
Jumlah petani yang memanen umbi pada bulan (orang)			
Mei	19	23	19
Juni	22	19	19
Juli	22	20	19
Agustus	20	20	20
Produksi umbi segar rata-rata (ton/ha)bibit dari bulbil ukuran ± 300 g			
Umur 2 tahun	2.44	1.52	1.34
Umur 3 tahun	4.83	3.24	2.54
Umur 4 tahun	6.23	4.42	3.74

Perbanyakan tanaman iles-iles dapat dilakukan dengan menggunakan bibit dari bulbil (percabangan anak tulang daun) dan umbi yang ukuran kecil (Gambar 9). Tabel 4 memperlihatkan bahwa umur panen umbi dari bibit asal bulbil lebih lama dibandingkan dengan bibit dari umbi kecil. Produksi umbi sangat dipengaruhi oleh umur tanaman atau waktu panen. Makin tua umbi dipanen dihasilkan umbi dengan ukuran lebih besar. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Soemarwoto (2004), yaitu ukuran bibit asal dari bulbil dan umbi kecil berpengaruh nyata terhadap bobot dan ukuran umbi iles-iles per tanaman. Selain ukuran umbi, waktu panen juga menentukan rendemen *chips* kering yang dihasilkan, dan kandungan glukomanan tepung iles-iles.

a b

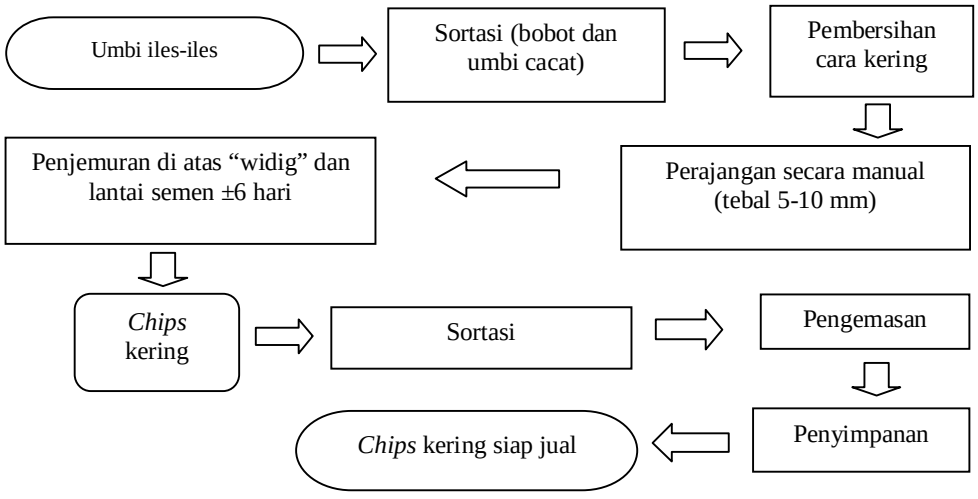
Gambar 9 Bibit iles-iles: a) umbi kecil, b) bulbil

Ohtsuki (1968) menyatakan bahwa kandungan glukomanan dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain varietas dan umur tanaman, tenggang waktu antara pemetikan dan waktu pengolahan. Sumarwoto (2005) melaporkan kadar glukomanan umbi iles-iles untuk satu musim tanam sebesar 35-39%, dua kali musim tanam 46-48%, dan tiga kali musim tanam sebesar 47-55%. Tabel 4 menunjukkan bahwa petani di Dusun Sempol memanen iles-iles pada bulan Mei, kemudian bulan Juni dan Juli di Dusun Klangon, dan bulan Agustus di Dusun Sempol. Hasil panen umbi iles-iles di sentra produksi diperlihatkan pada Gambar 10. Hasil panen tertinggi pada musim kemarau yaitu bulan Juni dan Juli, bahkan sampai Agustus merupakan puncak musim kemarau di daerah Madiun dan sekitarnya. Tanaman iles-iles yang dipanen pada musim kemarau dapat menghasilkan rendemen *chips* kering umbi iles-iles paling tinggi ±18%. Penanganan pascapanen umbi iles-iles secara baik dan benar sangat dianjurkan agar umbi tersebut dapat segera dikeringkan.

Gambar 10 Umbi iles-iles hasil panen di sentra produksi petani Desa Klangon

Pengolahan Umbi Iles-Iles Menjadi *Chips* Kering.

Informasi mengenai cara pengolahan umbi iles-iles di Desa Klangon disajikan pada Gambar 11 dan Tabel 5. Pengolahan umbi iles-iles oleh petani menggunakan peralatan yang sederhana dan mengandalkan cuaca untuk penjemuran *chips*.



Gambar 11 Tahapan proses pengolahan secara tradisional umbi iles–iles menjadi *chips* kering siap jual di Desa Klangon, Kabupaten Madiun

Penanganan pascapanen umbi iles-iles diawali dengan tahap sortasi umbi, berdasarkan ukuran dan ada tidaknya umbi cacat/busuk. Pembersihan umbi dilakukan dengan cara kering yaitu mengerik bagian permukaan kulit umbi dengan pisau bambu, sehingga permukaan umbi menjadi bersih. Hal ini lazim dilakukan pada musim kemarau, karena sangat sulit untuk mendapatkan air. Pengirisan dilakukan secara manual dengan perajang atau pengiris umbi dari kayu dan pisau yang dipasang horizontal. Berbeda dengan petani Desa Klangon setempat, pengepul *chips* kering merajang umbi iles-iles dengan mesin perajang (dilengkapi motor) dengan kapasitas perajangan ±3 ton umbi/jam. Pengeringan alami atau penjemuran dilakukan di atas widig, yaitu anyaman bambu khusus untuk penjemuran umbi iles-iles dengan ukuran luas 60x120 cm^2, dapat menampung ±7 kg irisan umbi segar setiap widig. Penjemuran dapat berlangsung hingga 2-3 hari. Kemudian penjemuran diteruskan di atas lantai semen selama 2-3 hari untuk mendapatkan *chips* kering. Penjemuran dihentikan jika *chips* kering yang mudah dipatahkan dengan jari dan permukaaan *chips* hasil patahan berwarna putih merata. Sortasi *chips* kering dimaksudkan untuk memisahkan kotoran atau *chips* kering yang ditumbuhi kapang. Pada *chips* kering bisa terdapat bercak-bercak hitam karena adanya spora kapang.

Petani di Desa Klangon pada umumnya melakukan pengirisan (perajangan) umbi iles-iles masih secara manual (Gambar 12a). Pengirisan menggunakan mesin dilakukan hanya pada tingkat pengepul yang jumlahnya satu buah di Dusun Klangon (Gambar 12b). Pengirisan umbi iles-iles secara manual ini menghasilkan *chips* yang tebalnya tidak sama yaitu antara 5-10 mm dan kurang efisien.

a b

Gambar 12 Pengirisan umbi iles-iles. a) secara manual ; b) menggunakan mesin

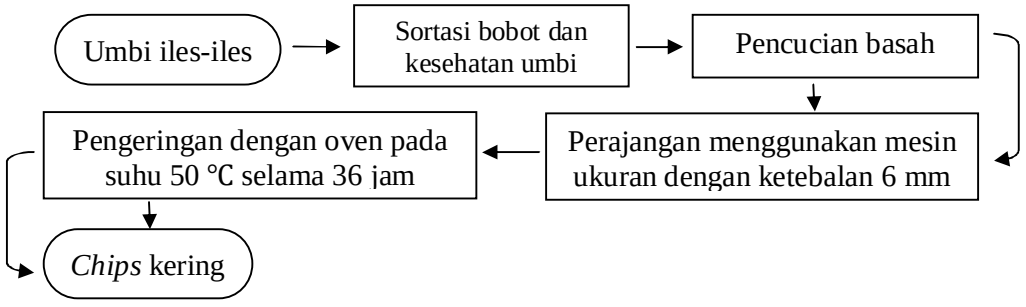
Wang dan Xi (2005) melaporkan bahwa jika tebal irisan wortel meningkat maka waktu pengeringan juga lebih lama, karena penguapan air lebih lambat. Pada kadar air yang sama laju dehidrasi akan lebih tinggi pada sampel yang lebih tipis. Intensitas cahaya matahari saat pengeringan berpengaruh terhadap waktu pengeringan. Pada musim kemarau intensitas cahaya lebih tinggi, sehingga waktu penjemuran lebih singkat.

Tabel 5 menunjukkan bahwa *chips* kering iles-iles hasil dari masing-masing dusun yang menggunakan alat perajang manual memiliki tebal 4-5 mm, sedangkan *chips* kering umbi iles-iles hasil industri memiliki tebal 2-3 mm.

Tabel 5 Kondisi pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips* kering di Desa Klangon dan Industri Pengolahan

Aktivitas dari parameter mutu	Dusun			Industri Pengolahan
	Klangon	Sempol	Bandungan	
Sortasi umbi yang terbebas penyakit	Ya	Ya	Ya	Ya
Pencucian umbi	Kering	Kering	kering	Basah
Pengirisan	Manual	Manual	manual	Mesin
Ketebalan irisan umbi iles-iles segar (mm) [a]	5-7	7-10	8-11	5
Waktu penjemuran (hari)	8-10	8-11	9-11	*Conveyor* jalan (2 jam suhu 130°C)
Ketebalan *chips* kering (mm)[a]	4.74	4.83	4,92	2-3
Kadar air *chips* kering rata-rata (%)[a]	14	16	16	10-12
Rendemen *chips* kering (%)	17-18	17-18	17-18	18

Pengolahan umbi iles-iles yang dilakukan di laboratorium berbeda dengan pengolahan umbi iles-iles secara tradisional. Perbedaan tersebut terletak pada proses pencucian, perajangan dan pengeringan. Pencucian umbi yang dilakukan di laboratorium dan industri iles-iles menggunakan pencucian basah, yaitu menggunakan air dan mesin pencuci. Perajangan umbi di laboratorium dilakukan dengan mesin perajang umbi yang menghasilkan ketebalan yang seragam yaitu 6 mm. Pengeringan irisan umbi segar di laboratorium menggunakan oven pada suhu 50℃ selama 36 jam. Alur pengolahan umbi iles-iles menjadi *chips* di laboratorium disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13 Tahapan proses penanganan pascapanen iles-iles yang dilakukan di laboratorium

Umbi iles-iles dapat dikeringkan dengan penjemuran matahari atau menggunakan pengering buatan (oven). Penjemuran matahari terjadi pemanasan pada suhu lebih rendah, sekitar 35-48℃ dibandingkan dengan pengeringan buatan yang bekerja pada suhu ±50℃. Meisami *et al.* (2010) melaporkan bahwa waktu pengeringan meningkat pada kecepatan pengeringan konstan untuk tebal tumpukan apel yang bertambah.

Pengemasan dan Penyimpanan *Chips*

Pengemasan dan penyimpanan sementara *chips* kering iles–iles di Klangon diperlihatkan pada Tabel 6, dan menunjukkan bahwa petani iles-iles di Klangon hampir umumnya tidak melakukan sortasi *chips* kering iles-iles berdasarkan bentuk dan ukuran. Petani memisahkan *chips* kering iles-iles berwarna hitam atau berjamur. Kendala penjemuran yang sering dihadapi oleh petani di Klangon relatif sama adalah cuaca tidak menentu, sehingga memacu tumbuhnya jamur atau kapang.

Bahan pengemas *chips* kering iles-iles berupa karung plastik polipropilen (PP). Alasan digunakannya karung plastik polipropilen adalah mudah didapat, harga relatif murah, kedap udara, dan kedap air. Gudang penyimpanan sementara *chips* iles-iles merupakan bangunan permanen dengan dinding dari batu bata dan dilengkapi atap genteng. Jacobsson *et al.* (2004) melaporkan bahwa polipropilen paling baik digunakan untuk mengatur stabilitas CO_2 dan O_2 selama penyimpanan brokoli segar dengan sistem *modified atmosphere packaging* (*MAP*) dibandingkan dengan *polyvinyl chloride* (*PVC*) dan *low-density polyethylene* (*LDPE*).

Waktu penyimpanan sementara *chips* kering iles-iles dalam kemasan berkisar 7-14 hari. Hal itu berkaitan dengan tenggang waktu pengumpulan *chips* kering dari petani agar untuk sekali pengangkutan berjumlah ± 8 ton/truk. Gambar 14 menunjukkan *chips* iles-iles yang telah dikemas menggunakan karung plastik.

Tabel 6 Kondisi pengemasan dan penyimpanan sementara *chips* kering iles-iles di Desa Klangon

Aktivitas dan kondisi parameter	Dusun		
	Klangon	Sempol	Bandungan
Sortasi *chips* kering berdasarkan bobot	Tidak	Tidak	Tidak
Waktu penyimpanan *chips* kering iles-iles dalam gudang (hari)	7-14	7-14	7-14
Bahan pengemas	karung plastik polipropilen	karung plastik polipropilen	karung plastik polipropilen
Bobot rata-rata setiap kemasan (kg)	40-50	40-50	40-50
Jumlah gudang (buah)	1	1	1

Gambar 14 *Chips* iles-iles yang telah dikemas menggunakan karung plastik

Pemasaran Umbi Iles-Iles Basah dan *Chips* Kering

Banyaknya umbi basah dan *chips* kering yang dijual ke pengepul tidak sama untuk setiap petani. Hal ini bergantung pada hasil panen dan juga hasil olahan para petani. Harga umbi basah dan *chips* kering ditentukan berdasarkan kesepakatan antara petani dan pengepul berdasarkan mutu produk. Pembayaran dilakukan secara tunai oleh pengepul. Komponen pemasaran umbi iles-iles basah dan *chips* kering di Desa Klangon disajikan pada Tabel 7 yang menunjukkan bahwa harga umbi segar di tiga dusun bervariasi antara Rp 3000 – Rp 4000/kg umbi. Perbedaan harga umbi segar iles-iles karena perbedaan mutu umbi (ukuran dan ada tidaknya umbi cacat). Perbedaan mutu umbi menyebabkan perbedaan harga chips, dimana harga *chips* di tingkat pengepul (Rp 25000-Rp 30000/kg) dibandingkan di tingkat petani (Rp 21000 – Rp 22500/kg). Hal ini dapat disebabkan oleh proses pengolahan yang berbeda, pengolahan di tingkat pengepul menggunakan peralatan mesin yang dapat menghasilkan ketebalan irisan yang lebih seragam dibandingkan pengolahan yang dilakukan oleh petani, sehingga produk *chips* dari pengepul mempunyai mutu yang lebih baik.

Tabel 7 Komponen pemasaran umbi basah dan *chips* kering iles-iles di Desa Klangon, Madiun

Parameter harga	Dusun		
	Klangon	Sempol	Bandungan
Harga umbi (Rp/kg)			
• Di tingkat petani	4000	3000	3000
• Di tingkat pengepul	4500	3500	3500
Harga *chips* (Rp/kg)			
• Di tingkat petani	22500	22000	21000
• Di tingkat pengepul	25000-30000	25000-30000	25000-30000
Biaya proses dari umbi menjadi *chips* (Rp/kg)	200-250	150-200	130-200

Nilai tambah pengolahan umbi segar iles-iles menjadi *chips* kering iles-iles adalah Rp 130000/100 kg, atau Rp 1300/kg umbi segar iles-iles. Perhitungan tersebut dengan asumsi harga jual umbi segar Rp 3000/kg, harga jual *chips* kering

iles-iles Rp 25000/kg, biaya pembuatan *chips* kering Rp 200/kg umbi segar, dan rendemen 18%.

Berdasarkan asumsi pertambahan permintaan Jawa Timur sebanyak 10% per tahun dari 3400 ton pada tahun 2009, maka kebutuhan *chips* iles-iles Jawa Timur tahun 2013 sebesar 4760 ton. Sesuai jumlah kebutuhan tersebut, masyarakat Desa Klangon dapat menyumbang *chips* iles-iles sebesar 756 ton atau 15.88% untuk Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan harga jual *chips* pada tahun 2013 sebesar Rp 25000/kg, maka nilai penjualan yang dihasilkan oleh masyarakat petani iles-iles di Desa Klangon pada tahun 2013 sebesar Rp 18900000000,- atau 18.9 miliar rupiah. Dari jumlah tersebut, umbi yang dihasilkan oleh masyarakat Klangon yang dijual ke pengepul sebanyak 200 ton. Sisanya sebanyak 4 000 ton atau 95.2 % diolah sendiri menjadi *chips* dan menghasilkan 600 ton, kemudian *chips* tersebut dijual ke tingkat pengepul setempat.

Karakteristik Mutu *Chips* Kering

Secara umum, komponen penentu mutu tepung iles-iles dari sampel umbi dan *chips* kering tidak berbeda nyata. Hasil pengamatan komponen mutu menunjukkan bahwa mutu sampel *chips* kering hasil pengolahan skala laboratorium lebih baik dibandingkan sampel *chips* kering dari petani dan dicocokkan persyaratan mutu dalam SNI No. 01-1680-1989 tentang Iles-iles (Tabel 8). Komponen mutu *chips* kering yang diamati meliputi benda asing, *chips* cacat, kadar air, kalsium oksalat, glukomanan, dan derajat putih.

Tabel 8 Komponen parameter mutu tepung iles-iles

Komponen	Sampel *chips* dari petani	Sampel *chips* hasil pengolahan di Laboratorium	Mutu Iles-iles SNI 01-1680-1989	
			Mutu I	Mutu II
Air (%)	11.89 ± 0.46	11.85 ± 0.46	12	12
Glukomanan (%)	35.77 ± 0.18	36.07 ± 0.05	min. 35	min.15
Benda asing (%)	Tidak ada	Tidak ada	maks. 2	maks. 2
Chips cacat (%)	Tidak ada	Tidak ada	tidak ada	tidak ada
Kalsium oksalat (%)	0.84 ± 0.05	0.81± 0.05	-	-
Derajat putih (%)	23.36 ± 0.20	36.12 ± 0.09	-	-
Abu (%)	4.46 ± 0.63	4.45 ± 0.80	-	-
Serat kasar (%)	9.13 ± 0.10	9.06 ± 0.52	-	-
Lemak (%)	0.52 ± 0.00	0.54 ± 0.09	-	-
Protein (%)	6.09 ± 0.20	6.22 ± 0.04	-	-
Pati (%)	31.13 ± 1.86	31.36 ± 4.3	-	-

Batas kadar air *chips* kering iles-iles maksimum yang disyaratkan Industri adalah 10-12% dan SNI 01-1680-1989 tentang iles-iles adalah 12%. Sementara itu dari hasil wawancara petani kadar air *chips* kering iles-iles yang mereka hasilkan sebesar 11.89%, sehingga *chips* iles-iles tersebut telah memiliki mutu yang baik

berdasarkan SNI. Kalsium oksalat digunakan sebagai salah satu parameter penentu mutu tepung iles-iles, karena kalsium oksalat dapat membahayakan kesehatan manusia yaitu pemicu iritasi kulit dan penyakit batu ginjal pada asupan tinggi (Libert dan Francschi, 1987; Thanasekaran *et al*. 2012; East *et al.* 2013). Kadar kalsium oksalat *chips* kering iles-iles hasil petani dan laboratorium relatif sama (Tabel 7). Kalsium oksalat banyak dijumpai pada bagian umbi, batang, daun, bunga, dan biji (Novita dan Indriyani 2013). Kalsium oksalat umbi iles-iles berbentuk kristal jarum, dan bintang. Banyaknya kristal kalsium oksalat pada tanaman iles-iles dipengaruhi oleh umur, fase pertumbuhan, musim, unsur hara, dan lahan tempat budidaya. Indriyani *et al.* (2011) melaporkan bahwa terdapat hubungan langsung antara iklim dan unsur hara terhadap kandungan kalsium oksalat pada porang atau iles-iles. Di lain pihak terdapat hubungan secara tidak langsung antara diameter dan jumlah serta kerapatan kalsium oksalat pada umbi.

Komponen lain yang digunakan dalam penentuan mutu *chips* iles-iles renzimatis karena adanya enzim polifenolase dan ada atau tidaknya pertumbuhan kapang pada permukaan *chips.*

Komponen penentu mutu lain adalah kadar abu, serat kasar, lemak, protein dan pati. Komponen-komponen tersebut bukan sebagai parameter mutu *chips* kering iles-iles, namun sebagai informasi tambahan yang dapat digunakan sebagai data pendukung pada pemanfaatan *chips* kering iles-iles. Serat kasar, kadar lemak, dan protein merupakan makromolekul yang berhubungan langsung dengan kandungan serat makan, sifat hidrofobik dan bentuk polimer asam amino *chips* kering iles-iles (Pomeranz 1991; Hii dan Law 2010). Pati pada *chips* kering iles-iles terdiri atas amilosa dan amilopektin yang menentukan sifat gelatinisasi pati. (Hii dan Law 2010). Informasi mengenai kandungan senyawa *chips* kering iles-iles yang diambil dari sampel dari Desa Klangon baik dalam bentuk *chips* kering maupun umbi serta persyaratan mutu (SNI iles-iles nomor 01-1680-1989) disajikan pada Tabel 7.

Secara umum, komponen penyusun umbi iles-iles sebagai indikator mutu menunjukkan bahwa umbi iles-iles dengan pengolahan pascapanen di laboratorium mempunyai mutu lebih baik dibandingkan *chips* kering iles-iles produksi petani Klangon (Tabel 7). Davies *et al.* (2008) dan Udoh (2009) menyatakan bahwa penggunaan mesin, fasilitas penyimpanan dan peralatan pascapanen yang terdiri atas alat pengering, penggiling, pengupas kulit yang berbeda berpengaruh terhadap produktivitas produk pertanian. Penggunaan teknologi dan manajemen yang baik termasuk rantai pasok bahan baku umbi pada proses pascapanen dapat meningkatkan produktivitas produk pertanian dibandingkan penggunaan alat rumah tangga yang bersifat konvensional (Davies *et al.* 2008; Udoh 2009).

Salah satu komponen penting *chips* iles-iles adalah glukomanan. Sumarwoto 2005), menyatakan bahwa kadar glukomanan umbi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis varietas, umur tanaman, rentang waktu antara pengolahan umbi dan saat panen, bagian tanaman yang diolah dan alat untuk pengolahan *chips* kering. Glukomanan tanaman *konjac* (*A. konjac*) dan iles-iles (*A. muelleri*) mempunyai karakteristik berbeda karena perbedaan viskositas dan rasio monosakarida penyusunnya yaitu manosa dan glukosa (An *et al.* 2010; Bo *et al.* 2013; Chua *et al.* 2012; Zhang *et al.* 2010). Mereka menyatakan bahwa rasio manosa dan glukosa pada *A. muelleri* sebesar 7.7:1 dan pada *A. konjac* 1.6:1.

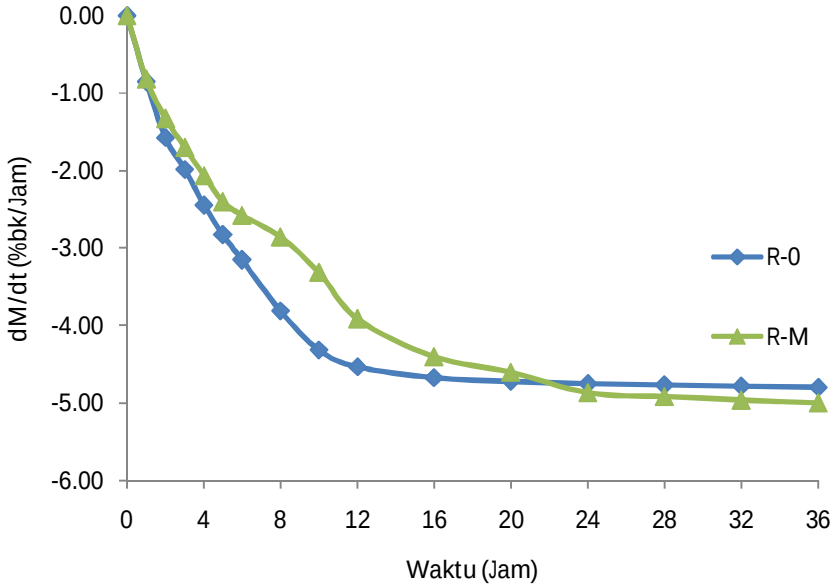
Viskositas glukomanan *A. muelleri* lebih tinggi, yaitu 47500 mPa.s, dibandingkan *A. konjac*, yaitu 32200 mPa.s. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar glukomanan *A. muelleri* mempunyai kadar lebih tinggi (72 ± 3.4%) dibandingkan *A. konjac* (62 ± 3.3 %) (Zhang *et al*. 2010).

Proses Pengolahan Pascapanen Umbi Iles-Iles Melalui Perbaikan Pengeringan

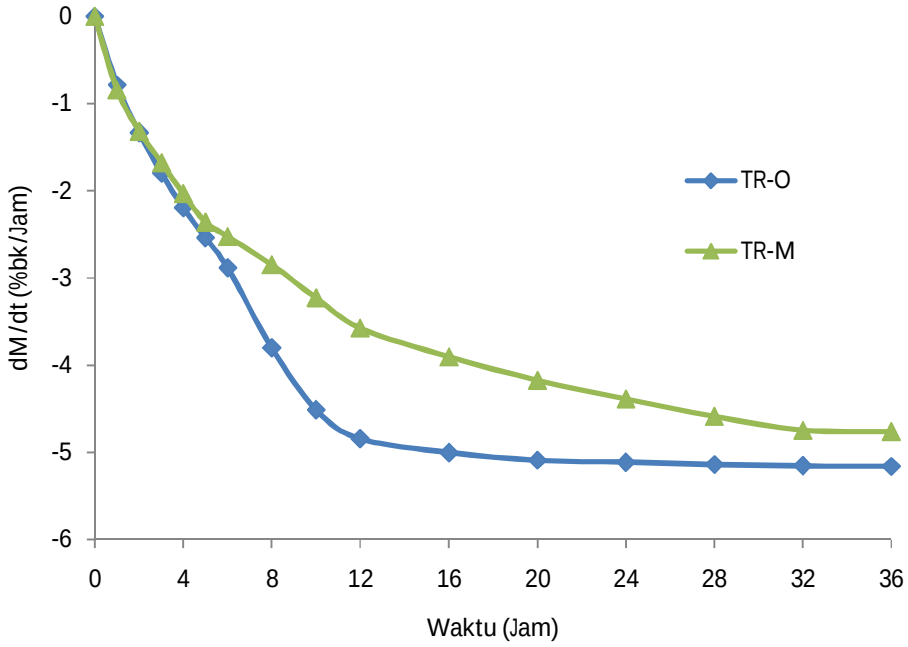
Desain proses pengolahan pascapanen umbi iles-iles melalui perbaikan pengeringan dilakukan dengan empat perlakuan, yang terdiri dari perlakuan perendaman natrium metabisulfit 1500 ppm selama 10 menit (mengacu penelitian Kurniawan dkk, 1991) dengan pengeringan matahari (R-M), perlakuan perendaman dengan pengeringan oven (R-O), perlakuan tanpa perendaman dengan pengeringan matahari (TR-M), serta perlakuan tanpa perendaman dengan pengeringan oven (TR-O).

Laju pengeringan

Desain proses pengolahan pascapanen umbi iles-iles melalui perbaikan pengeringan memberikan nilai laju penurunan kadar air (dm/dt) yang berbeda antara perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dan pengeringan dengan oven dan matahari (Gambar 15 dan 16). Berdasarkan analisa statistik (Lampiran 3) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan berpengaruh terhadap kadar air, abu, karbohidrat, Ca-oksalat, derajat putih, dan residu SO_2. Di lain pihak tidak berpengaruh pada glukomanan, TPC, pati, lemak, dan serat. Hal ini karena perendaman natrium metabisulfit berguna sebagai bahan untuk pemutih. Kadar karbohidrat, Ca-oksalat dan residu SO_2 dipengaruhi oleh umur dan varietas tanaman, bobot umbi, serta waktu panen. Pengeringan dengan oven baik perendaman dan tanpa perendaman memberikan hasil laju penurunan kadar air yang lebih tinggi dari pada pengeringan matahari. Hal ini disebabkan bahwa pada pengeringan oven memberikan panas yang stabil dan tidak terpengaruh udara sekelilingnya. Perlakuan perendaman juga berpengaruh terhadap kadar air, hal ini disebabkan adanya senyawa natrium metabisulfit yang dapat menutup pori-pori permukaan bahan sehingga menghambat terjadinya penguapan atau pengeringan.



Gambar 15 Hubungan antara laju dan waktu pengeringan umbi iles-iles dengan perendaman natrium metabisulfit pengeringan oven (R-O) dan matahari (R-M)



Gambar 16 Hubungan antara laju dan waktu pengeringan umbi iles-iles tanpa perendaman natrium metabisulfit pengeringan oven (TR-O) dan matahari (R-M)

Karakteristik Kimia *Chips* Iles-Iles dengan perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dengan pengeringan oven dan matahari

Hasil analisis mutu chips kering iles-iles pada perlakuan perendaman dan tanpa perendaman natrium metabisulfit dengan pengeringan oven dan pengeringan matahari disajikan pada Tabel 9. Perlakuan perendaman dan cara pengeringan berpengaruh nyata terhadap derajat putih *chips* kering iles-iles. Perlakuan perendaman menghasilkan *chips* kering dengan derajat putih yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanpa perendaman. Hasil analisis ragam (Anova) disajikan pada Lampiran 3. Hal ini dapat disebabkan karena natrium metabisulfit dapat berfungsi sebagai senyawa penghambat reaksi pencoklatan secara enzimatis maupun nonenzimatis.

Tabel 9 Hasil analisis mutu *chips* kering iles-iles pada perlakuan perendaman dan tanpa perendaman natrium metabisulfit dengan pengeringan oven dan penjemuran matahari

Perlakuan	Komponen						
	Derajat putih (%)	Residu SO_2 (ppm)	Air (%)	Abu (%)	Pati (%)	TPC (log cfu/g)	Glukomanan (%)
R-O	34.29[a]	0.62[a]	9.63[a]	3.83[c]	23.66[a]	4.45[a]	38.16[a]
R-M	31.85[b]	0.32[b]	10.69[b]	6.08[a]	30.16[a]	4.08[a]	18.81[a]
TR-O	30.44[c]	0.16[c]	9.36[c]	5.09[b]	15.00[a]	4.43[a]	35.25[a]
TR-M	25.53[d]	0.13[c]	10.36[d]	6.27[a]	24.96[a]	4.31[a]	23.57[a]

Keterangan: Angka dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa hasil uji Duncan tidak berbeda secara signifikan.

Chaethong (2012) menyatakan bahwa natrium metabisulfit dapat berfungsi sebagai senyawa antimikroorganisme, antioksidan, serta menghambat terjadinya reaksi pencokatan atau *Maillard* selama penyimpanan pada tepung dan cabai kering, buah-buahan, dan sayuran. Latapi dan Barrett (2006) menyatakan bahwa penggunaan natrium metabisulfit dapat menghambat perubahan warna karena dapat mengurangi laju pemecahan likopen selama penjemuran dan penyimpanan buah tomat dengan cara pemblokiran kelompok karbonil yang reaktif (reaksi *Maillard* dan pencoklatan nonenzimatis) atau menghambat reaksi oksidasi fenol oleh enzim fenol oksidase. Sgroppo *et al*. (2010) menyatakan bahwa penggunaan natrium metabisulfit dapat mempertahankan keawetan dan penyimpanan ubi jalar selama 14 hari pada suhu 5 °C. Lavoie *et al*. (1994) menyatakan bahwa natrium metabisulfit merupakan senyawa antiperoksidan karena dapat menghambat terjadinya oksidasi yang menyebabkan hilangnya aktifitas obat-obatan tersebut. Liang *et al*. (2012) menyatakan bahwa natrium metabisulfit dapat mengurangi reaksi pencoklatan dan kerusakan kulit buah lengkeng. Zhu *et al.* (2009) menyatakan bahwa warna pada berbagai tepung (gandum, jagung dan kedelai) merupakan komponen yang penting yang berkaitan dengan faktor kesegaran, kematangan, kesukaan dan keamanan produk.

Warna yang putih atau jernih pada *chips* kering iles-iles dapat meningkatkan mutu *chips* iles-iles tersebut. Metode pengeringan oven dapat menghasilkan *chips* kering iles-iles dengan derajat putih yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan

pengeringan matahari. Hal ini disebabkan karena pengeringan oven suhunya konstant dapat melindungi *chips* iles-iles yang akan dikeringkan dari faktor lingkungan sekitarnya sehingga terhindar dari kontaminasi udara.

Perlakuan cara pengeringan berpengaruh nyata terhadap kadar air *chips* kering iles-iles. Pengeringan oven menghasilkan *chips* kering iles-iles dengan kadar air yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pengeringan matahari pada pengamatan yang sama. Hal ini disebabkan karena pengeringan menggunakan oven menghasilkan suhu pengeringan yang relatif konstan dan kontinyu dari awal sampai akhir proses pengeringan jika dibandingkan dengan pengeringan matahari. Kadar air yang dihasilkan sudah berada pada standar mutu iles-iles menurut SNI 01-1680-1989 tentang iles-iles yaitu 12%. Kadar air menjadi syarat mutlak bagi pertumbuhan kapang yang menyebabkan penurunan mutu *chips* kering iles-iles. Kadar air yang aman untuk pertumbuhan kapang atau mikrooganisme adalah dibawah 14% (Fardiaz 1989).

Perlakuan perendaman berpengaruh terhadap residu SO_2, sedangkan cara pengeringan tidak berpengaruh terhadap residu SO_2 (Tabel 9). Perlakuan perendaman menghasilkan residu SO_2 lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanpa perlakuan perendaman. Hal ini disebapkan karena natrium metabisulfit yang digunakan dalam perendaman akan melepaskan ikatan sulfur dan beraksi dengan air dan menghasilkan SO_2. Di lain Pihak yang tidak mengalami perlakuan perendaman masih terdapat adanya SO_2, hal ini karena unsur S yang terdapat dalam bahan dan gugus-gugus S-H pada ikatan protein melepaskan diri dan membentuk senyawa SO_2.

Perlakuan perendaman dan cara pengeringan menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata terhadap nilai kadar pati, *total plate count* (TPC), dan kadar glukomanan yang dihasilkan (Tabel 9). Hal ini menunjukkan perlakuan perendaman dan cara pengeringan tidak menyebabkan peningkatan yang berarti terhadap kadar pati, TPC, dan glukomanan pada *chips* kering iles-iles. Kadar pati dipengaruhi oleh umur tanaman, waktu panen, dan jenis tanaman (Sumarwoto 2005). TPC dipengaruhi oleh kadar air bahan dan nilai a_w bahan. Namun demikian kadar air sudah termasuk aman, sehingga pertumbuhan mikroorgaisme sedikit. Menurut Ohtsuki (1968) tinggi rendahnya kadar glukomanan ini dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman, dan lama waktu setelah panen. Menurut Murtinah (1977) untuk memperoleh *chips* kering iles-iles yang baik diperlukan beberapa persyaratan, yaitu menggunakan umbi segar yang baik, perlakuan pendahuluan yang baik, ketebalan irisan yang tepat dan seragam, serta teknik pengeringan yang benar dan kontrol pengeringan yang intensif.

Kalsium oksalat digunakan sebagai salah satu parameter penentu mutu tepung iles-iles karena kalsium oksalat dapat membahayakan kesehatan manusia yaitu pemicu iritasi kulit dan penyakit batu ginjal pada konsentrasi yang tinggi (Libert dan Francschi 1987; Thanasekaran *et al*. 2012; East *et al.* 2013). Kadar Kalsium oksalat *chips* kering iles-iles hasil petani dan laboratorium relatif sama (Tabel 10). Kalsium oksalat banyak dijumpai pada bagian umbi, batang, daun, bunga, dan biji (Novita dan Indriyani 2013). Kalsium oksalat umbi iles-iles berbentuk kristal jarum, dan bintang. Banyaknya kristal kalsium oksalat pada tanaman iles-iles dipengaruhi oleh umur, fase pertumbuhan, musim, unsur hara, dan lahan tempat budidaya. Indriyani *et al.* (2011) melaporkan bahwa terdapat hubungan langsung antara iklim dan unsur hara terhadap kandungan kalsium

oksalat pada iles-iles, di lain pihak terdapat hubungan secara tidak langsung antara diameter dan jumlah serta kerapatan kalsium oksalat pada umbi. Tabel 10 menunjukkan bahwa perlakuan perendaman dan cara pengeringan berbeda nyata terhadap kadar kalsium oksalat pada *chips* kering iles-iles.

Tabel 10 Hasil analisis kimia *chips* iles-iles pada perlakuan perendaman dan tanpa perendaman dalam natrium metabisulfit dengan pengeringan oven dan penjemuran matahari

Perlakuan	Komponen (%)						
	Air	Abu	Serat	Lemak	Protein	Karbo-hidrat	Kalsium oksalat
R-O	9.63^{a}	3.83^{c}	9.03^{a}	0.52^{a}	6.19^{a}	79.84^{a}	0.83^{b}
R-M	10.69^{b}	6.08^{a}	13.08^{a}	0.66^{a}	6.05^{a}	76.52^{ab}	0.84^{b}
TR-O	9.36^{c}	5.09^{b}	9.23^{a}	0.52^{a}	6.25^{a}	78.78^{bc}	0.88^{a}
TR-M	10.36^{d}	6.27^{a}	10.74^{a}	0.57^{a}	5.12^{a}	77.68^{c}	0.89^{a}

Keterangan: Angka dan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa hasil uji Duncan tidak berbeda secara signifikan.

Komponen mutu yang lain adalah kadar abu, serat kasar, lemak, protein dan pati. Komponen-komponen tersebut bukan sebagai parameter mutu *chips* kering iles-iles, namun sebagai informasi tambahan yang perlu sebagai pendukung pemanfaatan *chips* kering iles-iles. Serat kasar, kadar lemak, dan protein merupakan makromolekul yang berhubungan langsung dengan kandungan serat makan, sifat hidrofobik, bentuk polimer asam amino *chips* kering iles-iles (Pomeranz, 1991; Hii dan Law 2010). Pati pada *chips* kering iles-iles terdiri atas amilosa dan amilopektin yang menentukan sifat gelatinisasi pati (Hii dan Law 2010).

Hasil penelitian desain proses pengolahan pascapanen umbi iles-iles metode pengeringan terbaik adalah pengeringan menggunakan oven. Hasil analisis pada perlakuan ini menunjukkan karena pesentasi air pada bahan sudah berada di bawah syarat mutu yaitu sebesar 9.37%, rendemen glukomanan yang lebih tinggi yaitu 35.26%, kadar pati yang lebih rendah yaitu 15.06% dan derajat putih yang lebih baik yaitu 30.44%.

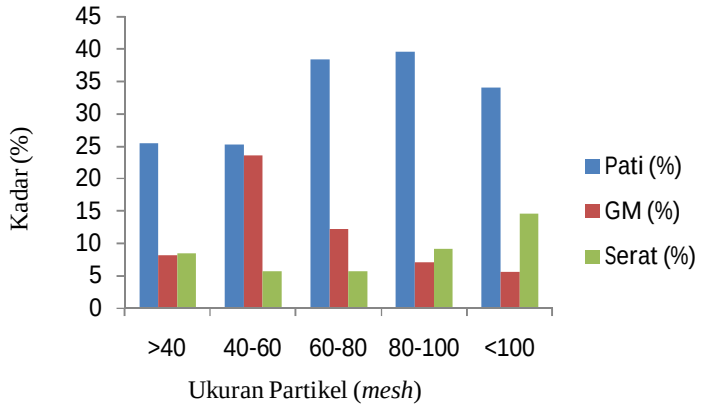
Kandungan Ca-oksalat yang paling rendah diperoleh pada perlakuan perendaman dan pengeringan oven, sedang yang tertinggi pada perlakuan tanpa perendaman dengan pengeringan matahari. Hasil pengamatan terhadap proses pegeringan *chips* iles-iles dengan perlakuan perendaman dengan natrium metabisulfit 1500 ppm selama 10 menit diperoleh metode pengeringan terbaik pada pengeringan oven karena kadar air pada bahan sudah berada pada kisaran baku mutu ± 12 %, yaitu sebesar 9.63%, %, rendemen glukomanan yang lebih tinggi yaitu 38.17%, kadar pati yang lebih rendah yaitu 23.66%, derajat putih yang lebih baik yaitu 34.29%, dan kalsium oksalat yang lebih rendah yaitu 0.85% jika dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sinar matahari (Lampiran 3). Faridah *et al*. (2012) menyatakan bahwa peningkatan kadar glukomanan diimbangi dengan semakin menurunnya komponen-komponen lain seperti kalsium oksalat, protein, lemak, abu dan pati.

Fraksinasi Tepung Iles-Iles Menggunakan Metode Pengayakan Bertingkat

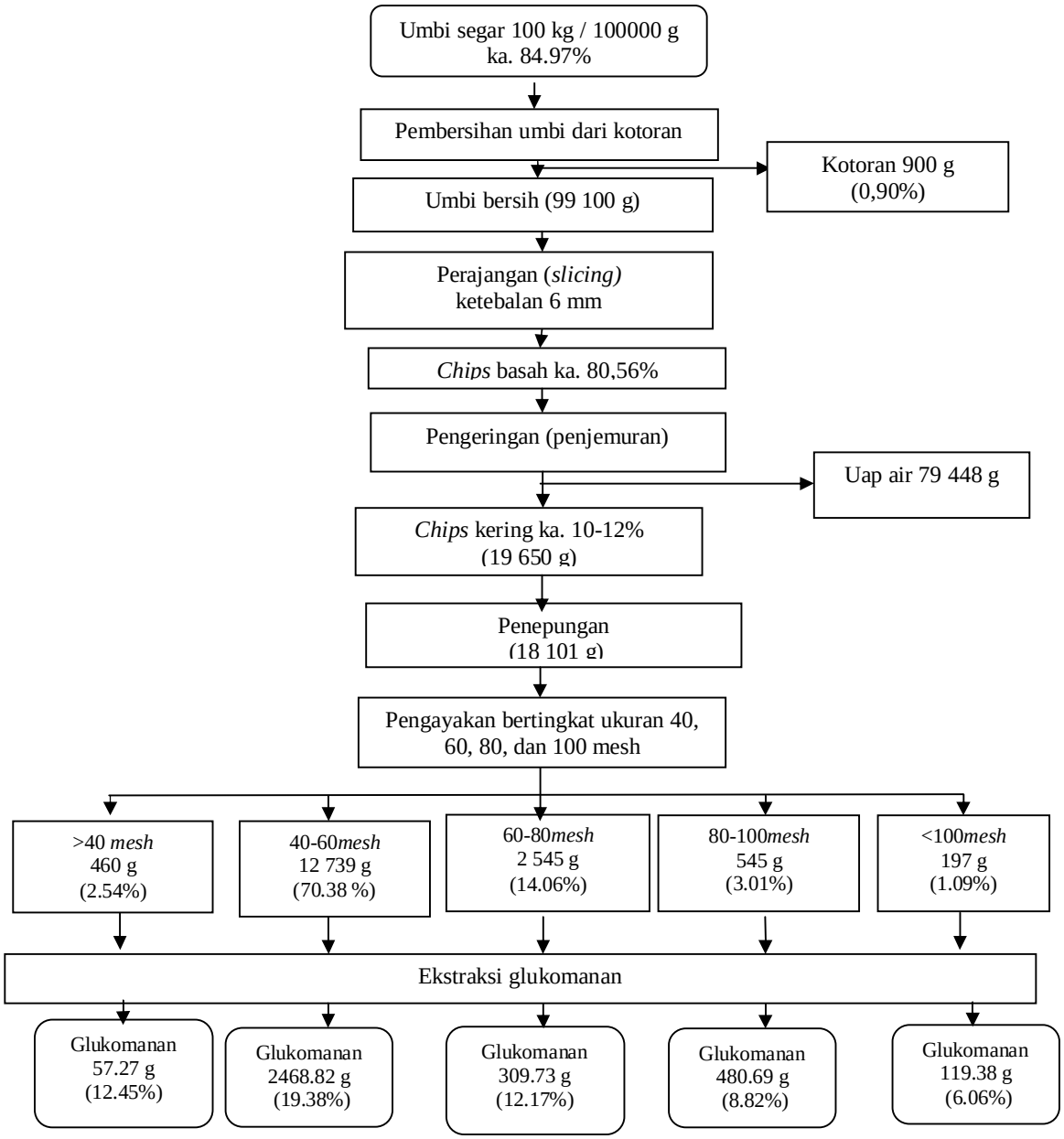
Persentase bobot tepung iles-iles yang lolos pengayakan bertingkat disajikan pada Tabel 11. Tabel 11 menunjukkan bahwa ukuran tepung iles-iles yang telah melewati ayakan bertingkat dengan ukuran ayakan berturut-turut, yaitu 40, 60, 80, dan 100 *mesh* memberikan hasil bahwa ukuran partikel yang melewati 40 *mesh* memberikan persentase paling tinggi, kemudian diikuti oleh 60, 80, >40, dan 100 *mesh*.

Komposisi Kimia Tepung Iles-Iles dengan Perlakuan Perbedaan Ukuran *Mesh* pada Pengayakan Bertingkat

Komposisi kimia tepung iles-iles yang telah melewati ayakan bertingkat dengan ukuran ayakan berturut-turut yaitu 40, 60, 80, dan 100 *mesh* disajikan pada Tabel 10. Perbedaan ukuran ayakan berpengaruh nyata terhadap kandungan komponen kimia tepung iles-iles. Komposisi kandungan glukomanan, pati, serat pada tepung iles-iles disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17 Komposisi pati, glukomanan (GM), dan serat pada berbagai ukuran partikel tepung iles-iles



Gambar 18 Neraca massa pengolahan tepung iles-iles menjadi glukomanan

Gambar 17 menunjukkan bahwa partikel tepung iles-iles ukuran 40-60 mesh menghasilkan komponen glukomanan dan pati yang lebih baik dari pada ukuran yang lain. Hal ini disebabkan karena pada ukuran partikel tersebut mengandung glukomanan yang paling tinggi dan pati yang merupakan hasil ikutan masih cukup tinggi. Berdasarkan neraca massa pada Gambar 18 penelitian ini menghasilkan rendemen glukomanan sebesar 20.84%. Sumarwoto (2007) menyatakan bahwa rendemen glukomanan pada tanaman iles-iles dipengaruhi oleh faktor umur tanaman, rentang waktu panen dan pengeringan umbi, jenis tanaman, serta perlakuan pendahuluan menjelang pengeringan umbi.

Ukuran partikel tepung iles-iles dapat menentukan tinggi rendahnya kandungan glukomanan. Hal ini disebabkan karena glukomanan mempunyai bobot molekul pati yang lebih tinggi, sehingga ukuran partikel yang lolos saringan pada ayakan yang lebih kecil menghasilkan glukomanan yang lebih sedikit dan komponen pati yang lebih besar.

Tabel 11 Hasil analisis komposisi kimia tepung iles-iles pada pengayakan

Komponen	Ukuran partikel (*mesh*)				
	>40	40-60	60-80	80-100	<100
Glukomanan (%)	6.67^{c}	23.65^{a}	12.17^{b}	7.11^{c}	5.56^{c}
Pati (%)	22.43^{e}	24.76^{d}	27.86^{c}	29.63^{b}	33.66^{a}
Serat kasar (%)	8.42^{ab}	5.71^{b}	5.71^{b}	9.15^{ab}	14.57^{a}
Air (%)	11.19^{ab}	11.40^{a}	10.83^{bc}	10.54^{c}	8.72^{d}
	25.33^{e}	30.36^{d}	35.40^{c}	37.48^{b}	40.16^{a}
Densitas kamba (g/ml)	810^{a}	790^{b}	560^{c}	435^{d}	350^{e}
Viskositas (cPs)	$7x10^{3bc}$	$15.85x10^{3a}$	$13.22x10^{3ab}$	$1.415x10^{3c}$	$0.462x10^{3d}$
pH	5.96^{c}	6.01^{bc}	6.02^{c}	6.08^{ab}	6.13^{a}
Persentase bobot(%)	2.54^{c}	70.38^{a}	14.06^{b}	3.01^{c}	1.09^{c}

Keterangan: Angka dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa hasil uji Duncan tidak berbeda nyata secara signifikan

Tabel 11 menunjukkan bahwa perlakuan ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar glukomanan, pati, serat kasar, air, derajat putih, densitas kamba, viskositas, pH, dan persentase bobot (Lampiran 4). Rendemen tertinggi terdapat pada tepung iles-iles ukuran 40-60 *mesh*, sedangkan kadar pati dan serat kasar tertinggi terdapat pada ukuran < 100 mesh. Berdasarkan Tabel 11 dan Gambar 17 pengecilan ukuran tepung cukup sampai 40-60 *mesh*, diatas dan di bawah ukuran tersebut kandungan glukomanan rendah. Dari Tabel 11 tersebut berdasarkan analisis komposisi kimia disimpulkan bahwa ukuran tersebut merupakan ukuran yang terbaik dalam ekstraksi glukomanan.

Glukomanan

Komponen kimia pada tepung iles-iles dengan perlakuan perbedaan ukuran *mesh* memberikan hasil semakin besar ukuran (ukuran partikel semakin kecil), menghasilkan glukomanan yang semakin sedikit (Tabel 11). Fraksi tepung iles-iles yang lolos ayakan 40-60 *mesh* menghasilkan kandungan glukomanan paling tinggi dibandingkan dengan ukuran partikel yang lain. Tepung iles-iles yang memiliki ukuran di bawah 60 *mesh* menghasilkan kadar glukomanan lebih sedikit. Hal ini menggambarkan bahwa tepung iles-iles yang memiliki ukuran partikel semakin besar kecuali (<40 *mesh*) menghasilkan rendemen glukomanan yang semakin tinggi. Wahjuningsih and Kunarto (2011) menyatakan bahwa semakin kecil ukuran *mesh* (ukuran partikel semakin besar) menunjukkan semakin banyak kandungan glukomanan. Penurunan kadar glukomanan diimbangi dengan

peningkatan kadar pati, kadar serat, dan derajat putih. Faridah *et al*. (2012), menyatakan bahwa peningkatan kadar glukomanan diimbangi dengan semakin menurunnya komponen-komponen non glukomanan lainnya, seperti kadar oksalat, kadar protein, kadar lemak, kadar abu dan kadar pati. Afriani *et al.* (2013) menyatakan bahwa tiap partikel glukomanan mempunyai variasi ukuran yang berbeda, mulai dari 0.812-1.86 µm atau 20-200000 Da. Hasil uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dari pemisahan antara glukomanan dan pati pada tepung iles-iles terhadap kandungan glukomanan pada tepung tersebut.

Pati

Hasil analisis kadar pati pada tepung padaTabel 11 menunjukkan bahwa terjadi pengaruh yang nyata antara ukuran partikel dan kadar pati. Hal ini disebabkan karena pati mempunyai bobot molekul yang lebih ringan dari pada glukomanan, sehingga tepung iles-iles yang mempunyai ukuran kecil mempunyai kandungan pati yang lebih besar. Richana dan Sunarti (2004) menyatakan bahwa ukuran granula pati suweg sebesar 0.0125 µm, ganyong sebesar 0.0563 µm, dan ubi jalar sebesar 0.025 µm. Hal ini memberikan gambaran bahwa ukuran granula pati lebih kecil dibandingkan dengan ukuran glukomanan yang lebih sedikit pada partikel yang lebih kecil. Hasil uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa adanya pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap kadar pati.

Serat Kasar

Hasil analisis kadar serat kasar pada tepung iles-iles dengan perlakuan perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel menghasilkan kadar serat yang semakin tinggi (Tabel 10). Hal ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian Wahjuningsih dan Kunarto (2011), dimana ukuran partikel semakin besar, menghasilkan kadar serat yang semakin besar. Hasil uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa adanya pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap kadar serat.

Air

Kadar air merupakan molekul air yang sangat mempengaruhi mutu dari tepung iles-iles karena air dapat menjadi media untuk pertumbuhan kapang. Kadar air yang tinggi menyebabkan mikroorganisme tumbuh dengan baik, sehingga mutu bahan dapat menurun. Pertumbuhan mikroorganisme tersebut dapat mempengaruhi komponen makromolekul yang terkandung dalam bahan, seperti karbohidrat, protein dan lipid (Isengard 2001).

Hasil analisis kadar air pada tepung iles-iles dengan perlakuan perbedaan ukuran *mesh* pada pengayakan bertingkat memberikan hasil bahwa semakin kecil ukuran partikel tepung, kadar air pada tepung iles-iles cenderung semakin kecil (Tabel 10). Hal ini karena tepung yang mempunyai ukuran lebih kecil mempunyai luas permukaan yang makin luas sehingga dapat menyebabkan peningkatan penguapan sehingga akan menurunkan kadar air bahan. Soekarto (1981), menyatakan bahwa air yang terikat pada bahan makanan terbagi menjadi tiga yaitu fraksi air terikat primer, sekunder, dan tersier. Air yang mudah menguap terdapat pada permukaan bahan yang disebut sebagai air bebas. Hasil uji anova

dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa adanya pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap kadar air tepung.

Derajat Putih

Pengamatan derajat putih pada tepung iles-iles memberikan hasil bahwa semakin kecil ukuran partikel tepung iles-iles mempunyai derajat putih yang semakin besar (Tabel 10). Hal ini disebabkan karena partikel yang lebih kecil mempunyai kemampuan yang lebih besar terhadap penyerapan zat warna. Derajat putih juga dipengaruhi oleh terjadinya reaksi *Maillard* dan ada atau tidaknya pertumbuhan cendawan pada permukaan partikel tepung iles-iles. Zhu *et al.* (2009) menyatakan bahwa pembentukan pigmen warna coklat atau hitam pada tepung disebabkan adanya reaksi yang biasa disebut dengan reaksi *Maillard* dan reaksi enzimatik dari oksidasi lipida dan protein. Hasil uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa adanya pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap derajat putih tepung.

Densitas Kamba

Hasil analisis densitas kamba tepung iles-iles dengan perlakuan perbedaan ukuran partikelmelalui pengayakan bertingkat memberikan hasil bahwa semakin kecilukuran partikel menghasilkan densitas kamba semakin kecil. Densitas kamba digunakan dalam merencanakan gudang penyimpanan, volume alat pengolahan, maupun sarana transportasi. Besar kecilnya densitas kamba dipengaruhi oleh kadar air, ukuran partikel, dan kekasaran permukaan suatu partikel. Semakin tinggi kadar air tepung iles-iles, maka densitas kamba tepung iles-iles semakin besar (Tabel 10). Hasil uji Anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap densitas kamba tepung.

Viskositas

Hasil analisis viskositas tepung iles-iles dengan perlakuan perbedaan ukuran partikel pada pengayakan bertingkat memberikan hasil bahwa semakin viskositas semakin rendah. Hal ini karena tepung yang mempunyai ukuran partikel kecil mengandung glukomanan semakin sedikit sehingga mengurangi gelatinisai dari glukomanan yang terdapat pada tepung iles-iles (Tabel 10). Menurut Faridah *et al*. (2012) menyatakan bahwa tinggi rendahnya viskositas tepung iles-iles erat kaitannya dengan kadar glukomanan yang terkandung di dalam tepung. Widjanarko dan Suwasito (2014) menyatakan bahwa komponen glukomanan berperan penting dalam meningkatkan viskositas dan kemampuan hidrasi tepung iles-iles dalam pemanfaatannya. Widjanarko *et al*. (2011) menyatakan bahwa nilai viskositas berhubungan dengan glukomanan yang terkandung dalam tepung ils-iles. Kadar glukomanan berperan penting dalam peningkatan viskositas tepung iles-iles karena glukomanan bersifat dapat mengental. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan glukomanan dalam tepung iles-iles, maka viskositas dari larutan tepung iles-iles akan semakin tinggi. Widjanarko *et al*. (2011) menyatakan bahwa semakin banyak kandungan glukomanan pada tepung iles-iles, menghasilkan nilai viskositas yang semakin tinggi. Besar kecilnya kadar glukomanan pada *chips* kering iles-iles dipengaruhi oleh kandungan glukomanan pada kondisi masih dalam bentuk umbi dan juga perlakuan pengolahannya menjadi *chips*. Dengan proses penepungan akan meningkatkan kadar glukomanan

pada tepung iles-iles (Lampiran 4). Faridah *et al*. (2012) menyatakan bahwa proses penepungan mampu meningkatkan kadar kemurnian glukomanan sehingga viskositasnya meningkat. Hasil uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% memberikan hasil bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dari perbedaan ukuran partikel tepung iles-iles terhadap viskositas tepung iles-iles tersebut.

Isotermis Sorpsi Air (ISA) *Chips* dan Tepung Iles-Iles

Adsorpsi

Untuk mengetahui batas-batas lingkungan yang mempunyai kelembaban lingkungan tertentu terhadap kadar air kesetimbangan iles-iles dapat dilakukan pengujian isotermis sorpsi air (ISA). Pengujian mengenai ISA pada iles-iles dapat dilakukan melalui adsorpsi dan desorpsi. Adsorpsi adalah proses penyerapan molekul air yang diletakkan pada ruangan yang mempunyai nilai a_w lebih besar dari pada nilai a_w bahan. Adsorpsi adalah proses apabila sampel menyerap uap air dari atmosfer yang mempunyai RH tinggi (Moreira *et al*. 2010). Dengan kata lain nilai a_w ruangan lebih besar daripada nilai a_w bahan. Adsorpsi dapat digunakan untuk merancang penyimpanan suatu bahan. Hal ini karena adsorpsi dapat digunakan untuk menganalisis bahan yang disimpan pada kadar air kesetimbangan tertentu yang disimpan pada RH ruangan tertentu sehingga bahan yang disimpan akan tahan lama. Di lain fihak apabila bahan yang disimpan mempunyai kadar air yang belum mengalami kesetimbangan pada ruang yang RH atau nilai a_w nya tidak sesuai rendah atau tinggi maka akan menyebabkan bahan akan cepat rusak karena dengan mudah terserang mikroorganisme atau kapang. Nilai kadar air kesetimbangan (M_e) pada proses adsorpsi dan desorpsi iles-iles yang menggunakan berbagai garam jenuh disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12 Nilai kadar air kesetimbangan (M_e) iles-iles pada adsorpsi dan desorpsi yang menggunakan berbagai garam jenuh (% bk).

Jenis Garam	a_w	M_e (% bk)		
		Tepung		*chips*
		Desorpsi	Adsorpsi	Adsorpsi
$LiCl_2$	0.11	3.39	5.30	10.00
CH_3COOK	0.22	9.82	6.55	11.32
$MgCl_2$	0.32	12.99	8.58	12.34
K_2CO_3	0.44	15.97	11.41	13.47
NaBr	0.56	22.76	15.63	13.61
$NaNO_2$	0.64	25.23	18.39	14.88
NaCl	0.75	36.37	22.88	15.56
KCl	0.84	46.07	32.17	18.57
K_2SO_4	0.97	73.76	71.12	20.31

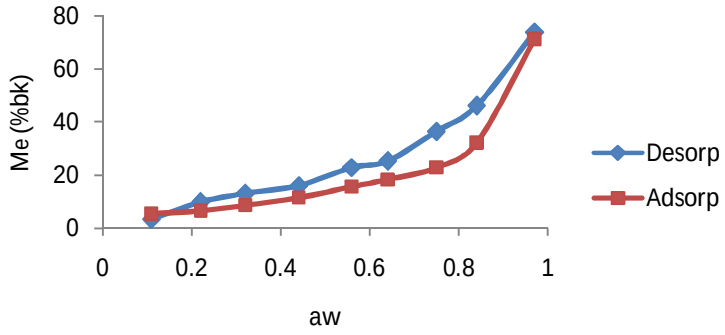
Berdasarkan Tabel 12 dapat dibuat kurva adsorpsi tepung iles-iles dan dibuat model regresinya yang dapat digunakan untuk merancang proses penyimpanan bahan (Gambar 17). Hal tersebut karena dengan memasukkan nilai

a_w sebagai sumbu X maka akan menemukan kadar air kesetimbangan pada sumbu Y.

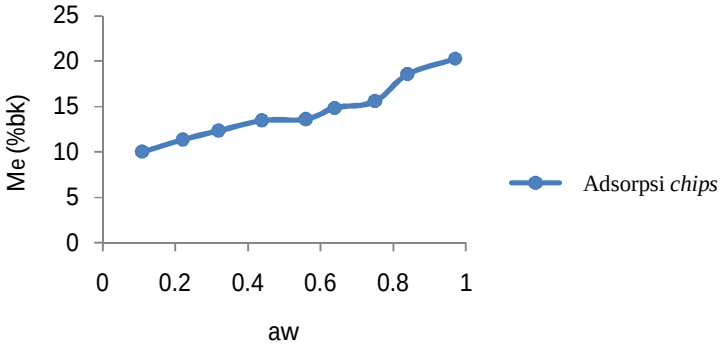
Limousin *et al*. (2007) menyatakan bahwa ada 4 tipe ISA yang umum yaitu: (1) Tipe C yaitu apabila membentuk garis lurus yaitu apabila perbandingan antara larutan dan penyerap garam jenuh adalah sama pada berbagai konsentrasi. Tipe ini digunakan untuk penelitian senyawa polutan yang konsentrasinya sangat rendah dan menghasilkan penilaian yang kurang akurat. (2) Tipe L yaitu jika perbandingan antara konsentrasi dari senyawa yang tertinggal dalam larutan dan penyerap pada padatan menurun apabila konsentrasi terlarut bertambah, membentuk garis cekung. (3) Tipe H yaitu terjadi pada keadaan tertentu. Seperti pada tipe L hanya terjadi apabila slope awal sangat tinggi. Hal ini karena padatan menunjukkan tingkat persamaan yang tinggi yang menghasilkan slope awal tidak bisa dibedakan dan tidak merasakan adanya titik termodinamika, dan (4) Tipe S yaitu garis sigmoidal. Tipe isotermis ini terjadi pada sebagian besar bahan-bahan pertanian termasuk iles-iles. Garis membentuk huruf S. Tipe isotermis ini selalu menghasilkan mekanisme yang berlawanan. Senyawa organik yang nonpolar termasuk tipe S ini.

Desorpsi

Desorpsi adalah peristiwa bahan atau padatan yang kehilangan molekul atau uap air ke atmosfer yang RH lingkungannya lebih rendah (Moreira *et al*. 2010). ISA pada iles-iles adalah termasuk tipe S karena berbentuk sigmoid, yang terdiri dari tiga bagian dan merupakan bentuk khas kurva dalam produk makanan. Gao *et al.* 2013 membagi kurva ISA menjadi tiga daerah fraksi air dalam materi yaitu fraksi utama atau air terikat primer (monolayer), fraksi air terikat sekunder (multilayer), dan fraksi air terikat tersier (pelarut air, plastisizer, dan produk pelembut) . Desorpsi dapat digunakan untuk merancang proses pengeringan bahan. Apabila bahan yang mempunyai kadar air tinggi kemudian diletakkan pada tempat yang Rh nya lebih rendah maka akan menyebabkan air yang ada dalam bahan menguap ke atmosfer atau disebut juga pengeringan. Analisis fraksi-fraksi air yang ada dalam bahan ini dapat digunakan untuk menentukan batas kadar air aman pada proses pengeringan. Hal ini karena dapat menghasilkan nilai atau titik kritis fraksi air pada bahan dapat ditentukan. Metode analisis ISA ini dapat digunakan pada skala industri dan penelitian yang luas karena kesederhanaan dan kemudahan untuk menghasilkan nilai kadar air kritis dibandingkan dengan metode lain (Isengard 2001; Staudt *et al.* 2013). Interaksi antara aktifitas air (a_w) dengan kadar air kesetimbangan (M_e). a). Desorpsi dan adsorpsi tepung b). Adsorpsi *chips* disajikan pada Gambar 19.



a



b

Gambar 19 Interaksi antara aktifitas air (a_w) dengan kadar air kesetimbangan (M_e). a). Desorpsi dan adsorpsi tepung b). Adsorpsi *chips* iles-iles

Hubungan antara Laju Pengeringan dan Fraksi Isotermis Sorpsi Air pada Tepung dan *Chips* Iles-Iles

Profil Pengeringan

Proses pengeringan dengan oven dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kelembaban relatif dan suhu dalam oven yang cenderung kurang stabil pada awal pengeringan. Hal ini karena pada awal pengeringan terjadi penyesuaian suhu dan tekanan dalam oven yang menyebabkan tingkat air bahan menurun secara tidak langsung. Kelebihan pengeringan dengan menggunakan oven adalah dapat menghasilkan penurunan kadar air bahan lebih cepat karena suhu dan tekanan dapat dikontrol, pengeringan konstan secara terus menerus, tidak terkontaminasi dengan udara luar, dan kualitas produk dapat dipertahankan (Mujumdar 2000a). Brooker *et al*. (1982) menyatakan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi pengeringan adalah suhu kamar, kecepatan udara, kelembaban relatif, struktur dan luas permukaan komponen. Selain penurunan kadar air, proses pengeringan sering diikuti dengan menyusutnya ukuran dan volume, perubahan bentuk dan struktur dari komponen seluler tertentu seperti warna, aroma, dan tingkat kekerasan (Russo *et al.* 2013). Pengeringan dilakukan pada suhu 50°C, sehingga tidak menyebabkan pengerasan dan berubah warna pada *chips* (Kone *et al*. 2013; Russo *et al*. 2013). Umbi iles-iles yang mempunyai kadar air awal 565.34 %bk setelah

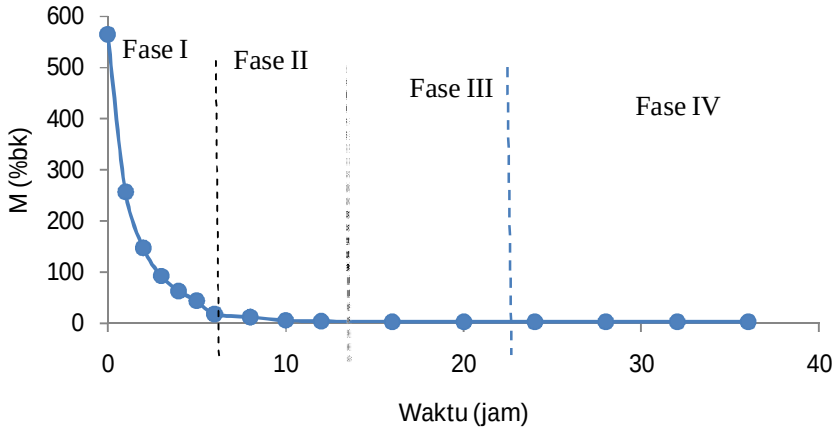
dikeringkan dalam oven pada suhu 50℃ selama 36 jam menghasilkan *chips* dengan kadar air akhir 84.97 % (bb) atau 3.24% (bk) disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Penurunan kadar air *chips* iles-iles pada pengamatan ke-t (M) dengan metode tanpa perendaman natrium metabisulfit dan pengeringan oven pada suhu 50 ^{0}C selama 36 jam.

Waktu (jam)	M (% bk)
0	565.34
1	256.89
2	148.26
3	93.20
4	62.71
5	44.63
6	18.45
8	12.57
10	6.18
12	4.44
16	3.79
20	3.47
24	3.39
28	3.31
32	3.25
36	3.24

Keterangan : M = kadar air pada waktu pengamatan tertentu (% bk)

Berdasarkan Tabel 13 dapat dibuat kurva hubungan antara waktu pengamatan dengan penurunan kadar air bahan *chips* iles-iles (Gambar 20). Gambar 20 menunjukkan bahwa pengeringan iles-iles mengalami penurunan kadar air yang konstan, tapi semakin lama semakin menurun sampai mencapai kadar air yang tetap atau kesetimbangan. Proses pengeringan *chips* iles-iles membentuk pola garis asimptotik karena bagian ujung dari garis tersebut tidak pernah memotong sumbu X yang menggambarkan bahwa air pada lapisan paling dalam dari bahan atau air terikat primer sangat sulit diuapkan.



Gambar 20 Interaksi antara kadar air dengan waktu pengeringan *chips* iles-iles dengan metode tanpa perendaman natrium metabisulfit dan pengeringan oven pada suhu 50 ℃ selama 36 jam. Keterangan: M = kadar air pada pengamatan ke t.

Rumus umum semilogaritmik menurut (Julianti 2003) sebagai berikut :

$$\text{Log } (M_o\text{-}M) = a + bt \quad \text{.....(9)}$$

Dimana : a = *intersept*/titik potong pada sumbu Y , b = faktor kemiringan/slope, t = waktu (jam), M_0= kadar air awal (% bk), M = kadar air pada pengamatan ke t jam (% bk)

Berdasarkan Gambar 20, kurva menunjukkan bahwa kadar air pada setiap waktu pengeringan mengalami penurunan sampai batas tertentu yaitu pada pengeringan 36 jam setelah mencapai kadar air kesetimbangan. Pola pengeringan iles-iles dapat dibagi menjadi empat fase yaitu fase pertama terjadi pada awal pengeringan, terjadi pada pengamatan setiap jam sekali selama enam jam pertama, fase kedua yaitu fase lambat pertama yang terjadi pada pengamatan setiap dua jam sekali sebanyak tiga pengamatan, fase ketiga pengamatan pada pengamatan selang waktu empat jam sekali merupakan fase lambat kedua, dan fase keempat pada pengamatan selang waktu empat jam sekali selama tiga titik pengamatan sampai 36 jam yang merupakan fase paling lambat.

Pengeringan yang dilakukan dengan oven pengering pada suhu 50 ℃ tidak menyebabkan terjadi perubahan tekstur dan perubahan warna pada umbi (Kone *et al.* 2013; Russo *et al.* 2013). Setelah terjadi pengeringan yang lama akan mengalami kadar air kesetimbangan pada bahan. Kadar air kesetimbangan adalah kadar air pada bahan yang tidak dapat mengalami perubahan karena mempunyai tekanan uap air di dalam dan di luar bahan mencapai kesamaan. Bajpai dan Tiwari (2013) menyatakan bahwa kadar air akhir bahan yang konstan disebut sebagai kadar air kesetimbangan (M_e), yaitu kadar air yang tercapai pada saat bahan tidak dapat melepaskan air lagi. Kurva penurunan kadar air bahan pertanian selama

proses pengeringan pada umumnya membentuk tipe sigmoid yang mengikuti proses pengeringan ordo satu (Mathlouthi dan Roge 2003).

Kadar Air Kesetimbangan

Setelah proses pengeringan yang lama, kadar air kesetimbangan material akan tercapai. Kadar air kesetimbangan adalah kadar air dari material yang tidak dapat diubah karena memiliki tekanan uap air yang berbeda di dalam dan di luar bahan. Bajpai dan Tiwari (2013) menyatakan bahwa kadar air akhir dari materi disebut kadar air konstanta kesetimbangan (Me), yaitu kadar air tercapai ketika materi tidak melepaskan air apapun lagi. Kurva penurunan kadar air selama proses pengeringan bahan pertanian umumnya membentuk tipe sigmoid mengikuti urutan pertama proses pengeringan (Mathlouthi dan Roge, 2003).

Persamaan yang diperoleh dari perhitungan model regresi laju pengeringan dapat digunakan untuk penentuan kadar air dan waktu pengeringan mengacu pada titik transisi fase pengeringan. Hasil perhitungan masing-masing bagian dari Tabel 12 dapat ditabulasikan seperti Tabel 14.

Tabel 14. Data pengamatan pengeringan pada *chips* iles-iles tanpa perendaman natrium metabisulfit menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 36 jam.

Waktu (jam)	M_e (% bk)	M (% bk)	$M-M_e$ (% bk)	Log $(M-M_e)$
0	3.24	565.34	562.10	2.75
1	3.24	256.89	253.65	2.40
2	3.24	148.26	145.02	2.16
3	3.24	93.20	89.96	1.95
4	3.24	62.71	59.47	1.77
5	3.24	44.63	41.39	1.62
6	3.24	18.45	15.21	1.18
8	3.24	12.57	9.33	0.97
10	3.24	6.18	2.94	0.47
12	3.24	4.44	1.2	0.08
16	3.24	3.79	0.55	-0.26
20	3.24	3.47	0.33	-0.48
24	3.24	3.39	0.15	-0.82
28	3.24	3.31	0.07	-1.15
32	3.24	3.25	0.01	-2
36	3.24	3.24	0	-

Keterangan : M_e = kadar air kesetimbangan (*equilibrium*) M = kadar air pada pengamatan ke t (jam)

Berdasarkan Gambar 20 dapat dilakukan analisis menggunakan regresi linier dari ke empat fase tersebut dengan menggunakan model semi-logaritmik rumus (1) sehingga dapat ditulis dan ditabulasikan seperti Tabel 15.

Tabel 15 Model regresi penurunan kadar air fase kesatu, kedua, ketiga, dan keempat.

Fase	t (jam)	M_e (%bk)	M (%bk)	M-M_e	Log (M-M_e)	Regresi
I	0	3.24	565.34	562.10	2.75	Y=-0.237X+2.689 R^2= 0.97
	1	3.24	256.89	253.65	2.40	
	2	3.24	148.26	145.02	2.16	
	3	3.24	93.20	89.96	1.95	
	4	3.24	62.71	59.47	1.77	
	5	3.24	44.63	41.39	1.62	
	6	3.24	18.45	15.21	1.18	
II	7	3.24	18.45	15.21	1.18	Y=-0.214X+2.161 R^2= 0.98
	8	3.24	12.57	9.33	0.97	
	10	3.24	6.18	2.94	0.47	
	12	3.24	4.44	1.20	-0.08	
III	12	3.24	4.44	1.20	-0.08	Y=-0.061X+0.688 R^2= 0.98
	16	3.24	3.79	0.55	-0.26	
	20	3.24	3.47	0.33	-0.48	
	24	3.24	3.39	0.15	-0.82	
IV	24	3.24	3.39	0.14	-0.82	Y=-0.147X+2.806 R^2= 0.94
	28	3.24	3.31	0.07	-1.15	
	32	3.24	3.25	0.01	-2.00	

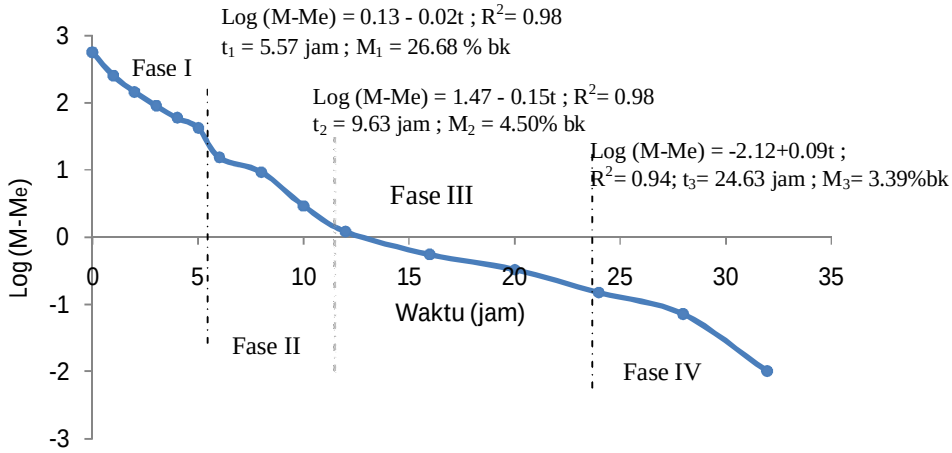
Fase I : Y_1 = -0.237X+2.269 R^2 = 0.94 (2)
Fase II : Y_2 = -0.214X+2.161 R^2 = 0.98 (3)
Fase III : Y_3 = -0.061X+0.688 R^2 = 0.98 (4)
Fase IV : Y_4 = -0.147X+2.806 R^2 = 0.97 (5)

Penggabungan persamaan (2) dan (3) menghasilkan titik pertemuan atau potong M_1=26.68% bk dan t_1=5.57 jam yang merupakan kadar air peralihan antara fase pertama dan kedua, penggabungan persamaan (3) dan (4)menghasilkan titik pertemuan M_2=4.50% bk dan t_2= 9.63 jam yang merupakan kadar air peralihan antara fase kedua dan ketiga, dan penggabungan persamaan (4) dan (5) menghasilkan titik potong M_3=3.39%bk dan t_3=24.63 jam. Fase pertama menghasilkan laju pengeringan tertinggi, fase kedua lebih lambat pertama, fase ketiga lebih lambat kedua, dan fase keempat paling lambat. Proses pengeringan dengan oven banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu dan kelembaban udara dalam oven, kecepatan aliran udara, banyaknya tumpukan atau lapisan bahan yang dikeringkan, luas permukaan bahan, dan porositas bahan.

Awal pengeringan sering terjadi penyesuaian suhu dan tekanan dalam oven pengering yang menyebabkan terjadinya kadar air bahan tidak langsung menurun. Kelebihan pengeringan menggunakan oven pengering adalah dapat menghasilkan penurunan kadar air bahan lebih konstan, kelembaban udara, kecepatan aliran udara dapat dikontrol, dan tidak mengalami kontaminasi dengan udara luar,

sehingga kualitas bahan dapat dipertahankan. Brooker *et al.* (1982) menyatakan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi pengeringan adalah suhu ruangan, kecepatan aliran udara, kelembaban relatif, struktur komponen dan luas permukaan bahan. Selama proses pengeringan selain terjadi penurunan kadar air sering diikuti oleh penyusutan ukuran, volume, perubahan bentuk, serta struktur komponen seluler tertentu seperti warna, aroma, dan tingkat kekerasan (Russo *et al.* 2013; Mayor dan Sereno 2004).

Konsep kadar air kesetimbangan sangat penting untuk menentukan batas laju pengeringan pada setiap fase (Brooker *et al.* 1982). Kadar air kesetimbangan adalah besarnya kadar air pada tekanan uap air yang setimbang dengan lingkungannya (Jangam & Mujumdar 2010). Persamaan yang diperoleh dari penghitungan model regresi laju pengeringan dapat digunakan untuk penentuan kadar air dan waktu pengeringan yang mengacu pada titik pertemuan fase pengeringan tersebut. Hasil analisis regresi linier dari keempat fase tersebut diperlihatkan pada Gambar 21. Gao *et al.* (2013) menyatakan bahwa kurva ISA dibagi menjadi tiga daerah fraksi air pada bahan yaitu fraksi air terikat primer (*monolayer*), sekunder (*multilayer*), dan tersier (air pelarut, *plasticizer*, dan pelunak produk). Analisis dari fraksi-fraksi tersebut menghasilkan batas-batas daerah ketiga fraksi air tersebut dan sekaligus menetapkan titik-titik kritikal dari bahan.



Gambar 21 Interaksi antara laju pengeringan *chips* iles-iles dengan waktu pada pengeringan oven pada suhu 50°C serta batas kadar air peralihan (M_1, M_2 dan M_3)

Kondisi tersebut disebabkan karena adanya migrasi air yang cenderung lebih aktif selama terjadi pengeringan, sehingga air yang terkandung di dalam umbi iles-iles bergerak ke lingkungan atau atmosfer (Vega-Galvez *et al.* 2011; Ramirez *et al.* 2011). Pergerakan molekul air yang berlangsung selama reaksi endotermis tersebut terjadi juga pada umbiiles-iles. Reaksi endotermis yang terjadi pada iles-iles disebabkan oleh proses perpindahan kalor atau panas selama pengeringan (Mathlouthi & Roge 2003). Kalor yang berpindah di dalam umbi iles-iles berlangsung selama kurun waktu tertentu, sehingga mencapai

kesetimbangan setelah melewati proses difusi molekul, aliran kapiler dan aliran hidrodinamik (Ramirez *et al.* 2011).

Hasil analisis menunjukan bahwa air bebas menguap lebih mudah dan cepat selama proses pengeringan, sedangkan air diserap menguap lebih lambat, sedangkan air primer adalah yang paling sulit untuk menguap. Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan berlangsung secara bertahap dan berurutan berdasarkan posisi dan kekuatan ikatan air (Veneer dan Maltini, 2013). Air di permukaan material menguap lebih cepat dan hal ini diikuti oleh penguapan air di lapisan yang lebih dalam dengan taraf yang lebih rendah. Hal ini disebabkan kekuatan ikatan pada air paling dalam pada bahan yang lebih besar (Sinija & Mishra, 2008; Veneer & Maltini 2013).

Pemahaman mengenai kadar air kesetimbangan memberikan informasi mengenai waktu pengeringan pada batas aman terhadap bahan yang dikeringkan, sehingga memperoleh bahan yang sesuai dengan syarat baku mutu tertentu dan tidak terserang oleh mikroorganisme atau kapang. Hal tersebut sangat penting dilakukan untuk pertimbangan menghindari kerusakan *chips* pada proses pascapanen produk iles-iles. Evin (2012) dan Moraga *et al.* (2006) menyatakan bahwa pengeringan bahan yang terlalu pendek menyebabkan penurunan kadar air yang rendah sehingga masih memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan waktu pengeringan yang terlalu panjang pada suhu 50 ℃ akan menyebabkan penyusutan dan degradasi substansi yang terdapat di dalam bahan akibat pembentukan reaksi oksidasi dan reaksi enzimatik. Berdasarkan hasil perhitungan regresi fase pertama, kedua, ketiga, dan keempat dapat ditabulasikan seperti Tabel 15 dan hasil persamaannya digunakan untuk menentukan batas laju pengeringan fase kesatu dan kedua, fase kedua dan ketiga, fase ketiga dan keempat. Hasil perhitungan dari kedua persamaan masing-masing fase menghasilkan kadar air kritis dan waktu peralihan fase laju pengeringan.

Air Terikat Pada Tepung dan *Chips* Iles-Iles

Secara umum air pada bahan pangan termasuk iles-iles merupakan air bebas dan terikat. Air terikat pada iles-iles terdiri dari tiga fraksi yaitu air terikat primer (ATP), air terikat sekunder (ATS), dan air terikat tersier (ATS). Fraksi-fraksi air tersebut menentukan terjadinya proses dan laju pengeringan iles-iles. Air terikat primer yang biasa disebut sebagai kadar air monolayer merupakan air yang terikat pada bahan dengan ikatan yang sangat kuat, yaitu gabungan dari ikatan hidrogen, interaksi ion dipol dan ikatan kimia lainnya dengan kelembaban relatif yang rendah (Seid & Hensel 2012, Venir & Maltini 2013). Air terikat sekunder terletak di lapisan lebih luar dari posisi air terikat primer dengan kelembaban yang lebih tinggi. Di lain pihak, air terikat tersier terletak pada permukaan *chips* iles-iles dengan kelembaban yang tinggi, yang ikatannya lebih lemah dibandingkan air terikat sekunder (biasanya hanya berinteraksi dengan ikatan hidrogen) (Seid & Hensel 2012). Pada proses pengeringan, air terikat tersier lebih mudah berpindah atau menguap dibandingkan air terikat sekunder maupun primer. Energi ikatan pada air terikat primer lebih tinggi dibandingkan air terikat sekunder maupun air terikat tersier. Hal ini menyebabkan kebutuhan energi yang lebih besar dalam penguapan air terikat primer. Oleh karena itu, nilai kadar air primer mendekati nilai kadar air kesetimbangan yang dicapai setelah pengeringan dalam waktu yang lama.

Lama pengeringan juga menentukan proses perpindahan air bebas, air terikat tersier, air terikat sekunder dan air terikat primer. Selama proses pengeringan, air bebas berpindah terlebih dahulu dari permukaan bahan, selanjutnya air terikat tersier berpindah dari *chips* iles-iles bersamaan dengan air terikat sekunder. Air terikat primer sangat sulit untuk menguap karena terikat kuat dengan komponen penyusun bahan. Pergerakan air terikat tersier, sekunder dan primer terjadi untuk mencapai kesetimbangan, sehingga tekanan uap air di udara dan di dalam bahan berada dalam keadaan konstan atau tetap, perubahan suhu mempengaruhi besarnya tekanan uap air udara dan bahan (Bajpai & Tiwari 2013).

Air Terikat Primer (ATP)

ATP adalah kandungan air pada bahan yang terikat sangat kuat pada lapisan bahan yang sangat dalam dan merupakan lapisan *monolayer*. Kandungan air pada lapisan tersebut sangat sulit untuk pengeringan, tidak mudah terlepas ke udara atau atmosfer dan disebut sebagai kadar air kesetimbangan. Salah satu persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan fraksi ATP tersebut adalah persamaan Brunauer-Emmett-Teller (BET). Menurut Adawiyah dan Soekarto (2010) alasan menggunakan BET untuk mendapatkan fraksi ATP atau monolayer adalah permukaan padatan adalah inert dan seragam, semua sisi penyerapan *equivalen* (sama), desorpbat tidak berpenetrasi pada solid dan tidak ada interaksi antar molekul yang terserap, kesetimbangan sorpsi terbentuk sedemikian rupa sehingga laju desorpsinya adalah sama, serta hanya lapisan pertama yang terserap yang dipengaruhi oleh substrat padatan. Pengamatan fraksi ATP baik yang berbentuk tepung atau *chips* menggunakan enam titik pengamatan pada a_w 0.11 sampai 0.64 (Gambar 23). Persamaan BET hanya dapat digunakan pada a_w rendah yaitu antara 0.22-0.64 (Labuza 1984).

Bentuk umum persamaan BET untuk mendapatkan M_p adalah sebagai berikut :

$$\frac{\alpha_\omega}{(1-\alpha_\omega)M} = \frac{1}{M_P C} + \frac{(C-1)}{M_P C}\alpha_\omega \quad \text{..... (10)}$$

Keterangan :

M = kadar air kesetimbangan (% bb)
M_pC = kadar air ATP (monolayer)
α_ω = aktivitas air
C = energi adsorpsi pada lapisan ATP (monolayer)

Persamaan tersebut dapat diidentikkan dengan :

Y = a +bX.....(11)

X = a_w

a = $\frac{1}{MpC}$, b = $\frac{(C-1)}{MpC}$

Contoh persamaan untuk mendapatkan Mp :

Y= 0.385x – 0.068 (adsorpsi)

a= $\frac{1}{MpC}$

Mp.C = $\frac{1}{a}$ = $\frac{1}{-0.068}$ ..... (12)

b= $\frac{c-1}{MpC}$

C-1 = b. MpC

= 0.358. $\frac{1}{-0.068}$

= -5.26

C = -4.26

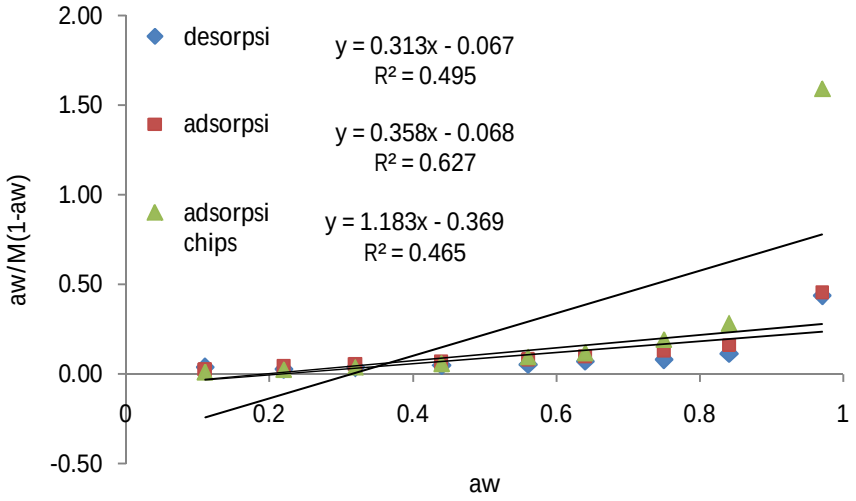
lalu nilai C dimasukan ke persamaan (12)

MpC= $\frac{1}{-0.068}$

Mp = $\frac{1}{-0.068.C}$

= $\frac{1}{-0.068.(-4.26)}$

= 3.45% bk



Gambar 22 Regresi BET desorpsi, adsorpsi tepung dan adsorpsi *chips* iles-iles

Masing-masing model persamaan pada Gambar 22 tersebut dengan menggunakan rumus BET nomor empat di atas menghasilkan $M_{p\ desorpsi\ tepung}$ sebesar 4.00 % bk, $M_{p\ adsorpsi\ tepung}$ sebesar 3.45 % bk, dan $M_{p\ desorpsi\ chips}$ sebesar 1.22% bk . Perbedaan nilai ATP pada tepung dan *chips* iles-iles disebabkan pada *chips* iles-iles belum terjadi kesetimbangan kadar air karena luas permukaan *chips* lebih besar dari pada tepung, sehingga memperlambat terjadinya kesetimbangan dan meningkatkan nilai ATP *chips* iles-iles.

Chirife dan Iglesias (1978) dan Yanniotis (1994) menyatakan bahwa kandungan air terikat primer pada kentang adalah sebesar 6.86 % bb. Sementara Wang dan Brennan (1991) meneliti pada *chips* kentang pada pengeringan dengan suhu 40-70 ℃ menghasilkan nilai ATP sebesar 2.83-5.67 % bb. Iguedjtal *et al.* (2008) menyatakan bahwa ATP (monolayer) pada kentang sebesar 0.1 %bb.

Air Terikat Sekunder (ATS)

Air terikat sekunder (ATS) adalah banyaknya air pada bahan yang berada di atas lapisan air terikat primer (ATP), membentuk lapisan *multilayer*, dan terikat lebih lemah dari pada ATP. Dibawah lapisan ATS adalah air terikat primer (ATP). Di atas lapisan ATS adalah air terikat tersier (ATT). Gambar 23 menunjukkan Interaksi antara kadar air dan sumbu semilogaritmik pada tepung dan *chips* iles-iles. Model regresi semilogaritma yang menghasilkan titik pertemuan antara persamaan ke satu dan kedua pada regresi semilogaritmik disebut kadar air terikat sekunder atau titik kritis (M_s) yang merupakan batas aman pengeringan dari desorpsi tepung dan *chips* iles-iles. Kedua persamaan regresi semilogaritmik pada desorpsi tepung iles-iles adalah sebagai berikut:

$$-\log (1-a_w) = Y_1 = -0.096 + 0.020\ X_1 \quad (R^2=0.97) \quad \text{.....(13)}$$

dan

$$-\log (1-a_w) = Y_2 = -0.192 + 0.022\ X_2 \quad (R^2=0.98) \quad \text{.....(14)}$$

Penggabungan kedua persamaan tersebut menghasilkan nilai $M_{s\ tepung}$ sebesar 48.00 % bk. Pada persamaan regresi semilogaritma untuk adsorpsi tepung iles-iles adalah sebagai berikut:

$$-\log (1-a_w) = Y_1 = -0.068 + 0.027\ X_1 \quad (R^2=0.99) \quad \text{.....(15)}$$

dan

$$-\log (1-a_w) = Y_2 = 0.125 + 0.019\ X_2 \quad (R^2=0.99) \quad \text{.....(16)}$$

Dari kedua persamaan tersebut menghasilkan nilai titik pertemuan $M_{s\ tepung}$ sebesar 24.13 % bk yang merupakan batas aman pengeringan iles-iles. Pada persamaan regresi semilogaritma untuk adsorpsi *chips* iles-iles adalah sebagai berikut:

$$-\log (1-a_w) = Y_1 = -1.195 + 0.110\ X_1 \quad (R^2=0.91) \quad \text{.....(17)}$$

dan

$$-\log (1-a_w) = Y_2 = -2.147 + 0.172\ X_2 \quad (R^2=0.85) \quad \text{.....(18)}$$

Dari kedua persamaan tersebut menghasilkan nilai titik pertemuan $M_{s\ chips}$ sebesar 15.35 % bk yang merupakan batas aman pengeringan iles-iles . Rumus untuk mendapatkan titik M_s menggunakan persamaan semilogaritmik sebagai berikut :

$$\log(1-\alpha_\omega) = \alpha_1 + b_1 M_s$$
$$\log(1-\alpha_\omega) = \alpha_2 + b_2 M_s$$
$$\alpha_1 + b_1 M_s = \alpha_2 + b_2 M_s$$

$$M_s = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{b_2 - b_1} \text{.....(19)}$$

Contoh persamaan untuk mendapatkan Ms :

$Y_1 = 0.020x - 0.096$

$Y_2 = 0.022x - 0.192$

$$Ms = \frac{a1-a2}{b2-b1}$$

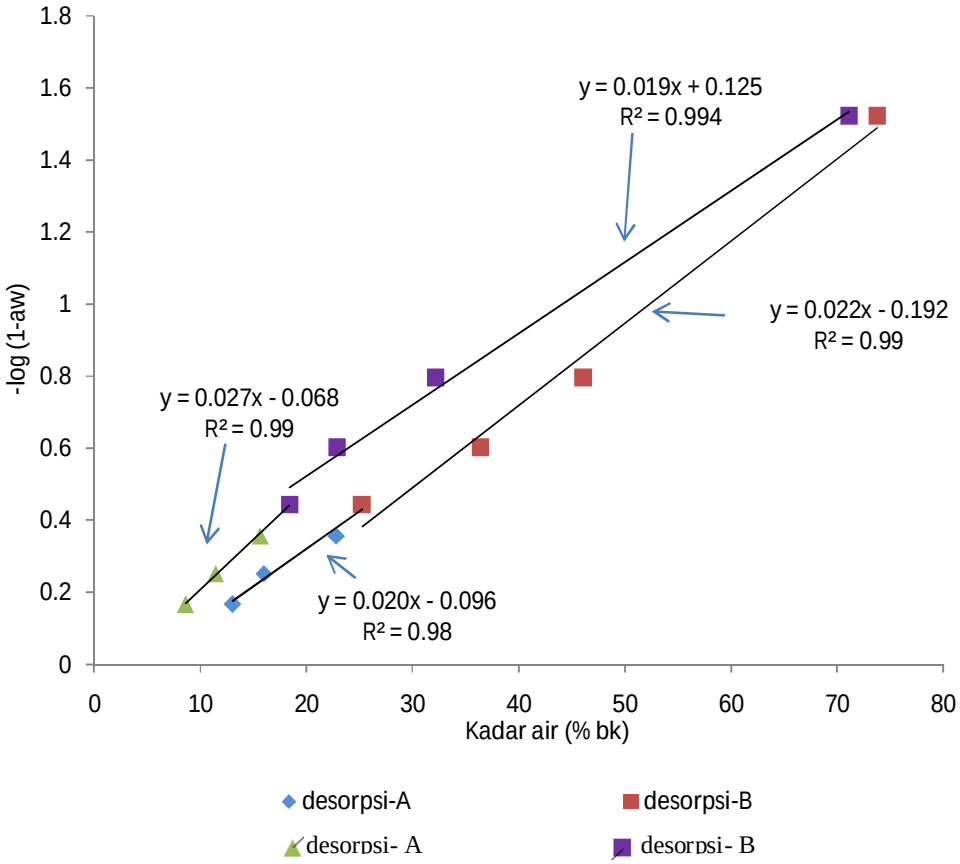
$$= \frac{-0.096 - (-0.192)}{0.022-0.020}$$

$$= 48.00 \text{ \% bk}$$

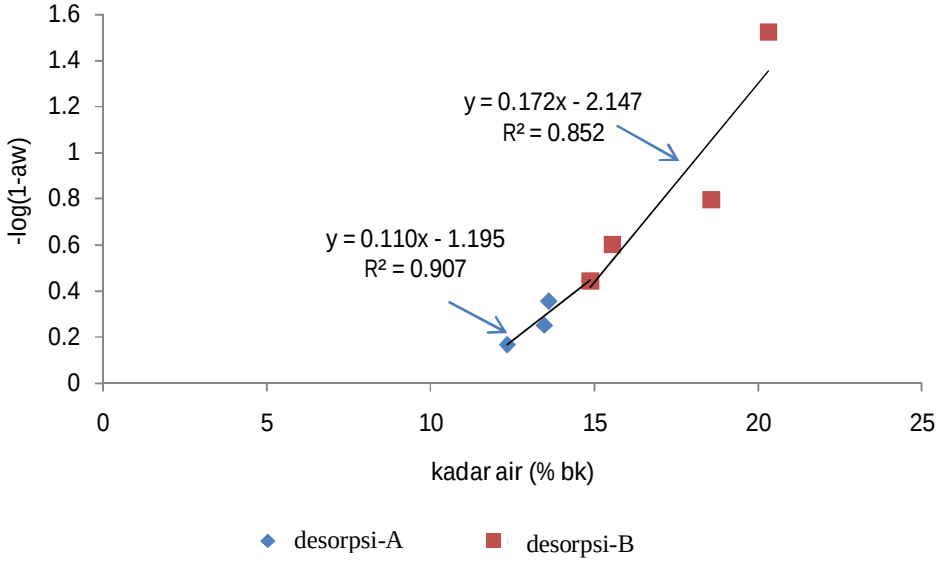
Kedua nilai kadar air terikat (M_s) harus dicapai dalam proses pengeringan untuk mengkonfirmasi keadaan aman pada produk yang telah kering. Ketika proses pengeringan tidak mencapai nilai M_s, maka masih terjadi pertumbuhan mikroorganisme dalam produk tersebut. Di pihak lain proses pengeringan melewati nilai M_s, akan menyebabkan kerusakan fisik pada produk tersebut.

Penggabungan persamaan regresi semilogaritmik pada Gambar 23 menghasilkan titik potong kedua yang merupakan batas fraksi air kedua dan ketiga (sekunder dan tersier) dan nilai titik potong tersebut merupakan kadar air kritikal kedua (M_s). Penggabungan kedua persamaan tersebut menghasilkan batas nilai a_w antara daerah fraksi ATP dan ATS yaitu aktivitas air kritikal pertama (a_p). Batas a_w antara daerah fraksi ATS dan ATT merupakan a_w kritikal kedua (a_s).

Aktivitas air sangat penting dan terkait dengan stabilitas atau kerusakan produk kering. Apabila reaksi kimia terjadi pada daerah fraksi air terikat tersier, maka kerusakaan produk kering oleh pertumbuhan mikroorganisme terjadi di daerah fraksi air tersebut. Aktivitas air dapat memberikan indikasi batas terendah untuk pertumbuhan mikroorganisme. Bahan pangan yang berasal dari produk pertanian pada umumnya dapat terserang oleh mikroorganisme sampai batas air terikat tersier (Aktas & Gurses 2005).



a.



b.

Gambar 23 Regresi semilogaritmik pada tepung (a) dan *chips* (b) iles-iles

Air Terikat Tersier (ATT)

Air terikat tersier (ATT) merupakan fraksi air yang terikat lemah secara mekanik dalam jaringan bahan, sehingga sifat-sifatnya hampir sama dengan air bebas (Van den Berg & Bruin 1981). ATT mempunyai aktivitas air (a_w) sama dengan satu, atau pada kondisi RH ruangan sama dengan 100%, dimana bahan dalam kondisi jenuh air. Rumus untuk menghasilkan kadar ATT atau M_t adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bx + X^2 \quad \text{.....(20)}$$

$$Y = a_\omega / M$$

$$X = a_\omega$$

Hasil analisis persamaan regresi polinomial kuadratik desorpsi tepung iles-iles adalah:

$Y = 32.52X^2 - 56.06\ X - 23.97$ $(R^2=1.0)$ .....(21)

$X = aw = 1$

maka $Y = 32.52\ (1)^2 - 56.06\ (1) - 23.97$

$= 64.61$ %bk = M_t

Hasil analisis persamaan regresi polinomial kuadratik adsorpsi tepung iles-iles adalah:

$Y = 312.0X^2 - 392.8\ X + 142.0$ $(R^2=1.0)$ .....(22)

$X = aw = 1$

maka $Y = 312.0\ (1)^2 - 392.8\ (1) + 142.0$

$= 61.2$ %bk = M_t

Hasil analisis persamaan regresi polinomial kuadratik adsorpsi *chips* iles-iles adalah:

$Y = 136.3X^2 - 183.2\ X + 76.35$ $(R^2=1.0)$ .....(23)

$X = aw = 1$

maka $Y = 136.3\ (1)^2 - 183.2\ (1) + 76.35$

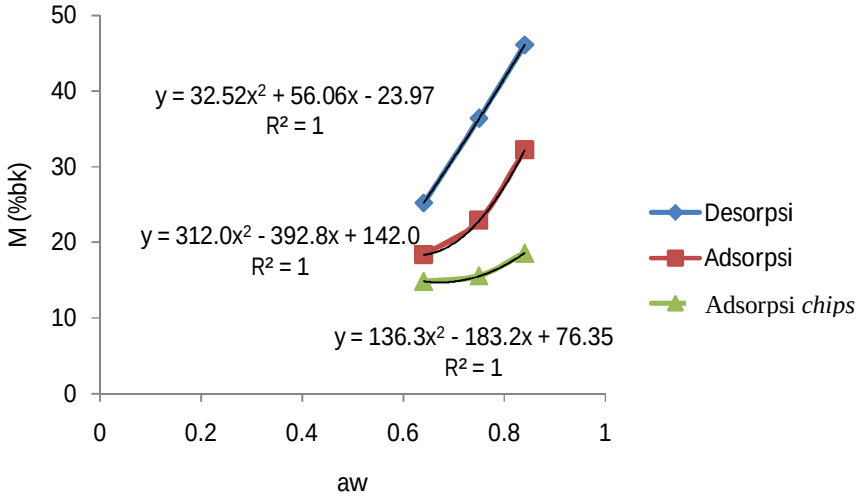
$= 29.45$ % bk = M_t

Dengan melakukan ekstrapolasi visual pada Gambar 24 yaitu mengubah nilai X = 1, maka menghasilkan nilai fraksi air terikat tersier ($M_{t\ desorpsi}$) = 78.2. Makna dari Nilai M_t desorpsi tesebut menunjukkan bahwa batas fraksi air terikat tersier pada desorpsi tersebut adalah 78.2% bk. Disamping itu nilai fraksi air tersier untuk adsorpsi ($M_{t\ adsorpsi}$) = 77.6% bk. Makna dari Nilai M_t adsorpsi tesebut menunjukkan bahwa batas fraksi air terikat tersier pada adsorpsi tersebut adalah 77.6% bk. (lebih besar dari nilai kadar air tersebut termasuk fraksi air bebas yang ada dipermukaan bahan yang paling mudah menguap saat pengeringan di lain pihak lebih rendah dari nilai tersebut berarti termasuk fraksi air terikat sekunder yang lebih sulit diuapkan dan termasuk lapisan multilayer dari bahan.

Nilai R^2 = 0.99 berarti memberikan indikasi kecocokan model untuk regresi polinomial kuadratik pada iles-iles (Foster *et al.* 2005). Persamaan regresi polinomial kuadratik untuk *chips* iles-iles adalah:

$$Y = 103.25\ X^2 + 130.34\ X + 54.14 \quad (R^2 = 0.99) \text{ .....(24)}$$

Dengan mensubtitusi X = 1, menghasilkan Y (M_{tchips}) = 27.5 %bk Nilai tersebut mempunyai makna yang sama dengan nilai pada tepung iles-iles. Penentuan kadar air bebas dilakukan dengan membuat kurva hubungan regresi polinomial kwadratik pada interval a_w 0.6-0.97. Aktivitas air pada fraksi air bebas dianggap satu karena aktivitas air sebesar satu menunjukkan aktivitas air maksimum (Hayati, 2013). Kadar air yang dihasilkan pada fraksi air terikat tersier ini menunjukkan batas air bebas yang dapat diikat oleh tepung dan *chips* iles-iles. Nilai batas fraksi kadar air primer, sekunder, tersier, dan bebas untuk tepung dan *chips* iles-iles disajikan pada Tabel 16.



Gambar 24 Regresi polinomial kuadratik tepung dan *chips* iles-iles

Tabel 16 Nilai kadar air kritis pada tepung dan *chips* iles-iles

Kadar air kritis	Kadar air (% bk)		
	Tepung		*Chips*
	Adsorpsi	Desorpsi	Adsorpsi
M_p	3.45	4.00	1.22
M_s	24.13	48.00	15.35
M_t	61.20	64.61	29.45
M_f	>61.20	>64.61	>29.45

Keterangan: M_p = kadar air kritis primer, M_s = kadar air kritis sekunder, M_t= kadar air kritis tersier, M_f = kadar air bebas

Hubungan antara batas-batas fase laju pengeringan dengan fraksi-fraksi air terikat iles-iles disajikan pada Tabel 17. Tabel 17 merupakan hasil analisis regresi

linier antara waktu dan kadar air yang menghasilkan batas-batas laju pengeringan dan sorpsi desorpsi yang menghasilkan fraksi-fraksi air terikat pada iles-iles. Daerah antara fase satu dan dua adalah M_1 yang mempunyai makna batas laju pengeringan pada peralihan kedua fase dan disamakan dengan fraksi air terikat primer, di lain pihak M_2 adalah batas fase laju fase ke dua dan ketiga yang merupakan fraksi air terikat sekunder dan tersier dan di atas fase tiga adalah fraksi air bebas (M_f) yang merupakan fraksi air bebas (*free water*) yang ada di permukaan bahan.

Hubungan yang terjadi pada daerah antara satu dan dua dari laju pengeringan mempunyai nilai yang sama dengan kadar air kritis pertama (M_p), di lain pihak antara dau dan tiga serta tiga dan empat cenderung jauh dengan kadar air kritis sekunder dan tersier (M_s dan M_t). Hal ini karena frekuensi pengamatan atau jarak pengamatan pada pengeringan antara titik satu dengan berikutnya relatif jauh sehingga menghasilkan hubungan yang lebih jauh.

Analisis pengeringan dan sorpsi air pada bahan pangan dapat digunakan dalam bidang industri yang berkaitan dengan penanganan pascapanen yang meliputi pengeringan, penyimpanan, dan pengemasan produk pertanian. Hasil analisis tersebut sangat berguna untuk merancang model pengeringan, penyimpanan, dan pengemasan (Bajpai dan Tiwari 2013; Peng *et al.* 2007; Sinija dan Mishra 2008).

Tabel 17 Hubungan batas fase laju pengeringan dan fraksi air terikat pada iles-iles.

Hubungan	Batas fase laju pengeringan	Fraksi air terikat		
		Tepung		*Chips*
		Adosrpsi	Desorpsi	Adsorpsi
Daerah antara 3-4	$M_3 = 3.39$	M_p=3.45	M_p=4.00	M_p=1.22
Daerah antara 3-2	$M_2 = 4.50$	M_s=24.13	M_s=48.00	M_s=15.35
Daerah antara 2-1	$M_1 = 26.68$	M_t=61.20	M_t=64.61	M_t =29.45
Daerah di atas 1 (*free water*)	M_f>26.68	M_f>61.20	M_f>64.61	M_f>29.45

Ekstraksi Glukomanan

Ekstraksi glukomanan dilakukan dengan aquades dari tepung iles-iles ukuran 40-60 *mesh*. Pencampuran mengunakan aquades pada tepung iles-iles dapat memisahkan komponen pati dan serat dari glukomanan. Dalam ekstraksi, glukomanan merupakan produk utama sedangkan pati dan serat adalah limbah.

Tabel 18 Karakteristik glukomanan hasil ekstraksi

Perlakuan	Kadar air (%)	Kapasitas menyerap air (ml/g)	Densitas kamba (g/ml)	Kekuatan mengembang (%)	Viskositas 1.5% (cPs)	Kekuatan gel 6.7% (gf)
R	14.94[a]	13.55[b]	0.71[b]	17.38[b]	390.96[b]	132.34[b]
TR	12.44[b]	18.92[a]	0.89[a]	19.35[a]	434.14[a]	104.37[a]

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan bahwa hasil uji Duncan berbeda secara signifikan, R = Rendam dengan Natrium metabisulfit dan TR = Tanpa Rendam Natrium metabisulfit

Tabel 18 menunjukkan bahwa perlakuan perendaman berpengaruh nyata terhadap kadar air, kapasitas menyerap air (KMA), densitas kamba, kekuatan mengembang, viskositas, dan kekuatan gel dari sifat glukomanan (Lampiran 5). Perlakuan tanpa perendaman memberikan nilai kadar air yang lebih rendah, sementara nilai KMA, densitas kamba, kekuatan mengembang, viskositas, dan kekuatan gel lebih tiggi. Hal ini karena glukomanan yang diekstraksi dari *chips* yang tanpa melalui proses perendaman masih mempunyai sifat fisika kimia yang belum mengalami perubahan. Widjanarko dan Suwasito (2014) menyatakan bahwa komponen glukomanan berperan penting dalam meningkatkan viskositas dan kemampuan hidrasi tepung iles-iles dalam pemanfaatannya. Widjanarko *et al*. (2011) menyatakan bahwa nilai viskositas berhubungan dengan glukomanan yang terkandung dalam tepung iles-iles.Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik pada penelitian ini terdapat pada perlakuan perendaman dengan larutan natrium metabisulfit.

Kurniawan *et al*. (2011) menyatakan bahwa tepung iles-iles bermutu *food grade* yang terdapat di pasar internasional memiliki viskositas larutan yang tinggi yaitu, 16000 cPs untuk larutan 1%. Hal ini tidak sebanding dengan viskositas yang dihasilkan pada perlakuan tanpa rendam pada penelitian ini, yaitu 434.14 cPs untuk larutan 1.5%. Hal ini dapat disebabkan karena pada tahap ekstraksi terdapat tahapan pengendapan glukomanan dengan etanol 95 % yang dapat membuat bentuk amorf glukomanan yang mudah larut dalam air berubah manjadi bentuk kristal yang sukar larut dalam air sehingga viskositas tepung glukomanan menjadi rendah (Kato dan Matzuda 1969). Hal ini didukung oleh pernyataan Hanif (1991) yang menyebutkan bahwa pemisahan polisakarida dengan penambahan zat bukan pelarut polsakarida seperti alkohol yang dapat bercampur dalam air dapat mengurangi kelarutan koloid tersebut karena terjadi pengurangan afinitas bagian hidrofilik.

Hasil analisis densitas kamba glukomanan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa rendam merupakan perlakuan yang menghasilkan denitas kamba lebih besar dibandingkan dengan perlakuan rendam. Densitas kamba digunakan dalam merencanakan penyimpanan dalam gudang, volume alat pengolahan, serta sarana transportasi. Besar kecilnya densitas kamba dipengaruhi oleh kadar air dan ukuran partikel. Semakin tinggi kadar air tepung menghasilkan densitas kamba yang semakin besar karena perendaman natrium metabisulif dapat membentuk endapan yang lebih kuat sehingga lebih sulit diuraikan dan menghasilkan ukuran partikel yang lebih besar.

Hasil analisis viskositas glukomanan pada perlakuan rendam dan tanpa rendam dengan natrium metabisulfit memberikan hasil yang berbeda nyata.Viskositas dengan perlakuan tanpa perendaman memberikan nilai yang lebih tinggi daripada perlakuan perendaman. Hal ini karena senyawa natrium metabisulfit tersebut dapat memberikan ion Na^+ yang menyebabkan penurunan pembentukan gel. Laaman (2011) menyatakan bahwa pembentukan gel baik viskositas dan kekuatan gel dipengaruhi oleh adanya goyangan/agitasi, pengeringan bahan, ukuran partikel, suhu, dan kation natrium. Beberapa peneliti telah menggunakan glukomanan sebagai bahan penguat gel. Penambahan glukomanan dalam gel agar maupun kappa karagenan berguna untuk meningkatkan kekuatan dan elastisitas gel (Tako dan Nakamura 1988; Goycoolea *et al*. 1995).

Hasil analisis terhadap kapasitas menyerap air pada glukomanan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa perendaman memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan perendaman. Perlakuan tanpa perendaman memberikan nilai yang lebih besar. Hal ini karena perlakuan tanpa rendam masih mempunyai sifat alami glukomanan yang mampu menyerap air lebih banyak. Tie (1991) menyatakan bahwa sel-sel glukomanan mempunyai kemampuan menyerap air dan mengembang 138-200% dari ukuran selnya dan terjadi secara cepat. Kapasitas menyerap air merupakan kemampuan maksimum tepung glukomanan dalam mengikat air sampai pada keadaan tepung glukomanan sudah tidak bisa lagi menyerap air. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dalam 1 g glukomanan dapat menyerap air sebanyak 16.68 ml. Kapasitas menyerap air berbanding lurus dengan kemampuan glukomanan untuk larut dalam air dan membentuk gel. Semakin tinggi kapasitas menyerap air, maka viskositas larutan akan semakin tinggi.

Secara umum dapat dikatakan bahwa perlakuan tanpa perendaman dan perendaman dengan natrium metabisulfit berpengaruh terhadap semua sifat fisika kimia glukomanan terhadap kadar air, kapasitas menyerap air, densitas kamba, kekuatan mengembang, viskositas, dan kekuatan gel (Tabel 18). Hal tersebut disebabkan karena dengan adanya perendaman *chips* iles-iles dengan natrium metabisulfit walaupun menghasilkan peningkatan derajat putih tetapi menurunkan kemampuan sel-sel manan terhadap sifat fisika kimianya.

Penetapan Biaya Produksi Glukomanan

Penetapan biaya produksi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang diperlukan dalam menghasilkan produk *chips* kering, tepung iles-iles, dan glukomanan dari bahan baku 100 kg umbi iles-iles segar. Penetapan biaya tersebut mengacu pada neraca massa yang disajikan pada Gambar 18.

Biaya produksi hanya mencakup biaya pembelian bahan baku, sumbangan biaya lain seperti natrium metabisulfit, etanol 96%, aquades, solar, listrik untuk oven serta biaya pembuatan produk *chips* kering menjadi tepung iles-iles (Lampiran 8). Penetapan biaya produksi iles-iles dihitung pada setiap tahapan produk dan perlakuan.). Sesuai dengan neraca massa (Gambar 18) bahwa bahan baku umbi iles-iles segar 100 kg menghasilkan 3 436 g glukomanan atau 3.44 % . Dari neraca massa tersebut kita dapat membuat penetapan biaya produksi. Penggunaan mesin perajang dalam pembuatan *chips* bertujuan agar menghasilkan ketebalan yang seragam, lebih efektif dan efisien.

Penetapan Nilai Tambah Produksi Glukomanan

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran nilai tambah dan keuntungan setiap proses pengolahan iles-iles menjadi *chips* kering, tepung iles-iles serta glukomanan yang perhitungannya berdasarkan metode Hayami *et al.* 1987. Gumbira-Sa'id dan Intan (2000) menyatakan bahwa nilai tambah adalah nilai yang tercipta dari kegiatan mengubah input pertanian menjadi produk pertanian atau yang tercipta mengolah hasil pertanian menjadi produk akhir. Penghitungan nilai tambah pada penetapan ini didasarkan pada tepung glukomanan hasil penepungan *chips* iles-iles (Gambar 18). Gambar produk umbi basah, *chips* kering, tepung iles-iles dan glukomanan disajikan pada Lampiran 7.

Penetapan nilai tambah pada umbi iles-iles disajikan pada Lampiran 9, 10, dan 11 yang diringkas pada Tabel 19.

Tabel 19 Penetapan Biaya produksi, nilai tambah, dan keuntungan iles-iles basis bahan baku 100 kg terhadap jenis produk siap jual pada berbagai perlakuan

No	Bentuk Produk	Perlakuan : Biaya Prod. (Rp/100kg)		Nilai Tambah (Rp/kg)	%	Keuntungan (Rp/kg)	(%)
1	Umbi	-	304000	0	0	0	0
2	*Chips*	Man-R	: 526500	3600	63	3500	61
		Man-TR	: 454000	2500	53	2700	57
		Mes-R	: 426500	3725	65	3720	65
		Mes-TR	: 354000	2650	56	2950	62
3	Tepung	Man-R	: 596500	195120	69	1887780	66
		Man-TR	: 524000	121500	64	118700	63
		Mes-R	: 496500	82477	73	81050	71
		Mes-TR	: 424000	63717	67	62089	66
4	Gluko-	R	:678500	447796	85.50	278149	73.26
	manan	TR	:606000	278149	73.26	272624	72

Keterangan : Man-R = Manual-Rendam dengan Natrium metabisulfit
Man-TR = Manual-Tanpa Rendam
Mes-R = Mesin-Rendam; Mes-TR = Mesin-Tanpa Rendam
R = Rendam dengan Natrium metabisulfit
TR =Tanpa Rendam

Penetapan nilai tambah pada berbagai perlakuan dan jenis produk umbi iles-iles pada basis bobot 100 kg umbi basah menunjukkan bahwa setiap perlakuan pascapanen dan bentuk produk hasil pengolahan umbi iles-iles (Lampiran 7) memberikan nilai tambah dan keuntungan yang berbeda-beda (Tabel 19). Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa nilai tambah dan keuntungan proses produksi perendaman natrium metabisulfit lebih tinggi dari pada tanpa perendaman. Berdasarkan metode Hayami *et al*. (1987) bahwa nilai tambah produk diperoleh dari nilai produk dalam rupiah dikurangi dengan nilai input bahan baku dan nilai input lainnya seperti natrium metabisulfit dalam basis per kg bahan baku, sedangkan keuntungan diperoleh dari nilai tambah dikurangi pembagian keuntungan dengan tenaga pengolahan. Persentase nilai tambah dan keuntungan pada tabel tersebut diperoleh dari fraksi nilai tambah dan keutungan terhadap *output* (pendapatan per kg produk).

Berdasarkan Tabel 19, bahwa nilai tambah tertinggi diperoleh dari pengolahan menjadi glukomanan dengan nilai sebesar Rp 350230/kg, demikian pula dengan keuntungan sebesar Rp 344760/kg. Berdasarkan persentase nilai tambahnya, proses produksi glukomanan perlakuan perendaman memiliki nilai tertinggi yaitu 92% dan nilai terendah pada proses pembuatan chips tanpa perendaman yaitu 53%. Dengan memperhatikan persentase keuntungan,

penggunaan mesin pada proses produksi tepung iles-iles lebih memberikan keuntungan karena akan mengurangi hari ongkos kerja berupa gaji atau bagi hasil.

Guna memilih proses yang lebih keuntungan, perlu diketahui sumber daya yang menjadi pembatas, apakah bahan bakunya atau modal. Apabila yang menjadi pembatas adalah bahan baku, maka dapat dipilih proses produksi glukomanan karena dengan jumlah bahan baku yang sama dapat memberikan nilai tambah dan keuntungan yang lebih tinggi. Sebaliknya apabila yang menjadi pembatas adalah modal, maka proses yang dipilih adalah proses produksi tepung iles-iles karena akan mengurangi biaya bahan kimia atau sumbangan input lain yang cukup tinggi.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengolahan pascapanen umbi segar iles-iles menjadi *chips* kering yang dilakukan oleh petani secara tradisional di sentra produksi Desa Klangon, Kabupaten Madiun dari tahapan pemilihan umbi sampai pengeringan mempunyai kelemahan tebal irisan umbi dan kadar air tidak seragam, tidak dilakukan sortasi berdasarkan umur panen, kondisi pengemasan dan penyimpanan kurang baik. Ketebalan irisan umbi segar antara 6−11 mm, dan kadar air *chips* kering iles-iles 14−16%. Proses pengeringan merupakan tahapan yang sangat penting dalam penentuan kualitas *chips* tersebut.

Pengeringan *chips* iles-iles dengan *oven drying* menghasilkan laju pengeringan dan kualitas lebih tinggi. Tipe isotermis sorpsi air pada iles-iles adalah *sigmoidal*. Tepung iles-iles memiliki pola ISA *hysteresis* yang dapat digunakan sebagai acuan penentuan kondisi penyimpanan batas aman produk.Terdapat hubungan yang dekat antara fase satu dan dua dari laju pengeringan dengan kadar air kritis pertama (M_p) adsorpsi tepung pada kadar air 3.45 % dan M_p desorpsi tepung pada kadar air 4.00 % iles-iles. Di lain Pihak Mp untuk adsorpsi chips sebesar 1.22 %. Untuk mempertahankan kadar air tepung dan *chips* iles-iles sebesar ± 12% maka penyimpanan disarankan dilakukan pada a_w 0.32-0.44 atau RH 32-44%.

Penggilingan dan pengayakan tepung iles-iles menyebabkan perubahan komposisi komponen pati, serta dan glukomanan pada tepung. Fraksi besar sampai 60 *mesh* adalah fraksi kaya glukomanan, sedangkan fraksi kecil < 80 *mesh* kaya akan pati dan serat. Pengayakan bertingkat dapat digunakan untuk pemisahan glukomanan secara fisik.

Pengolahan lanjut umbi iles-iles dari chips kering menjadi tepung iles-iles dapat menigkatkan nilai tambah hingga 2 kali lipat, dan akan terus meningkat dengan pengolahan menjadi glukomanan.

Saran

Perlu penelitian lanjutan mengenai keseragaman ketebalan irisan, pengontrolan waktu pengeringan untuk menghasilkan *chips* dengan kadar air yang tepat sehingga menghasilkan produk yang lebih seragam dan terhindar dari pertumbuhan kapang. Perlu dilakukan penelitian pengeringan dengan waktu pengamatan yang lebih pendek dan menggunakan umbi iles-iles yang mempunyai keseragam umur sehingga menghasilkan kadar air awal yang lebih seragam dan analisis hubungan laju pengeringan dan fraksi air terikat yang lebih baik.

Dibandingkan penjemuran sinar matahari. Perendaman dalam larutan sodium atau natrium metabisulfit menurunkan laju pengeringan, namun meningkatkan kecerahan *chips*.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah DT dan Soekarto ST 2010. Pemodelan isotermis sorpsi air pada model pangan. *Teknol dan Industri Pangan*, 21 (1).

Afriyani YD, Nirmala A, dan Aryanti N. 2013. Pemisahan konjak glukomanan menggunakan membran ultrafiltrasi. *J Teknol Kimia dan Industri*. 2 (4) : 164-169.

Ahmad K. 2007. Akuntansi manajemen dasar-dasar konsep biaya dan pengambilan keputusan, Edisi 5. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

An TN, Thien DT, Dong NT, Dung PL,Du NV. 2010. Characterization of Glucomannan from some *Amorphophallus* species in Vietnam. *Carbohydr Polym*. 80: 308-311.

AOAC. 2005. Official methods of analysis of the association official analitycal chemistry. Maryland: AOAC International Suite 500.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2010. Dinas pertanian tanaman pangan dan hortikultura Kabupaten Madiun, 2007-2009.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2012. Madiun Dalam Angka. Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Madiun, Jawa Timur.

Bacelos MS, Almeida PIF. 2011. Modelling of drying kinetic of potatoes taking into account shrinkage. *Procedia Food Sci*. 1:713-721.

Bajpai S, Tiwari P. 2013. Investigation of moisture sorption behavior of an indian sweet 'son-papdi. *Int J. Micro BioBiotech and Food Sci*. 5: 2277-2282.

Bechoff A, Dufour D, Dhuique-Mayer C, Marouze C, Reynes M, Westby A. 2009. Effect of hot air, solar and sun drying treatments on provitamin A retention in orange-flesh sweetpotato. *Food Eng*. 92: 164-171.

Bo S, Muschin T, Kanamoto T, Nakashima H, Yoshida T. 2013. Sulfation and biological activities of konjac glucomannan. *Carbohydr Polym*. 94: 899-903.

Brasiello A, Adileta G, Russo P, Crescitelli S, Albanese D. 2013. Mathematical modelling of eggplant drying: Shrinkage effect. *Food Eng*.114: 99-105.

Brooker DB, Bakker-Arkema FW, dan Hall CW. 1974. Drying cereal grains. The AVI Publishing Co. Inc. Westport.

Brunauer S, Emmatt PH, and Teller E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J Am Chem Soc* 66: 309-319.

Buckman, Harry O, Brady, Nyle C. 1960. The nature and property of soils - a college text of edaphology (6th ed.), New York : MacMillan Publishers, NY.

Cernisev S. 2010. Effect of conventional and multistage drying processing on non-enzymatic browning in tomato. *Food Eng*. 96: 114-118.

Chaethong K, Tunnarut D, Pongsawatmanit R. 2012. Quality and Color Parameters of Dried Chili and Chili Powder Pretreated by Metabisulfite Soaking with Different Times and Concentrations. *Kasetsar J. (Nat. Sci.)* 46: 473-484.

Chua M, Chan K, Hocking TJ, Williams PA, Perry CJ, Baldwin TC. 2012. Methodologies for the extraction and analysis of konjac glucomannan

from corms of *Amorphophallus konjac* K. Koch. *Carbohydr Polym*. 87:2 202-2 210.

CullenPJ. 2009. Food mixing: Principles and applications. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons. Ltd. Publication.

Davies RM, Olatunji MO, Burubai W. 2008. A survey of cassava machinery in oyo state. *World J Agric Sci.* 4(3): 337–340.

Devahastin S. 2000. Panduan praktis mujumdar untuk pengeringan industrial. Bogor: IPB Press.

East CP, Fellows CM, Doherty WO. 2013. Aspect of the kinetics and solubility of silica calcium oxalate composites in sugar solutions. *Food Eng*.117: 291-298.

Eskin NAM, Henderson HM, dan Townsend RJ. 1971. Biochemistry of food.Ac. Press, New York.

Evin D. 2012. Thin layer drying kinetics of *Gundelia tournefortii* L. *Food and Bioproducts Processing*. 90: 323-332.

Fang W and Wu P. 2004. Variations of Konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food hydrocolloids*. 18: 167-170.

Faridah A, Widjanarko SB, Sutrisno A, Susilo B. 2012. Optimasi produksi tepung porang dari *chips* porang secara mekanis dengan metode permukaan respon. *J Teknik Industri*. 13(2): 158-166.

Fernando WJN, Low HC, Ahmad AL. 2011. Dependence of the effective diffusion coefficient of moisture with thickness and temperature in convective drying of sliced materials. A study on slices of banana, cassava and pumpkin. *J Food Eng*. 102: 310-316.

Foster KD, Bronlund JE, Paterson AHJ. 2005. The prediction of moisture sorption isotherms for dairy powders. *Int Dairy J*. 15 : 411-418.

Frey dan Peston. 1967. Microfibrillar morphollogy of mannan advance in carbohidrates, Volume 21. New York: Academic Press, Inc.

Gao S, Guo J, Wu L, Wang S. 2008. Gelation of Konjac glucomannan crosslinked by organic borate. *Carbohydr Polym*73 : 498-505.

Gao ZP, Yu ZF, Yue TL, Quek SY. 2013. Adsorption isotherm, thermodynamics and kinetics studies of polyphenols separations from kiwi fruit juice adsorbent resin. *Food Eng*. 116 : 195-201.

Garrison RH. 1997. Akutansi manajemen. Konsep untuk perencanaan, pengendalian, dan pengambilan keputusan Jilid 1. Penerbit ITB Bandung.

Gittinger, J.P. 1986. Analisis ekonomi proyek-proyek pertanian. UI Press, JakartaGong, 1991) dan Tye (1991).

Goula AM, Karapantsios TD, Achilias DS, Adamopoulos KG. 2008. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *J Food Eng*. 85: 73-83.

Goycoolea FM, Richardson RK, Morris ER, Gidley MJ. 1995. Effect of locust bean gumand konjac glucomannan on the conformation and rheology of agarose and k-carrageenan. *J Biopolymers*. 36: 643-658.

Gumbira-Said E dan Intan AH. 2000. Menghitung nilai tambah produk agribisnis. Komoditas II (19):48.

Hanif Z. 1991. Pengaruh cara pengeringan dan cara ekstraksi terhadap rendemen dan mutu tepung mannan dari umbi iles-iles kuning (*Amorphophallus oncophyllus* PRAIN) [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Hariadi B. 2002.Akuntansi manajemen, Buku I,Edisi 1. Penerbit Yogyakarta : Badan Penerbitan Fakultas Ekonomi (BPFE).

Hayami Y, Kawagoe T, Morooka Y, Siregar M. 1987. Agricultural marketing and processing in upland Java, a perspective From a Sunda Village. CGPRT Centre.

Hayati R. 2013. Analisis fraksi-fraksi kurva isoterm sorpsi air dari tepung rosela dan pengaruhnya terhadap sifat-sifat mutu produk. *J Teknol dan Industri Pangan*. 24: 1 979-7 789.

Henderson SM dan Perry RL. 1982. Agricultural procees engineering third edition. Westport Connecticut: The AVI Publishing Company, Inc.

Henderson SM, Perry RL. 1976. Agricultural Process Engineering.Westport Connecticut: The AVI Publ. Co. Inc.

Hii CL and Law CL. 2010. Product Quality Evolution During Drying of Foods, in Drying of Foods Vegetable and Fruits. Volume 1, Ed. Jangam SV, Law CL and Mujumdar AS. ISBN – 978-981-08-6759-1. Published in Singapore, pp. 125-144.

Huang L, Takahashi R, Kobayashi S, Kawase T, Nishinari K. 2002. Gelation behavior of native and acetylated konjac glucomannan. *Biomacromolecules*. 3:1296-1303.

Iglesias HA and Chirife. 1976. BET monolayer values in dehydrate foods and food components. *Lebensmittel Wissenchaft Technol*. 9: 107-113.

Iguedjtal T, Louka N, Allaf K. 2008. Sorption isotherms of potato slices dried and texturized by controlled sudden decompression. *JFood Eng*. 85: 180-190.

Indriyani S, Arisoesilaningsih E, Wardiyati T, Purnobasuki H. 2011. A model of relationship between climate and soil factors related to oxalate content in porang (*Amorphophallusmuelleri* Blume) corm. *Biodiversitas*. 12(1)

Isengard HD. 2001. Water content, one of the most important properties of food. *Food Control* 12(7): 395-400.

Jacobsson A, Nielsen T, Sjöholm I. 2004. Effects of type of packaging material on shelf-life of fresh broccoli by means of changes in weight,color and texture. *Food Res Technol* 218:157-163.

Jangam SV, Mujumdar AS. 2010. Classification and selection of dryers for foods, in drying of foods vegetable and fruits. Ed. ISBN 978-981-08-6759-1. Published in Singapore, (1): 59-82.

Jansen PCM, Wilk CVD, Hetterscheid WLA. 1996. Prosea: Plant resources of South-East Asia No. 9. P45-50.

Jayaraman KS dan Gupta D DK. 1990. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *Int J Food Sci Technol*. 25:47-60.

Jokić S, Velić D, Bilić M, Lukinac J, Planinić M, Bucić-Kojić A. 2009. Influence of process parameters and pre-treatments on quality and drying kinetics of apple samples. *Czech J Food Sci*. 27: 88-94.

Julianti E, Soekarto ST, Hariyadi P, Syarief AM. 2005. Karakteristik isotermi sorpsi air benih cabai merah. *Bul Agric Eng Bearing* 1(2):

Kadarsan HW. 1995. Keuangan pertanian dan pembiayaan perusahaan agribisnis. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Kato K dan Matzuda K. 1969. Studies on chemical structure of conjact mannan. Part I. Isolation and characterization of oligosaccharides from the partial acid hydrolizate of the mannan. *J Biol Chem*, 33(10): 1 446-1 453.

Kone KY, Druon C, Gnimpieba EZ, Delmotte M, Duquenoy A, Laguerre JC. 2013. Power density control in microwave assisted air drying to improve quality of food. *J Food Eng*.119: 750-757.

Kurniawan F, Mulyono E, Broto W, Permana AW. 2011. Purifikasi tepung mannan dari umbi iles-iles (*Amorphophallus oncophyllus*) secara enzimatis untuk peningkatan mutu menjadi *Food Grade*. Prosiding Seminar Nasional 2011 - Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian.Bogor, Indonesia. 17 November 2011.

Labuza, T. P. 1984. Moisture sorption : Practical aspects of isotherm measurements and use.AACC, St Paul, MN.

Laanan TR. 2011. Hydrocolloids in food processing. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. USA.

Latapi G dan Barrett DM. 2006. Influence of Pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part II.Effects of Storage on Nutritional and SensoryQuality of Sun-dried Tomatoes Pretreated with Sulfur, Sodium meta-bisulfite, or Salt.*J. Food Sci*. 71(1): 32-37.

Lavoie JC, Lachance C, Chessex P. 1994. Antiperoxide activity of sodium metabisulfite. A double-edged sword. *Biochem Pharmacol*. 47(5): 871-876.

Liang YS, Chen NL, Ke LS. 2012. Influence of dipping in sodium metabisulfite on pericarp browning of litchi cv. Yu Her Pau (Feizixiao). *Postharvest Biol Technol*. 68: 72-77.

Li B, Xie B, Keneedy JF. 2006. Studies on the molecular chain morphology of konjac glucomannan. *Carbohydr Polym*. 64: 510-515.

Li J, Ji J, Xia J, Li B. 2012. Preparation of konjac glukomanan-based super absorbent polymers by frontal polymerization. *Carbohydr Polym*. 87: 757-763.

Libert B, Franceschi VR. 1987. Oxalate in crop plants. *J Agric Food Chem*. 35: 926-938.

Lievonen SM, Ross YH. 2002. Water sorption of food models for studies of glass transition and reaction kinetics. *J Food Sci*. 65(5): 1 758-1 766.

Liu TG, Wang Y, Xia J, Li B. 2005. Influence of purification method on the structure and properties of konjac glucomannan. *Chem Forest Products*. 25: 71-75.

Martinez CIO, Quintero PT, Ayala AA, Ortiz MJ. 2012. Drying characteristics of mango slices using the refractance window™ technique. *J Food Eng*. 109: 69-75.

Mathlouthi M, Roge B. 2003. Water vapuor sorption isotherms and the caking of food powders. *Food Chem*. 82: 61-71.

Mayor L, Sereno AM. 2004. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *J Food Eng.* 61: 373-386.

McLaughlin CP, Magee TRA. 1998. The Determination of Sorption Isotherm and Isosteric Heats of Sorption for potatoes. *J Food Eng*. 35: 267-280.

McMinn WAM, Mage TRA. 1999. Studies on the effect of temperature on moisture sorption characteristics of potatoes. *J Food Process Eng*. 22: 113-128.

Meisami-asl E, Rafiee S, Keyhani A, Tabatabaeefar A. 2010. Determination of suitable thin layer drying curve model for apple slices (variety-Golab). *J Plant Omics*. 3(3):102-108.

Moraga G, Martinez-Navarrete N, Chiralt A. 2006. Water sorption isotherms and phase transitions in kiwi fruit. *J Food Eng*. 72: 147-156.

Moreira R, Chenlo F, Torres MD, Prieto DM. 2010. Water adsorption and desorption of chesnut and wheat flours. *J Indus Crops and Products*. 32: 252-257.

Muhtaseb AH, McMinn WAM, Magee RA. 2004. Water sorption isotherms of starch powder Part.1 : mathematical description of experimental data. *J Food Eng*. 61 : 297-307.

Mujumdar AS. 2000. Drying technology in agriculture and food sciences. USA: Science Publishers, Inc.

Muljohardjo M. 1987. Pengeringan bahan pangan. Makalah yang disampaikan kursus singkat pengeringan bahan pangan PAU Pangan-Gizi-UGM, tgl 14-31 Desember 1987.

Mursyidi. 2010. Akuntansi Biaya. Conventional costing, just in time, dan activity-based costing. PT. Refika Aditama Bandung.

Murtinah S. 1977. Pembuatan keripik dan isolasi glukomanan dari umbi iles-iles. Semarang: Balai Penelitian Kimia.

Noonan SC, Savage GP. 1999. Oxalate conten of foods and its effect on humans. *Asia Pacific J Clin Nutr*. 8(1): 64-74.

Novita MDA, Indriyani S. 2013. Kerapatan dan bentuk kristal kalsium oksalat umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) pada fase pertengahan pertumbuhan hasil penanaman dengan perlakuan pupuk P dan K. *J Biotropika*. 1(2).

Ohtsuki T. 1968. Studies on reserve carbohydrat of flour *Amorphophallus* Sp. with special reference to mannan. *Botanical Magazine Tokyo*. 81: 119-126.

Peng G, Chen X, Wu W, Jiang X. 2007. Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *J Food Eng*.80: 562-567.

Perry RH and Chilton CH. 1980. Chemical engineers handbook, fifth edn. New York: McGraw-Hill.

Pomeranz Y.1991. Functional properties of food components. Second edition. Academic Press, Inc.

Potter NN. 1973. Food Science2nd. The AVI Pub. Co. Inc. Westport. Conneticut. Ratcliffe, 2005.

Purwadaria HK, Syarief AM, Bukhori, Sukrisno W, Abrar AM, Sulyaden. 2002. Pengembangan proses fraksinasi untuk meningkatkan mutu tepung iles-iles (*konjac flour*) untuk ekspor. Artikel. Laporan akhir tahun RUT VIII.1 Tahun anggaran 2001. Fateta, IPB. Bogor.

Raharjo BA, Dewi NWS, Haryani K. 2012. Pemanfaatan tepung glukomanan dari umbi iles-iles (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. *J Teknologi Kimia dan Industri*1 (1) : 401-411.

Rahman MM, Kawamura O. 2011. Oxalate accumulation in forage plants: some agronomic, climatic and genetic aspects. *Asiant-Aust J Anim Sci*. 24(3): 439-448.

Ramirez C, Troncoso E, Munoz J, Aguilera JM. 2011. Microstructure analysis on pre-treated apple slices and its effect on water release during air drying. *J Food Eng*. 106: 253-261.

Richana N dan Sunarti TC. 2004. Karakterisasi Sifat Fisikokimiatepung Umbi dan Tepung Pati Dari Umbi Ganyong. *J Pascapanen*. 1(1): 29-37.

Russo P, Adiletta G, Matteo MD. 2013. The influence of drying air temperature on the physical properties of dried and rehydrated eggplant. *Food Bioproducts Processing*. 91: 249-256.

Santosa E, Sugiyama N, Hikosaka S, Kawabata S. 2003. Cultivation of Amorphophallus mulleri Blume in Timber forest of East Java, Indonesia. *J Trop Agric*. 47(3): 190-197.

Scheer JVD, Douwes Dekker GHW dan Heleuijn EKE. 1993. Perihal Budidaya Tanaman Iles-iles dan Penerapannya untuk Sasaran Industri. (Terjemahan). Bandung.

Seid RM, Hensel O. 2012. Experimental evaluation of sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko Fana (*Capsicum annum* L.) *Agric. Eng*. 14(4): 163-171.

Senadeera W, Bhandari B, Young G, Wijesinghe B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. *InMujumdar AS (ed). Drying technology in agriculture and food sciences* (pp. 159-161) Enfield Science Publishers.

Setijahartini. 1985. Pengeringan. Bogor: Agroindustri Press, Fateta, IPB.

Sgroppo SC, Vergara LE, Tenev MD. 2010. Effects of sodium metabisulphite and citric acid on the shelf life of fresh cut sweet potatoes. *Spanish J. Res*8 (3): 686-693.

Sharma GP, Verma RC, Pathare P. 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *J Food Eng*. 71 : 282-286.

Sinija VR, Mishra HN. 2008. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. *J Food Eng*. 86: 494-500.

[SNI] Standar Nasional Indonesia. 1989. Iles-Iles. No 01-1680-1989.

Soekarto ST. 1981. Pengukuran air ikatan dan peranannya pada pengawetan pangan. *Bul Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia*. 3(3/4): 4-18.

Soekarto ST dan Adawiyah DR. 2012. Keterkaitan berbagai konsep interaksi air dalam produk pangan. *J Teknol Industri Pangan*, 23 (1) :107-116.

Staudt PB, Kechinski CP, Tessaro IC, Marczak LD, Soares RP, Cardozo NSM. 2013. A new method for predicting sorption isotherms at different temperatures using the BET model. *J Food Eng*. 114: 139-145.

Sufiani.1993. Iles-iles (*Amorphophallus*). Jenis, syarat tumbuh, budidaya, dan standar mutu ekspornya. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Sumarna AK, Ismail, Hariyanto. 2002. Pengantar Kimia Analisis II (Titrimetri). Bogor (ID): SMAKBO.

Sumarwoto. 2004. Pengaruh pemberian kapur dan ukuran bulbil terhadap pertumbuhan iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) pada tanah ber-Al tinggi. *J Ilmu Pertanian*. 11(2): 45-53.

Sumarwoto. 2005. Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume): Deskripsi dan sifat-sifat lainnya. *J Biodiver*. 6(3): 185-190.

Sumarwoto. 2007. Review: Kandungan mannan pada tanaman iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Bioteknologi*. 4(1): 28-32.

Sutrisno. 2001. Akuntansi biaya untuk manajemen, Buku I Edisi 1. Yogyakarta: Ekonisia.

Syaefullah M. 1990. Studi karaterisasi glukomanan dari sumber indegenous iles-iles*Amorphophallus oncophyllus*dengan variasi proses pengeringan dan dosis perendaman. [Tesis]. Bogor: Institut pertanian Bogor.

Tako M dan Nakamura S. 1988. Synergistic interaction between agarose and D-galacto-D-mannan in aqueous media. *J Agri and Biol Chem*, 52: 1 071-1 072.

Teramoto A dan Fuchigami M. 2000. Changes in temparature, texture, and structure of konnyaku (Konjac Glucomannan Gel) during high-pressure-freezing. *J Food Sci*. 65: 491-497.

Thanasekaran P, Liu CM, Cho JF, Lu KL. 2012. Melamine-promoted crystal growth of calcium oxalate monohydrate from calcium nitrate and oxalic acid. *J Inorganic Chem Commun*.17: 84-87.

Timmermann EO, Chirife J, Iglesias HA. 2001. Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters. *J Food Eng*. 48:19-31.

Tye JR. 1991. Konjac flour. Properties and applications. Food technology. California: A publication of the Institut of Food Technologiest.

Udoh AJ. 2009. Adoption of postharvest crop processing machines for increased cassava and maize production: A food security measure for poor income farmers in Rural Nigeria. *Indian Res J Ext Edu*. 9(3): 78-82.

Van den Berg C, Bruin S. 1981. Water activityand its estimation in food systems : theoritical aspects. *Di dalam* Water : Influences in Food Quality. Rockland LB, Steward GF (ed). London: Acaemic Press.

Vega-Galvez A, Uribe E, Perez M, Tabilo-Munizaga G, Vergara J, Garcia-Segovia P, Lara E, Scala KD. 2011. Effect of high hydrostatic pressure pretreatment on drying kinetics, antioxidant activity, firmness and microstructure of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) gel. *Food Sci Technol*. 44: 384-391.

Venir E, Maltini E. 2013. Relevance of physical properties in the stability of plant-based food products. *Indian J Experimental Biol*. 51: 895-904.

Wahjuningsih SB dan Kunarto B. 2011. Effect of blanching and particle size (*mesh*) to content of glucomannan, calsium oxalte, and dietary fiber on porang flour (*Amorphophallus onchophyllus*). *J Litbang*. 9(2): 117-123.

Wang J, Xi YS. Drying characteristic and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *Food Eng* 68: 505-511.

Widjanarko SB dan Suwasito TS. 2014. Pengaruh lama penggilingan dengan metode *ball mill* terhadap rendemen dan kemampuan hidrasi tepung porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *J Pangan dan Agroindustri*. 2(1): 79-85.

Widjanarko SB, Sutrisno A, dan Faridah A. 2011. Efek hidrogen peroksida terhadap sifat fisiko kimia tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan metode maserasi dan ultrasonik. *J Teknologi Pertanian*. 12(3): 143-152.

Widyotomo S. 2002. Pengaruh proses penggilingan terhadap perubahan partikel tepung iles-iles. [Tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.

Widyotomo S, Purwadaria HK, Syarief AM, Sri-Mulato. 2004. Distribusi partikel tepung iles produk pengecilan ukuran dengan metode pengolahan kering. *Buletin Ilmia INSTIPER* Vol. 11(1): 51-70.

Wijayanti R. 2013. Evaluasi penggunaan drying agent terhadap sifat fisikokimia bit merah (*Beta vulgaris* L.) instan. [Tesis]. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Wulandari A, Waluyo S, Novita DD. 2013. Prediksi umur simpan kerupuk kemplang dalam kemasan plastik polipropilen beberapa ketebalan. *J Teknik Pertanian Lampung*. 2(2):105-114.

Yao-Ling L, Rong-Hua D, Ni C, Juan P, Jie P. 2013. Review of konjac glucomannan: Isolation, structure, chain conformation and bioactivities. *J Single Mole MRRes.* 1(1): 7-14.

Yuan ZH, Wu DC, Li XY, Wu H. 2003. Effect of ultrasonic waves on extracting Konjac Glucomannan. *J Fourth Military Medical University*. 24: 238-241.

Yusianti L, Sapta W, Arini W, dan Apriyanto DN. 1999. Potensi iles-iles kuning (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai sumber mannan untuk bahan baku *edible film.* Laporan LKIP. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. FATETA IPB, Bogor.

Zhang D dan Wang Q. George S. 2010. Mechanism of staggered multiple seedling production from *Amorphophallus bulbifer* and *Amorphophallus muelleri* and its application to cultivation in Southeast Asia. *Trop Agr Dev*. 54 (3): 84-90.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Format kuesioner pengolahan pascapanen iles-iles di Desa Klangon, Saradan, Madiun, Jawa Timur

I. Identitas Responden

Nama	**:**	
Alamat	**:**	
Luas pertanaman bapak	**:**	**Ha**
Nama LMDH	**:**	
Jumlah orang yang tanam	**:**	**Orang**
Luas tanam seluruh LMDH	**:**	**Ha**
Tanggal pengisian	**:**	**/10/2013**

II. Bahan Baku

1. Umur saat panen ……..(tahun)
2. Produksi umbi segar saat tanaman umur 2 tahun …….. ton/ha
3. Produksi umbi segar saat tanaman umur 3 tahun …….. ton/ha
4. Produksi umbi segar saat tanaman umur 4 tahun …….. ton/ha
5. Tanaman dipanen pada bulan ……(Mei / Juni / Juli / Agustus)
6. Berapa rendemen pada tanaman yang dipanen
7. pada bulan tersebut ……. %
8. Berapa harga umbi segar/kg di tingkat petani …… (Rp./kg)
9. Berapa harga umbi segar/kg di tingkat petani …… (Rp./kg)
10. Luas lahan garapan bapak untuk pertanaman
11. porang adalah ……. Ha
12. Apakah umbi yang sudah dipanen langsung
13. dijual ke tingkat pengepul …….. (ya/tidak)

III. Proses

1. Apakah dilakukan sortasi terhadap bobot umbi yang baru dipanen …… (ya/tidak)
2. Apakah dilakukan pencucian umbi sebeluam dirajang ……(ya/tidak)
3. Berapa mm tebal irisan umbi basah yang dirajang …… mm
4. Alat perajang jenis apa yang digunakan bapak….. (manual/mesin)
5. Ada berapa jumlah mesin perajang setiap desa …… (buah)
6. Apakah semua orang menggunakan perajang mesin …. (ya/tidak)
7. Berapa jumlah orang yang menggunakan mesin perajang disetiap desa …… (buah)
8. Berapa lama penjemuran umbi di atas “widig” ……. Hari
9. Berapa lama penjemuran umbi di atas lantai semen …….. Hari
10. Apakah dilakukan pembalikan *chips* selama dijemur di atas lantai semen …… (ya/tidak)
11. Berapa % kadar air *chips* yang dihasilkan setelah penjemuran selesai ……. %
12. Berapa harga *chips* kering/kg bila dijual ke pengepul …… Rp./kg

13. Apakah dilakukan sortasi ukuran terhadap umbi yang sudah kering …….. (ya/tidak)
14. Apakah terjadi pertumbuhan jamur selama penjemuran …(ya/tidah)
15. Berapa hari waktu penyimpanan *chips* dalam gudang sebelum dikirim ke pabrik ……... hari
16. Apakah ketebalan *chips* yang sudah kering mempunyai ukuran yang sama ……(ya/tidak)
17. Jenis pengemas dari bahan apa yang digunakan untuk menyimpan *chips* yang sudah kering …….....
18. Berapa kg volume rata-rata setiap kemasan untuk penyimpanan *chips* …….. kg
19. Apakah sudah dilakukan proses penepungan ditingkat petani atau pengepul …… (ya/tidak)
20. Apakah dilakukan penyortiran terhadap mutu *chips* ditingkat petani atau pengepul…… (ya/tidak)
21. Berapa kira-kira biaya untuk proses perajangan dan pengeringan *chips* dari umbi basah …… kg
22. Jenis kendala apa yang sering dihadapi selama proses penjemuran *chips* ……
23. Bagaimana mutu *chips* ditingkat petani mengenai:
    Kadar air …… %
    Apakah terdapat benda asing ……. (ya/tidak)
    Warna *chips* ……
    Terdapat jamur …….. (ya/tidak)
    Lain-lain …….

Lampiran 2 Format kuesioner Pabrik Glukomanan di PT. Ambico, Pasuruan, Jawa Timur

Kuesioner Pabrik Glukomanan di PT. Ambico, Pasuruan, Jawa-Timur

I. Tanggal wawancara:

II. Persyaratan Bahan Baku

1. Apakah dilakukan penyortiran terhadap bobot umbi yang akan diproses (ya/tidak)*
2. Apakah umur panen umbi ditentukan oleh pabrik (ya/tidak)*
3. Umbi yang ada didatangkan dari daerah .....
4. Bulan apa yang dipilih pada saat dilakukan panen umbi (Mei/Juni/Juli/Agustus)*
5. Berapa kg bobot umbi rata-rata yang diproses (.....kg)
6. Apakah dilakukan pencucian umbi sebelum diproses (ya/tidak)*
7. Jenis pengeringan apa yang digunakan untuk pengeringan .....
8. Berapa ukuran partikel tepung porang yang dipilih .....*mesh*
9. Jumlah produksi tepung porang adalah .....ton/hari
10. Produksi glukomanan .....kg/hari
11. Jumlah limbah yang dihasilkan oleh pabrik .....ton/hari
12. Proses pemisahan glukomanan dilakukan secara (fisik/kimia)*
13. Berapa rupiah harga tepung porang/kg dari pabrik .....Rp/kg
14. Berapa besar kadar air tepung porang yang sudah diproses .....%
15. Apakah semua glukomanan diolah menjadi konyaku dan shirataki (ya/tidak)*
16. Jenis bahan kemasan untuk menyimpan glukomanan adalah .....
17. Kadar glukomanan yang dihasilkan adalah .....
18. Warna apakah glukomanan yang telah dihasilkanoleh pabrik (putih bersih, putih kekuningan, putih kecoklatan, atau yang lain.... .....)*
19. Mutu berapa glukomanan yang dihasilkan oleh pabrik (I,II, dan III)*
20. Perlakuan umbi porang yang mutunya tidak baik (dibuang/ditanam/dijual/diolah jadi produk lain)*
21. Apakah dilakukan uji karakterisasi terhadap tepug porang (Uji kadar protein, abu, air, lemak, serat, glukomanan, kalsium oksalat, warna, dan TPC)*

Keterangan *: mohon dicoret salah satu yang tidak dipilih

Lampiran 3 Hasil Uji Anova Komposisi Kimia *Chips* Iles-iles dengan Perlakuan Perendaman dan Tanpa Perendaman dalam Larutan natrium metabisulfit dengan Pengeringan dalam Oven dan Penjemuran Matahari

1. Derajat Putih

Analisis ragam (Anova) Derajat Putih pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	51.714	51.714	389.20*	0.0001
Pengeringan	1	27.011	27.011	203.28*	0.0001
Interaksi	1	3.075	3.075	23.14*	0.0086
Kesalahan	4	0.531	0.133		
Total	7	82.332			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α=5%

Hasil Uji Lanjut Interaksi metode Duncan Derajat Putih pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
R-O	34.285	a
R-M	31.850	b
TR-O	30.440	c
TR-M	25.525	d

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

2. **Residu SO_2**

Analisis ragam (Anova) Residu SO_2 pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.210	0.210	319.01*	0.0001
Pengeringan	1	0.056	0.056	84.63*	0.0008
Interaksi	1	0.036	0.036	54.45*	0.0018
Kesalahan	4	0.003	0.001		
Total	7	0.304			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

R^2	Koefisien Keragaman (%)	Akar KTG	Rataan Residu SO_2
0.991	8.449	0.025	0.303

Hasil Uji Lanjut Perendaman Metode Duncan Residu SO_2 pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
R	0.465	a
TR	0.141	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Hasil Uji Lanjut Pengeringan Metode Duncan Residu SO_2 pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
O	0.386	a
M	0.220	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Hasil Uji Lanjut Interaksi Metode Duncan Residu SO_2 pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
R-O	0.615	a
R-M	0.315	b
TR-O	0.158	c
TR-M	0.125	c

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

3. Air

Analisis Ragam Anova Kadar Air pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.177	0.177	21.46*	0.0098
Pengeringan	1	2.128	2.128	257.76*	0.0001
Interaksi	1	0.002	0.002	0.260^{tn}	0.6388
Kesalahan	4	0.033	0.008		
Total	7	2.340			

Keterangan *: Berpengaruh nyata pada α= 5%
(tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

4. Abu

Analisis Ragam (Anova) Kadar Abu pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	1.058	1.058	143.84*	0.0003
Pengeringan	1	5.872	5.872	798.14*	0.0001
Interaksi	1	0.575	0.575	78.13*	0.0009
Kesalahan	4	0.029	0.007		
Total	7	7.535			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjut Interaksi metode Duncan Kadar Abu pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
TR-M	6.269	a
R-M	6.078	a
TR-O	5.092	b
R-O	3.829	c

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

5. Pati

Analisis Ragam (Anova) Kadar Pati pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	95.358	95.358	0.83^{tn}	0.414
Pengeringan	1	134.808	134.808	1.17^{tn}	0.340
Interaksi	1	5.746	5.746	0.05^{tn}	0.834
Kesalahan	4	460.721	115.180		
Total	7	696.633			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

6. Log TPC (*Total Plate Count*)

Analisis Ragam (Anova) Log TPC pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.022	0.022	0.08^{tn}	0.7969
Pengeringan	1	0.120	0.120	0.42^{tn}	0.5540
Interaksi	1	0.033	0.032	0.11^{tn}	0.7534
Kesalahan	4	1.153	0.288		
Total	7	1.327			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

7. Rendemen Glukomanan

Analisis Ragam (Anova) Kadar Rendemen Glukomanan pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	1.721	1.721	0.02^{tn}	0.9078
Pengeringan	1	480.965	480.965	4.25^{tn}	0.1082
Interaksi	1	29.453	29.453	0.26^{tn}	0.6367
Kesalahan	4	452.339	113.085		
Total	7	964.478			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

8. Kadar Serat Kasar

Analisis Ragam (Anova) Kadar Serat Kasar pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	2.271	2.271	0.49^{tn}	0.5215
Pengeringan	1	15.419	15.419	3.34^{tn}	0.1415
Interaksi	1	3.232	3.232	0.70^{tn}	0.4497
Kesalahan	4	18.452	4.613		
Total	7	39.374			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

9. Lemak

Analisis Ragam (Anova) Kadar Lemak pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.005	0.005	1.69^{tn}	0.2636
Pengeringan	1	0.018	0.018	6.36^{tn}	0.0652
Interaksi	1	0.004	0.004	1.46^{tn}	0.2931
Kesalahan	4	0.011	0.003		
Total	7	0.038			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

10. Protein

Analisis Ragam (Anova) Kadar Protein pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.374	0.374	0.90^{tn}	0.3971
Pengeringan	1	0.800	0.800	1.92^{tn}	0.2382
Interaksi	1	0.495	0.495	1.19^{tn}	0.3371
Kesalahan	4	1.668	0.417		
Total	7	3.337			

Keterangan (tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

11. Kadar Karbohidrat (by difference)

Analisis Ragam (Anova) Kadar Karbhidrat pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.005	0.005	0.01^{tn}	0.9240
Pengeringan	1	9.747	9.747	18.83*	0.0123
Interaksi	1	2.472	2.472	4.78^{tn}	0.0941
Kesalahan	4	2.070	0.517		
Total	7	14.294			

Keterangan *: Berpengaruh nyata pada α= 5%
(tn): Tidak berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjut Pengeringan Duncan Kadar Karbohidrat pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
O	79.307	a
M	77.099	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

12. Ca-Oksalat

Analisis Ragam (Anova) Ca-Oksalat pada *chips* iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perendaman	1	0.091	0.091	1243.38*	0.0001
Pengeringan	1	0.085	0.085	1162.89*	0.0001
Interaksi	1	0.138	0.138	1901.63*	0.0001
Kesalahan	4	0.0003	0.00007		
Total	7	0.3139			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

R^2	Koefisien Keragaman (%)	Akar KTG	Rataan Kadar Karbohidrat
0.999	0.874	0.009	0.976

Hasil Uji Lanjut Perendaman Metode Duncan Ca-Oksalat pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
R	1.082	a
TR	0.870	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Hasil Uji Lanjut Pengeringan Metode Duncan Ca-Oksalat pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
M	1.079	a
O	0.873	b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Hasil Uji Lanjut Interaksi Metode Duncan Ca-Oksalat pada *chips* iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
R-M	1.317	a
TR-O	0.898	b
R-O	0.848	c
TR-M	0.841	c

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Lampiran 4 Hasil Uji Anova Komposisi Kimia Tepung Iles-iles pada Pengayakan Bertingkat

1. Kadar Glukomanan

Analisis Ragam (Anova) Kadar Glukomana pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	49.921	112.480	196.13*	0.0001
Kesalahan	5	2.868	0.574		
Total	9	452.788			

Keterangan: *: berpengaruh nyata pada α=5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kadar Glukomanan pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	6.67	c
B	23.65	a
C	12.17	b
D	7.11	c
E	5.56	c

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

2. Pati

Analisis Ragam (Anova) Kadar Pati pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	151.438	37.859	390.52*	<0.001
Kesalahan	5	0.484	0.097		
Total	9	151.023			

Keterangan: *:Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kadar Pati pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	22.43	e
B	24.76	d
C	27.86	c
D	29.63	b
E	33.66	a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

3. Kadar Serat Kasar

Analisis Ragam Anova Kadar Serat pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	0.051	0.013	5.36*	0.0471
Kesalahan	5	0.012	0.002		
Total	9	0.063			

Keterangan:* :Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kadar Serat pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	8.42	ab
B	5.71	b
C	5.71	b
D	9.15	ab
E	14.57	a

Keterangan: Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

4. Kadar Air

Analisis Ragam (Anova) Kadar Air pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	9.080	2.270	57.75*	0.0002
Kesalahan	5	0.197	0.039		
Total	9	9.276			

Keterangan:*:Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Kadar Air pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	1119	ab
B	11.40	a
C	10.83	b
D	10.54	c
E	8.72	d

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

5. Derajat Putih

Analisis Ragam (Anova) Derajat Putih pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	280.460	70.115	1643.58*	0.0001
Kesalahan	5	0.213	0.043		
Total	9	280.673			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Derajat Putih pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	25.33	e
B	30.36	d
C	35.40	c
D	37.48	b
E	40.16	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

6. Densitas Kamba

Analisis Ragam (Anova) Densitas Kamba pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	341840	85460	8546*	0.0001
Kesalahan	5	50	10		
Total	9	341890			

Keterangan:*: Berpengeruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Densitas Kamba pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	798.40	a
B	779.45	b
C	555.50	c
D	420.75	d
E	347.25	e

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

7. Viskositas

Analisis Ragam (Anova) Viskositas pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	18.3599	4.590	141.69*	0.0001
Kesalahan	5	0.1620	0.032		
Total	9	18.5219			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α=5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Viskositas pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	590000.00	a
B	48500.00	a
C	16860.50	ab
D	177.50	b
E	4.50	b

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

8. pH

Analisis Ragam (Anova) pH pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	0.032	0.008	12.22*	0.0086
Kesalahan	5	0.003	0.001		
Total	9	0.036			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan pH pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
A	5.96	c
B	6.01	bc
C	6.02	bc
D	6.08	ab
E	6.13	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

9. Persentase Bobot

Analisis Ragam Anova Persentase Bobot pada tepung iles-iles

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	4	1.019	0.254	248.54*	0.0001
Kesalahan	5	0.005	0.001		
Total	9	1.024			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Persentasi Bobot pada tepung iles-iles

Perlakuan	Nilai	0.05
A	2.54	c
B	70.38	a
C	14.06	b
D	3.01	c
E	1.09	c

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

Lampiran 5 Hasil Uji Anova komponen Mutu Glukomanan Perlakuan perendaman dalam Na-metabisulfit (R) dan tanpa rendam dalam Na-metabisulfit (TR)

1. Kadar Air (%)

Analisis Ragam (Anova) Kadar Air pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	6.225	6.225	36.98*	0.026
Kesalahan	2	0.337	0.168		
Total	3	6.562			

Keterangan: *:Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kadar Air pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	14.94	a
TR	12.44	b

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perlakuan berbeda nyata

2. Kapasitas Menyerap Air (%)

Analisis Ragam (Anova) Kapasitas Menyerap Air pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	28.8369	28.8369	110.70*	0.0089
Kesalahan	2	0.5210	0.2605		
Total	3	29.3579			

Keterangan: *: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kapasitas Menyerap Air glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	13.550	b
TR	18.920	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

3. Densitas Kamba (g/ml)

Analisis Ragam Anova Densitas Kamba pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	0.0324	0.0324	8 4752.9*	0.0001
Kesalahan	2	0.0000	0.0000		
Total	3	0.0324			

Keterangan:*: Berpengeruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Densitas Kamba pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	0.713	b
TR	0.893	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

4. Kekuatan Mengembang (%)

Analisis Ragam (Anova) Kekuatan Mengembang pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	3.9006	3.9006	168.68*	0.0059
Kesalahan	2	0.0463	0.0231		
Total	3	3.9469			

Keterangan:*: Berbeda nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kekuatan Mengembang pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	17.375	b
TR	19.350	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

5. Viskositas

Analisis Ragam (Anova) Viskositas pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	1 864.5124	1 864.5124	630.84*	0.0016
Kesalahan	2	5.9112	2.9556		
Total	3	1 870.4236			

Keterangan:*: Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Viskositas pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	390.96	b
TR	434.14	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

6. Kekuatan Gel

Analisis Ragam (Anova) Kekuatan Gel pada glukomanan

Sumber keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	P-value
Perlakuan	1	782.0412	782.0412	22201.3*	<0.0001
Kesalahan	2	0.0704	0.0352		
Total	3	782.1117			

Keterangan:*:Berpengaruh nyata pada α= 5%

Hasil Uji Lanjutan Metode Duncan Kekuatan Gel pada glukomanan

Perlakuan	Nilai	0.05
R	130.48	b
TR	134.94	a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

Lampiran 6 Cara pelaksanaan analisis fisik dan kimia

1. Densitas Kamba (Buckman *et al*, 1960)

Densitas kamba dihitung dengan cara memasukkan sejumlah tepung glukomanan kedalam gelas piala atau gelas ukur yang telah diketahui bobotnya sampai mencapai volume 200 ml kemudian gelas ukur yang berisi tepung tersebut ditimbang. Densitas kamba dihitung dari bobot tepung glukomanan terhadap volume tepung.

Densitas kamba = $\frac{bobot\ tepung\ (g)}{volume\ tepung\ (ml)}$

2. Derajat Kekentalan Larutan (Viscositas) (Perry dan Chilton, 1980)

Kekentalan atau viskositas larutan glukomanan ditentukan dengan alat *viscometer Brookfield*. Nilai kekentalan dinyatakan dalam satuan centipoises yang dihasilkan dengan mengalikan factor 10 ml aquades dan diaduk, kemudian ditambahkan 90 ml air mendidih dan didinginkan sampai suhunya mencapai suhu ruang. Spindel yang digunakan adalah spindle no 4 dengan kecepatan 6 putaran per menit dan factor koreksinya adalah 1000.

3. Kadar Air (AOAC, 2005)

Cawan aluminium dikeringkan pada suhu 105°C selama 3-5 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Ditimbang sampel sebanyak 2 g (W_1) kemudian dimasukkan ke dalam cawan aluminium yang sudah diketahui bobotnya dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1-2 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator kemdian ditimbang. Diulangi pemanasan sampel sampai dihasilkan bobot yang tetap (W_2). Sisa contoh dihitung sebagai total padatan dan air sebagai kadar air.

Kadar air (%) = $\frac{W1-W2}{W1}$ x 100%

4. Kadar Pati (AOAC, 2005)

Sampel kurang lebih satu gram dihidrolisis dengan 100 ml HCl 3 % di dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 115° C. Selanjutnya dinetralkan dengan penambahan NaOH 4N dan dilakukan pengenceran dengan akuades hingga volume akhir 250 ml pada pH 7 kemudian disaring. Filtrat sebanyak 10 ml dipipet dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah diisi dengan 25 ml larutan Luff Schrool. Dilakukan pemanasan dengan autoklaf atau pendingin balik selama 10 menit mendidih. Campuran didinginkan dengan air mengalir dan ditambahkan 20 ml KI 20% dan 25 ml H_2SO_4 25% secara perlahan-lahan. Campuran dititrasi dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N sampai terbentuk larutan berwarna kuning pucat, kemudian ditambahkan indikator kanji 1% (terbentuk larutan warna biru). Kemudian dititrasi kembali sampai warna biru hilang (a ml). Dilakukan juga pada larutan blanko (b ml). Kadar pati dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar pati} = \frac{a\ x\ P\ x\ 0{,}95}{mg\ sampel}\ \text{x } 100\%$$

Keterangan: P = 25

5. Kadar Serat Kasar (AOAC, 2005)

Sampel ± 1 gram dimasukkan kedalam labu erlenmeyer ukuran 250 ml, ditambah 100 ml H_2SO_4 0,325 N (1,25%) (untuk hidrolisis), dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105° C selama 15 menit, setelah dingin ditambah 50 ml NaOH kemudian dimasukkan kedalam autoklaf lagi pada suhu dan waktu yang sama yaitu 105° C selama 15 menit, diangkat dan ditunggu sampai dingin. Setelah larutan dingin disaring dengan kertas saring whatman ukuran no 41, sambil dilakukan pembilasan berturut-turut dengan air panas, H_2SO_4 0,325 N, air panas, dan etanol. Kertas saring yang telah mengandung serat dikeringanginkan, dan kemudian dimasukkan kedalam oven pada suhu 105° C selama kurang lebih 2 jam. Kertas saring yang telah kering didinginkan di dalam desikator kemudian ditibang beratnya. Kemudian dihitung kadar serat kasar dengan rumus :

$$\text{Kadar serat kasar} = \frac{W2-W1}{W}\ x\ 100\%$$

Keterangan: W = bobot sampel, W_1 = bobot kertas saring kosong, dan W_2 = bobot kertas saring + serat kasar.

6. Kadar Glukomanan (Ohtsuki,1968)

Sebanyak sampel ± 1 g ditambah aquades 30 ml sambil dilakukan pengadukan sampai homogen, diekstraksi dalam *shaker* (alat penggoyang) yang diatur pada suhu 45° C selama 2 jam. Dilakukan *sentrifuse* pada putaran 4 000 rpm selama 20 menit untuk memisahkan fraksi glukomanan, maltodekstrin, dan ampas tepung. Fraksi glukomanan dipisahkan dari maltodekstrin dan ampas tepung, kemudian dimasukkan dalam gelas piala dan disimpan dalam almari es selama satu jam. Glukomanan dalam gelas piala kemudian ditambah alkohol 96 % sebanyak 13 ml sambil dilakukan pengadukan tetap hingga terbentuk endapan glukomanan. Campuran glukomanan dan alkohol yang telah terjadi endapan glukomanan dilakukan penyaringan dengan kertas saring wahtman ukuran 41, kemudian dikering anginkan. Kemudian glukomanan dimasukkan dalam oven pada suhu 35-40° C sampai menghasilkan bobot glukomanan tetap. Glukomanan kering ditimbang dan dihitung kadar glukomanannya dengan rumus :

$$\text{Kadar glukomanan (\%)} = \frac{Bobot\ endapan\ (a)}{Bobot\ sampel\ (b)}\ \text{x } 100\%$$

7. Residu SO_2 (AOAC, 2005)

Sebanyak sampel 0.2 g ditambah 50 ml 0.01 N iodin dalam baker gelas. Dibiarkan selama 5 menit lalu ditambahkan dengan HCl pekat 5 ml. Dititrasi kelebihan iodin dengan 0.1 N natrium tiosulfat, dengan ditambahkan pati sebagai indikator. Setiap ml iodin 0.1 N = 4.753 mg, natrium metabisulfit = 3.203 mg SO_2.

$$SO_2\ (\text{ppm}) = \frac{(ml\ 0.01N\ iodin - ml\ 0.1N\ Na2S2O5)x0.3203}{Berat\ sampel}\ x\ 1000$$

8. Derajat Putih (Pomeranz, 1978)

Tepung glukomanan hasil perlakuan perendaman Na-metabisulfit dan tanpa perendaman setelah dilakukan analisis derajat putih menghasilkan nilai yang berbeda-beda yang terendah yaitu

Pengukuran derajat putih tepung porang dilakukan dengan alat *Kett Whitness meter* Model C-100. Pada alat ini diukur nilai L, a, dan b dari tepung tersebut. Derajat putih dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$W = 100 - (100\text{-}L)^2 + (a^2 + b^2)^{0,5}$$

Keterangan:
W = Derajat putih diasumsikan nilai 100 adalah putih sempurna,
L = Nilai kecerahan,
a = Nilai yang menunjukkan warna merah jika bertanda (+) dan hijau jika (-),
b = nilai yang menunjukkan warna kuning jika bertanda (+) dan biru jika (-).

9. Pengukuran pH Menggunakan pH-Meter

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sampel sebanyak 3 g dilarutkan dalam 100 ml akuades sampai terbentuk pasta. Kemudian diukur pH nya dengan memasukkan alat atau jarum ke pasta tersebut. Pengukuran dilakukan berkali-kali dan hasil yang terbaca pada alat kemudian dirata-ratakan.

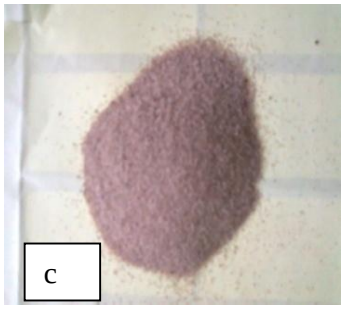
10. Absorpsi/Penyerapan Air (Sathe dan Salunkhe 1981)

Sampel tepung glukomanan ditimbang dengan teliti sebanyak 1 g, kemudian dicampur dengan 10 mL aquades selama 10 detik dan dibiarkan pada suhu ruang selama 30 menit. Selanjutnya disentrifus pada kecepatan 5000 rpm per menit selama 30 menit. Filtrat yang diperoleh ditimbang dan penyerapan air dihitung dengan rumus berikut (densitas air diasumsikan = 1 g/mL). Penyerapan air dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{Vo - Vx}{Bobotsampel} \text{ X } 100\%$$

Keterangan: Vo = bobot air mula-mula
Vx = bobot air supernatan

Lampiran 7 Gambar (a) Umbi, (b) *chips*, (c) tepung iles-iles, dan (d) glukomanan



Lampiran 8 Penetapan biaya produksi produk umbi iles-iles basis 100 kg umbi basah

No	Produk	Biaya lainnya							
		Biaya panen (Rp)	Biaya bahan baku (Rp)	Upah tenaga kerja (Rp)	Na-metabisulfit (Rp)	Aquades (Rp)	Biaya penepungan (Rp)	Biaya ekstraksi	Total
1	**Umbi**								
		4000	300000	0	0	0	0	0	304000
2	**Chips**								
	Man-R	4000	300000	150000	2500	70000	0	0	526500
	Man-TR	4000	300000	150000	0	0	0	0	454000
	Mes-R	4000	300000	50000	2500	70000	0	0	426500
	Mes-TR	4000	300000	50000	0	0	0	0	354000
3	**Tepung**								
	Man-R	4000	300000	200000	2500	70000	20000	0	596500
	Man-TR	4000	300000	200000	0	0	20000	0	524000
	Mes-R	4000	300000	100000	2500	70000	20000	0	496500
	Mes-TR	4000	300000	100000	0	0	20000	0	424000
4	**Glukomanan**								
	Man-R	4000	300000	250000	2500	70000	20000	132000	778 500
	Man-TR	4000	300000	250000	0		20000	132000	706 000
	Mes-R	4000	300000	150000	2500	70000	20000	132000	678 500
	Mes-TR	4000	300000	150000	0	0	20000	132000	606 000

Lampiran 9 Penetapan nilai tambah produksi *chips* iles-iles dari bahan baku 100 kg umbi iles-iles

Variabel	Nilai	Nilai Pada Proses Produksi			
		Manual		Mesin	
		Rendam	Tanpa rendam	Rendam	Tanpa rendam
Ouput, Input, dan Harga					
Output Chips (kg/hari)	1	19	19	19	19
Bahan baku umbi (kg/hari)	2	100	100	100	100
Tenaga kerja (HOK)	3	3	3	1	1
Faktor konversi	4=(1)/(2)	0.19	0.19	0.19	0.19
Koefisien tenaga kerja	5=(3)/(2)	0.03	0.03	0.01	0.01
Harga output (Rp/kg)	6	30000	25000	30000	25000
Upah rata-rata tenaga kerja (Rp)	7	50000	50000	50000	50000
Penerimaan dan Keuntungan					
Harga bahan baku (Rp/kg)	8	3000	3000	3000	3000
Sumbangan input lain (RP/kg)	9	450	40	383	20
Nilai Output (Rp/kg)	10=(4)*(6)	5700	4750	5700	4750
a. Nilai tambah (Rp/kg)	11a=(10)-(8)-(9)	3600	2500	3725	2650
b. Nisbah nilai tambah	11b=(11a)/(10)x100%	63	53	65.35	55.79
a. Imbalan tenaga kerja (Rp)	12a=(5)*(7)	1500	1500	500	500
b. Bagian tenaga kerja	12b=(12)/(11a)x100%	42	60	13.42	18.87
a. Keuntungan (Rp)	13a=(11a)-(12a)	3500	2700	3720	2950
b. Tingkat keuntungan	13b=(13a)/(10)x100%	61	57	65.26	62.11

Komponen sumbangan unit lain

No	Jenis	Harga (Rp)	Kebutuhan	Jumlah (Rp/kg)
1	Solar	Rp 5 500/L	1L/2 500kg umbi	3
2	Na-metabisulfit	17 000 / kg	1 500 ppm / kg *chips*	25
3	Aquades rendam	700 / L	1 L / 1 kg umbi	700

Lampiran 10 Penetapan nilai tambah produksi tepung iles-iles dari bahan baku 100 umbi iles-iles

No	Variabel	Nilai	Nilai Pada Proses Produksi			
			Manual		Mesin	
			Rendam	Tanpa rendam	Rendam	Tanpa rendam
I	Ouput, Input, dan Harga					
1	Output Tepung (kg/hari)	1	18	18	18	18
2	Bahan baku *chips* (kg/hari)	2	19	19	19	19
3	Tenaga kerja (HOK)	3	2	2	1	1
4	Faktor konversi	4=(1)/(2)	0.95	0.95	0.95	0.95
5	Koefisien tenaga kerja	5=(3)/(2)	0.11	0.11	0.11	0.11
6	Harga output (Rp/kg)	6	300000	200000	300000	200000
7	Upah rata-rata tenaga kerja (Rp)	7	200000	100000	100000	100000
II	Penerimaan dan Keuntungan					
8	Harga bahan baku (Rp/kg)	8	35000	25000	35000	25000
9	Sumbangan input lain (RP/kg)	9	1287	1100	1207	1020
10	Nilai Output (Rp/kg)	10=(4)*(6)	284211	189474	113684	94737
11	a. Nilai tambah (Rp/kg)	11a=(10)-(8)-(9)	195120	121500	82477	63717
	b. Nisbah nilai tambah	11b=(11a)/(10)x100%	68.65	64.13	72.55	67.26
12	a. Imbalan tenaga kerja (Rp)	12a=(5)*(7)	21053	10526	10526	10526
	b. Bagian tenaga kerja	12b=(12)/(11a)x100%	10.79	8.66	6.38	16.52
13	a. Keuntungan (Rp)	13a=(11a)-(12a)	188780	118700	81050	62089
	b. Tingkat keuntungan	13b=(13a)/(10)x100%	66	63	71	66

Komponen sumbangan unit lain

No	Jenis	Harga (Rp)	Kebutuhan	Jumlah (Rp/kg)
1	Solar (untuk mesin)	Rp 5 500/L	1L/2 500kg umbi	3
2	Na-metabisulfit (untuk perendaman)	17 000 / kg	1 500 ppm / kg *chips*	25
3	Aquades (untuk perendaman)	700 / L	1 L / 1 kg umbi	700
4	Biaya penepungan	10 000 / kg *chips*	0.2kg *chips*/kg umbi	2 000

Lampiran 11 Penetapan nilai tambah produksi glukomanan dari bahan baku 18 kg tepung iles-iles (Perlakuan Manual)

No	Variabel	Nilai	Nilai Pada Proses Produksi	
			Rendam Na metabisulfit	Tanpa rendam Na metabisulfit
I	Ouput, Input, dan Harga			
1	Output Glukomanan (g/hari)	1	3.436	3.436
2	Bahan baku tepung (kg/hari)	2	18.1	18.1
3	Tenaga kerja (HOK)	3	1	1
4	Faktor konversi	4=(1)/(2)	0.19	0.19
5	Koefisien tenaga kerja	5=(3)/(2)	0.06	0.06
6	Harga output (Rp/kg)	6	3000000	2000000
7	Upah rata-rata tenaga kerja (Rp)	7	100000	100000
II	Penerimaan dan Keuntungan			
8	Harga bahan baku (Rp/kg)	8	120000	100000
9	Sumbangan input lain (RP/kg)	9	1707	1520
10	Nilai Output (Rp/kg)	10=(4)*(6)	569503	379669
11	a. Nilai tambah (Rp/kg)	11a=(10)-(8)-(9)	447796	278149
	b. Nisbah nilai tambah	11b=(11a)/(10)x100%	85.50	73.26
12	a. Imbalan tenaga kerja (Rp)	12a=(5)*(7)	5525	5525
	b. Bagian tenaga kerja	12b=(12)/(11a)x100%	1.23	1.99
13	a. Keuntungan (Rp)	13a=(11a)-(12a)	442271	272624
	b. Tingkat keuntungan	13b=(13a)/(10)x100%	78	72

Komponen sumbangan unit lain

No	Jenis	Harga (Rp)	Kebutuhan	Jumlah (Rp/kg)
1	Na-metabisulfit (untuk perendaman)	17 000 / kg	1 500 ppm / kg *chips*	25
2	Etanol 96% (Untuk ekstraksi)	20 000 / L	33.2L/100kg umbi	6 640
	Aquades rendam (untuk pencucian)	700 / L	1 L / 1 kg umbi	700
4	Aquades (ekstraksi)	700 / L	1 L / 1 kg umbi	700
5.	Listrik oven (pengering)	886 / kwh	1.5 kwh, 10 jam	13 290

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Trenggalek pada tanggal 28 April 1957 sebagai anak sulung enam bersaudara dari pasangan Mujito dan Mutilah. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Biologi, Fakultas Biologi UGM, lulus pada tahun 1982. Pada tahun 2000, penulis diterima di Program Studi Agronomi pada program pascasarjana IPB dan menamatkannya pada tahun 2004. Kesempatan untuk melanjutkan ke program doktor pada program studi Teknologi Industri Pertanian pada perguruan tinggi yang sama diperoleh pada tahun 2009. Beasiswa pendidikan pascasarjana diperoleh dari Departemen Pendidikan Nasional melalui jalur BPPS.

Penulis bekerja sebagai Staf Pengajar di Kopertis Wilayah III Jakarta dipekerjakan pada Fakultas Biologi Universitas Nasional (UNAS) sejak tahun 1987 sampai dengan tahun 2009, kemudian pada tahun yang sama sampai sekarang mengajar di Fakultas Pertanian pada universitas yang sama. Selama mengikuti program S-3, penulis menjadi anggota Masyarakat Perkelapasawitan Indonesia (Maksi). Makalah yang berjudul "The Relationship Between Drying Rate and Fractions of Water Sorption Isotherm of Iles-Iles (*Amorphophallus muelle*ri Blume) Powders" telah disajikan pada Seminar Internasional Pascapanen Pertanian di Jakarta pada tanggal 19-21 tahun 2013. Jurnal nasional yang telah ditulis berjudul "Penanganan Pascapanen Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) Studi Kasus : di Madiun, Jawa Timur". Artikel lain yang telah diserahkan ke jurnal internasional dengan judul "The Relationship Between Drying Rate and Fractions of Water Sorption Isotherm of Iles-Iles (*Amorphophallus muelle*ri Blume) Chips and Powders". Makalah dan artikel-artikel tersebut merupakan bagian dari program S-3 penulis.