

**PENGARUH LAMA WAKTU ULTRASONIK SERTA RASIO BAHAN:AIR
DALAM DETOKSIFIKASI SIANIDA UMBI SINGKONG PAHIT (*Manihot
esculenta* Crantz)**

SKRIPSI

Disusun oleh :

**LAURENTIUS ADOLF DENY PUTRA
NIM 115100100111050**



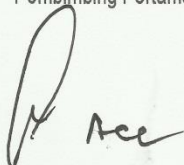
**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Pengaruh Lama Waktu Ultrasonik serta Rasio
Bahan: Pelarut dalam Detoksifikasi Sianida Umbi
Singkong Pahit (*Manihot esculenta* Crantz)

Nama : Laurentius Adolf Deny Putra
NIM : 115100100111050
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,



Prof. Dr. Ir. Harijono, M.App. Sc
NIP195303041980021001

Pembimbing Kedua,



Sudarma Dita Wijayanti, STP, M.Sc,MP
NIP 84092410120321

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Pengaruh Lama Waktu Ultrasonik serta Rasio Bahan: Air dalam Detoksifikasi Sianida Umbi Singkong Pahit (*Manihot esculenta* Crantz)**
Nama : Laurentius Adolf Deny Putra
NIM : 115100100111050
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I

Dr. Widya Dwi Rukmi Putri, STP., MP
NIP. 197005041999032002

Dosen Penguji II

Sudarma Dita Wijayanti, STP, M.Sc.MP
NIP. 84092410120321

Dosen Penguji III

Prof. Dr. Ir. Harijono, M.App. Sc
NIP. 195303041980021001

Ketua Jurusan,

Dr. Teti Estiasih, STP, MP

NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Pengesahan :



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Laurentius Adolf Deny Putra

NIM : 115100100111050

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Judul Skripsi : "Pengaruh Lama Waktu Ultrasonik serta Rasio Bahan:Air dalam Detoksifikasi Sianida Umbi Singkong Pahit (*Manihot esculenta* Crantz)"

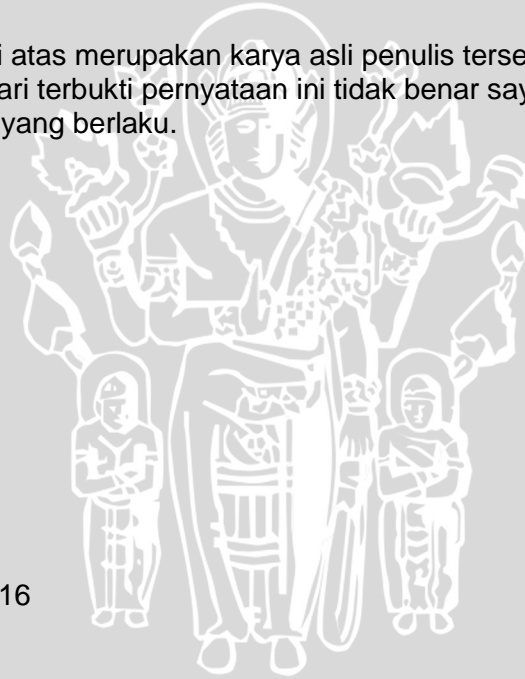
Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 11 Januari 2016
Pembuat Pernyataan,

Laurentius Adolf Deny Putra
NIM. 115100100111050



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



“Orang boleh pandai setinggi langit, tapi selama ia tidak menulis, ia akan hilang di dalam masyarakat dan dari sejarah. Menulis adalah bekerja untuk keabadian”

Karya ini saya peruntukkan untuk Tuhan Yesus yang selalu mendampingi dan untuk kedua orang tua saya yang selalu mendukung saya

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Malang, 11 Oktober 1993 dari ayah bernama Marianus Dwi Anggono Heru Prihadi dan ibu bernama Maria lennekke Herawatie. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDK Cor Jesu Malang, dan melanjutkan tingkat selanjutnya di SMPN 6 Malang. Selesai menamatkan pendidikan sekolah menengah pertama, meneruskan pendidikan di SMAN 4 Malang dan lulus pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan S-1 di jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya dan berhasil menyelesaikan studinya pada tahun 2016.

Selama menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Pertama dan Sekolah Menengah Atas penulis aktif dalam Organisasi Siswa Intra Sekolah dan Paskibra. Pada masa aktif perkuliahan penulis aktif dalam organisasi intra kampus dan ekstra kampus, aktif juga dalam berbagai kepanitiaan sebagai anggota maupun ketua pelaksana. Penulis juga pernah menjabat sebagai Wakil Menteri Sosial Masyarakat Eksekutif Mahasiswa Universitas Brawijaya.

Penulis

Laurentius Adolf Deny Putra

repository.ub.ac.id

Laurentius Adolf Deny Putra. 115100100111050. Pengaruh Lama Waktu Ultrasonik serta Rasio Bahan:Air dalam Detoksifikasi Sianida Umbi Singkong Pahit (*Manihot esculenta* Crantz).
Pembimbing: Prof. Dr. Ir Harijono, M.App, Sc
Sudarma Dita Wijayanti, STP, M. Sc, MP

RINGKASAN

Singkong pahit (*Manihot esculenta* Crantz) varietas Malang 4 merupakan salah satu jenis singkong varietas unggul yang banyak digunakan untuk bahan baku industri tepung tapioka dan tidak kalah dengan tepung terigu impor. Pada singkong pahit, masih mengandung senyawa racun, yaitu linamarin dan lotaustralin, keduanya termasuk golongan glukosianida sehingga perlu dilakukan detoksifikasi sianida sebelum diproduksi menjadi tepung singkong. Salah satu metode yang masih jarang digunakan dalam detoksifikasi sianida adalah dengan metode ultrasonik

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio bahan:air (b/v) yaitu singkong pahit dan air serta lama waktu ultrasonik yang tepat sehingga dapat mengurangi senyawa sianida dalam singkong pahit.

Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun dengan dua faktor. Faktor I terdiri dari 3 level dan faktor II terdiri dari 5 level, sehingga didapatkan 15 kombinasi perlakuan. Masing – masing faktor adalah rasio bahan:air (B) yaitu 1:4 ; 1:6 ; 1:8 (b/v) dan lama waktu ultrasonik (T) yaitu 3, 6, 9, 12, 15 menit. Setiap perlakuan dilakukan 2 kali ulangan sehingga didapatkan 30 satuan percobaan. Data yang diperoleh kemudian dianalisa dengan analisa keragaman ANOVA (*Analysis of Varians*) menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Apabila terdapat beda nyata pada interaksi kedua faktor perlakuan, dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dan bila tidak terdapat interaksi namun di salah satu faktor perlakuan atau keduanya terdapat beda nyata, maka dilakukan uji beda BNT dengan taraf nyata 5%. Sedangkan untuk pemilihan perlakuan terbaik digunakan metode TOPSIS

Perlakuan terbaik tepung singkong akibat lama waktu ultrasonik dan rasio bahan:air menurut parameter kimia dan fisik diperoleh kombinasi perlakuan lama waktu ultrasonik (T) selama 5 menit dan rasio bahan:air (B) 1:5 (b/v) (B1T5) dengan karakteristik kadar sianida setelah ultrasonik 30,33 ppm (*dry basis*), kadar air setelah ultrasonik 69,87%, kadar air tepung 3,12%, kadar sianida tepung 11,16 ppm (*dry basis*), kadar pati 70,16% (*dry basis*), daya kembang 4,01 (g/g), nilai kelarutan 7,16 (g/g), viskositas panas 21.475 c.Ps, viskositas *holding* 12.987,5 c.Ps, viskositas dingin 15.812,5 c.Ps, nilai derajat putih 90.75%, dan nilai rendemen 13,52%.

Kata Kunci: Detoksifikasi, Glukosianida, Linamarin, Lotaustralin, Singkong Pahit, Ultrasonik

repository.ub.ac.id

Laurentius Adolf Deny Putra. 115100100111050. The Influence Of Ultrasonication Time and Cassava:Water Ratio For Cyanide Detoxification in Bitter Cassava (*Manihot esculenta* Crantz).

Supervisor: Prof. Dr. Ir Harijono, M.App, Sc
Sudarma Dita Wijayanti, STP, M. Sc, MP

SUMMARY

The bitter cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties Malang 4 is one type of cassava superior varieties used for industrial raw materials flour tapioca and can be better than wheat flour imports. Bitter cassava, contain poison, namely linamarin and lotaustralin, both are glucocyanide therefore needs to be cyanide detoxification before produced become cassava meal. One method that still rarely used in detoxification cyanide is by ultrasonic methods.

The purpose of this research is to find the influence of ultrasonication time and cassava:water ratio for cyanide detoxification in bitter cassava.

The research used a method of Completely Randomized Design developed with two factors. Factors I consist of 3 the level and factors II consisting of 5 level, so that was obtained 15 a combination of treatment. Each factor is cassava:water ratio (B) such as 1:4; 1:6; 1:8 (b/v) and Ultrasonication Time (T) consisting of 3, 6, 9, 12, 15 minutes. Every treatment carried out twice remedial so that been gained 30 unit of the experiment. Data obtained were analysed with diversity ANOVA (analysis of variance) using random design complete. If there was real difference in interactions treatment between two factors, undergone with a continued DMRT Test (Duncan's Multiple Range Test) and if there are no interaction but in one of the factors treatment or both of them there is real different, then undergone a different BNT Test with real level of 5%. While for the selection of best treatment used method of TOPSIS.

Best treatment cassava meal due to ultrasonication time and cassava:water ratio according to chemical and physical parameters obtained combination treatment ultrasonication time (T) for 5 minutes and cassava:water ratio (B) 1:5 (b/v) (B1T5) with characteristic levels of cyanide after ultrasonic 30,33 ppm (dry basis), water levels after ultrasonic 69,87%, the flour water level 3,12%, levels of cyanide flour 11,16 ppm (dry basis), levels of starch 70,16% (dry basis), swelling power 4,01(g/g), the solubility value 7,16 (g/g), heat viscosity 21.475 c.ps, holding viscosity 12.987,5 c.ps, cold viscosity 15.812,5 c.ps, value of the white degrees 90,75%, and rendement value 13,52%.

Keywords: Detoxification, Glucocyanide, Linamarin, Lotaustralin, Bitter Cassava, Ultrasonic

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yesus yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian. Proposal tugas akhir penelitian ini berjudul “Pengaruh Lama Waktu Ultrasonik serta Rasio Bahan:Air dalam Detoksifikasi Sianida Umbi Singkong Pahit (*Manihot esculenta* Crantz)”. Penulisan merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah Marianus Dwi Anggono Heru Prihadi, Ibu Maria Iennekke Herawatie, serta Keluarga Besar yang telah memberikan dukungan material, moral, dan spiritual.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Harijono, M.App. Sc dan Ibu Sudarma Dita Wijayanti, STP, M.Sc, MP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan sehingga membantu kelancaran dalam penulisan proposal penelitian.
3. Oky Dyah dan Marieta Cornelia selaku teman satu topik dan satu bimbingan dengan tema detoksifikasi sianida singkong pahit.
4. Wintari Devita, Eritsa Febri, M. Fikri Arif, Faisal Ramadhan, Alfianto Ariyo, Aswan, Nura Irma, Walidati Ikhda, Septina serta teman teman semua yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
5. Keluarga besar Teknologi Hasil Pertanian 2011 selaku teman seperjuangan.
6. Serta semua pihak yang telah membantu sehingga laporan penelitian skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih terdapat banyak kekurangan, keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki proposal ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan semua pihak yang memerlukannya.

Malang, 8 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesa Penelitian	3
II. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Singkong	4
2.1.1 Tanaman Singkong	4
2.1.2 Taksonomi Tanaman Singkong.....	4
2.1.3 Kandungan Gizi yang Terdapat Dalam Singkong	5
2.1.4 Jenis/ Varietas Singkong.....	6
2.1.5 Singkong Pahit.....	8
2.1.5.1 Singkong Varietas Malang 4.....	10
2.1.6 Tepung Singkong.....	10
2.2 Kandungan Racun dalam Singkong	11
2.3 Toksisitas Senyawa Sianida	13
2.4 Cara Mengurangi Kadar Sianida	13
2.5 Aquades	15
2.6 Daya Kembang Pati (<i>Swelling Power</i>) dan Kelarutan	15
2.7 Metode Ultrasonik	16
2.8 <i>Ultrasonic Bath</i>	20
2.9 Mekanisme Ultrasonikasi Terhadap Penurunan Glukosianida.....	20
III. Metodologi Penelitian	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	22
3.2.1 Bahan	22
3.2.2 Alat	22
3.3 Metodologi Penelitian	22
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.4.1 Penelitian Pendahuluan	24
3.4.2 Penelitian Utama.....	25
3.5 Pengamatan dan Analisa Data	25
3.5.1 Pengamatan	25
3.5.2 Analisa Data	26
3.6 Diagram Alir	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Bahan Baku.....	28
4.2 Kadar Sianida Bebas Umbi Singkong Pahit Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik dalam Bentuk Parutan	28

4.3 Kadar Air Umbi Singkong Pahit Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik dalam Bentuk Parutan	31
4.4 Karakteristik Kimia Tepung Singkong	33
4.4.1 Kadar Air	33
4.4.2 Kadar Sianida Bebas	36
4.4.3 Kadar Pati	39
4.5 Karakteristik Fisik Tepung Singkong	41
4.5.1 Daya Kembang	41
4.5.2 Kelarutan	43
4.5.3 Viskositas	45
4.5.3.1 Viskositas Panas	46
4.5.3.2 Viskositas <i> Holding </i>	48
4.5.3.3 Viskositas Dingin	50
4.5.4 Derajat Putih	52
4.5.5 Rendemen	54
4.6 Perlakuan Terbaik	56
V. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	68



DAFTAR TABEL

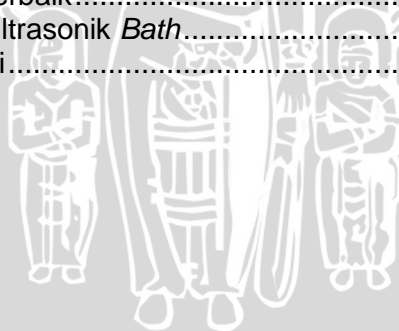
No	Teks	Halaman
Tabel 2.1	Kandungan Nutrisi Pada Tepung Tapioka.....	6
Tabel 2.2	Kadar HCN dalam Beberapa Jenis/ Varietas Singkong.....	7
Tabel 2.3	Varietas Unggul Singkong yang Sesuai untuk Bahan Baku Industri beserta Karakteristiknya.....	9
Tabel 2.4	Karakteristik Singkong Varietas Malang 4.....	10
Tabel 2.5	Syarat Mutu Repung Singkong	11
Tabel 3.1	Kombinasi Perlakuan Dua Faktor.....	23
Tabel 4.1	Analisis Bahan Baku Umbi Singkong Pahit Segar.....	28
Tabel 4.2	Rerata Kadar Sianida Bebas Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Bahan:air (B).....	30
Tabel 4.3	Rerata Kadar Air Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Setelah Proses Ultrasonik Akibat Rasio Bahan:air (B)	33
Tabel 4.4	Rerata Kadar Air Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T).....	34
Tabel 4.5	Rerata Kadar Air Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B).....	35
Tabel 4.6	Rerata Kadar Sianida Bebas Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Bahan:air (B)	37
Tabel 4.7	Rerata Kadar Pati Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)	40
Tabel 4.8	Rerata Nilai Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T).....	42
Tabel 4.9	Rerata Nilai Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B).....	43
Tabel 4.10	Rerata Nilai Kelarutan Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T).....	44
Tabel 4.11	Rerata Nilai Kelarutan Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B).....	45
Tabel 4.12	Rerata Nilai Viskositas Panas Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)	47
Tabel 4.13	Rerata Nilai Viskositas <i> Holding </i> Tepung Singkong Akibat Interaksi Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	49
Tabel 4.14	Rerata Nilai Viskositas Dingin Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B).....	51
Tabel 4.15	Rerata Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)	53
Tabel 4.16	Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) ...	55
Tabel 4.17	Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B) ...	55
Tabel 4.18	Perbandingan Hasil Perlakuan Terbaik Dibandingkan dengan Literatur.....	56

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
Gambar 2.1	Singkong Malang 4	5
Gambar 2.2	Reaksi Pembentukan Hidrogen Sianida dari Linamarin.....	12
Gambar 2.3	<i>Ultrasonic Bath</i> Elmasonic S 40 H.....	20
Gambar 3.1	Diagram alir pembuatan tepung singkong metode ultrasonik	27
Gambar 4.1	Grafik Kadar Sianida Bebas Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)	29
Gambar 4.2	Grafik Kadar Air Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Setelah Proses Ultrasonik Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	32
Gambar 4.3	Grafik Kadar Air Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	34
Gambar 4.4	Grafik Kadar Sianida Bebas Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	36
Gambar 4.5	Grafik Kadar Pati Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	39
Gambar 4.6	Grafik Rerata Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	42
Gambar 4.7	Grafik Rerata Kelarutan Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)	44
Gambar 4.8	Grafik Rerata Viskositas Panas Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	46
Gambar 4.9	Grafik Rerata Viskositas <i> Holding</i> Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	48
Gambar 4.10	Grafik Rerata Viskositas Dingin Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	50
Gambar 4.11	Grafik Rerata Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	52
Gambar 4.12	Grafik Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B).....	54

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
Lampiran 1.	Prosedur Analisa.....	68
Lampiran 2.	Kadar Sianida Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik	72
Lampiran 3.	Kadar Air Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	74
Lampiran 4.	Kadar Air Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	75
Lampiran 5.	Kadar Sianida Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	77
Lampiran 6.	Kadar Pati Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	79
Lampiran 7.	Nilai Daya Kembang Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik	80
Lampiran 8.	Nilai Kelarutan Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	82
Lampiran 9.	Nilai Viskositas Panas Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik	84
Lampiran 10.	Nilai Viskositas <i> Holding </i> Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik	86
Lampiran 11.	Nilai Viskositas Dingin Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik	88
Lampiran 12.	Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	89
Lampiran 13.	Rendemen Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik.....	91
Lampiran 14.	Perlakuan Terbaik.....	93
Lampiran 15.	Spesifikasi Ultrasonik <i> Bath </i>	94
Lampiran 16.	Dokumentasi.....	95



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan komoditas tanaman pangan yang penting sebagai penghasil sumber bahan pangan karbohidrat dan bahan baku makanan, kimia dan pakan ternak. Indonesia memiliki potensi umbi-umbian sebagai sumber karbohidrat yang berpotensi untuk dapat dijadikan bahan baku tepung lokal yang tidak kalah dengan tepung terigu impor sehingga dapat diolah menjadi berbagai produk olahan singkong (Balagopalan *et al.*, 1988). Pada beberapa jenis singkong tertentu masih terdapat kekurangan yaitu dapat menimbulkan keracunan, karena singkong mengandung senyawa racun, yaitu linamarin dan lotaustralin, keduanya termasuk golongan glukosianida (Sosrosoedirdjo, 1993). Pemanfaatan singkong dikelompokkan menjadi dua, yaitu sebagai bahan baku tepung tapioka dan sebagai pangan langsung. Singkong sebagai pangan langsung harus memenuhi syarat utama, yaitu tidak mengandung racun HCN (< 50 mg/kg) (Winarno, 2004).

. Singkong varietas Malang 4 merupakan salah satu jenis singkong pahit varietas unggul yang banyak dimanfaatkan untuk bahan baku industri. Selama ini, pemanfaatan singkong Malang 4 hanya sebagai bahan pembuatan tepung tapioka. Jenis singkong ini memiliki umbi yang besar (gemuk), umbinya tersusun rapat, tidak bertangkai, serta mampu menghasilkan 39,7 ton/ha dengan umur panen 9 bulan. Namun dalam singkong Malang 4 ini terdapat senyawa sianida >100 ppm (Balitkabi, 2004).

Cara menghilangkan racun sianida bebas dalam singkong pahit yang biasa dilakukan oleh industri tepung tapioka adalah dengan proses pencucian singkong secara berulang, pamarutan dan adanya proses pengeringan untuk menghasilkan tepung tapioka (Direktorat Pengolahan Pangan Hasil Pertanian, 2005). Sedangkan yang umumnya dilakukan masyarakat adalah melalui perendaman dan perebusan yang berulang. Proses perendaman dan perebusan tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama dan diperlukan upaya lebih lanjut dalam penurunan kandungan glukosianida (Askurrahman, 2010). Senyawa sianida dalam singkong yang diolah dengan perendaman dan perebusan berulang hanya dapat hilang sebesar 50% (Darjanto, 1959).

Salah satu metode yang belum digunakan dalam detoksifikasi sianida adalah dengan metode paparan gelombang ultrasonik. Gelombang suara yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik *bath* yang merambat melalui cairan menyebabkan terjadinya perpindahan energi yang disebabkan oleh tumbukan antar molekul dengan molekul lain, sehingga meningkatkan intensitas perpindahan energi (Mason, 1990). Gelombang ultrasonik ini menyebabkan terjadinya tumbukan antara molekul linamarase yang sudah keluar dari dinding sel saat pamarutan dan glukosianida yang terdapat dalam vakuola sel. Terjadinya tumbukan antar molekul tersebut akan mempercepat terjadinya hidrolisa glukosianida yang akan membentuk senyawa *intermediate* yakni glukosa dan aseton sianohidrin. Selanjutnya aseton sianohidrin secara spontan akan membentuk aseton dan hidrogen sianida (Yeoh, 1998). Senyawa sianida yang terbentuk akibat hidrolisa glukosianida tersebut akan larut dalam air dan menguap ke udara karena sianida mempunyai sifat fisik mudah larut dalam air dan mempunyai titik didih 29°C (Suryani, 2000). Ultrasonik merupakan salah satu pilihan tepat untuk diaplikasikan karena dapat dilakukan dengan waktu yang singkat. Karena bersifat *non-destructive* dan *non-invasive*, sehingga mudah diadaptasikan ke berbagai aplikasi (McClements, 1995).

Pengecilan ukuran akan memudahkan kontak langsung antara enzim *endogenous* dan glukosianida untuk dihidrolisis dan membebaskan senyawa sianida yang terkandung. Antara enzim linamarase dalam dinding sel dan glukosianida dalam vakuola sel akan terjadi kontak apabila umbi dirusak, dikupas, atau diparut (Tivana, 2005). Dalam detoksifikasi sianida, air sebagai pelarut digunakan untuk proses perendaman saat pemaparan gelombang ultrasonik, menurut Hartati (2008) kadar HCN dapat dikurangi dengan perendaman menggunakan air sehingga dapat melarutkan senyawa linamarin dan lotaustralin. Ion sianida mempunyai afinitas kuat terhadap banyak ion logam dan merupakan gas yang mudah menguap dan beracun (Askurrahman, 2010). Dengan adanya air rendaman saat detoksifikasi sianida akan menyebabkan terjadinya difusi yang menyebabkan perpindahan sianida dari konsentrasi tinggi (air rendaman) ke konsentrasi lebih rendah (dalam singkong pahit) inilah yang mampu mengurangi kandungan sianida dalam singkong pahit (Aman, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana pengaruh rasio bahan:air terhadap sifat kimia dan fisik tepung singkong?
- 2) Bagaimana pengaruh lama ultrasonik dengan *ultrasonic bath* (elmasonic S 40 H dengan daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz) terhadap sifat kimia dan fisik tepung singkong?
- 3) Bagaimanakah pengaruh interaksi antara rasio bahan:air dan lama waktu ultrasonik terhadap detoksifikasi sianida umbi singkong pahit?

1.3 Tujuan

- 1) Mengetahui pengaruh rasio bahan:air terhadap sifat kimia dan fisik tepung singkong.
- 2) Mengetahui pengaruh lama ultrasonik dengan *ultrasonic bath* (elmasonic S 40 H dengan daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz) terhadap sifat kimia dan fisik tepung singkong.
- 3) Mengetahui pengaruh interaksi antara rasio bahan:air dan lama waktu ultrasonik terhadap kadar sianida dalam singkong pahit.

1.4 Manfaat

- 1) Memberikan informasi kepada industri tepung singkong mengenai salah satu metode alternatif detoksifikasi singkong pahit menggunakan metode ultrasonik.
- 2) Meningkatkan efektivitas waktu dari pengolahan tepung singkong pahit.

1.5 Hipotesa Penelitian

Hipotesa penelitian ini adalah diduga semakin tinggi jumlah pelarut air terhadap bahan dan semakin lama waktu ultrasonik terhadap larutan akan mengurangi kadar sianida dalam singkong pahit. Diduga pula interaksi dari keduanya akan berpengaruh terhadap penurunan kadar sianida tepung singkong pahit.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong

2.1.1 Tanaman Singkong

Singkong atau ubi kayu merupakan tanaman perdu. Ketela pohon berasal dari benua Amerika, tepatnya dari Brasil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara lain Afrika, Madagaskar, India, dan Tiongkok. Tanaman ini masuk ke Indonesia pada tahun 1852. Ketela pohon berkembang di negara-negara yang terkenal dengan wilayah pertaniannya (Purwono, 2009).

Kebanyakan tanaman singkong dapat dilakukan dengan cara generatif (biji) dan vegetatif (stek batang). Generatif (biji) biasanya dilakukan pada skala penelitian (pemulihan tanaman) untuk menghasilkan varietas baru, singkong lazimnya diperbanyak dengan stek batang. Para petani biasanya menanam tanaman singkong dari golongan singkong yang tidak beracun untuk mencukupi kebutuhan pangan. Sedangkan untuk keperluan industri atau bahan dasar untuk industri biasanya dipilih golongan umbi yang beracun. Karena golongan ini mempunyai kadar pati yang lebih tinggi dan umbinya lebih besar serta tahan terhadap kerusakan, misalnya perubahan warna (Sosrosoedirdjo, 1993).

Kelebihan dari tanaman singkong pada pertanian kurang lebih adalah sebagai berikut (Pinus, 1992):

- a. Dapat tumbuh di lahan kering dan kurang subur.
- b. Daya tahan terhadap penyakit relatif tinggi.
- c. Masa panen tidak diburu waktu sehingga bisa dijadikan lumbung hidup, yakni dibiarkan pada tempatnya untuk beberapa minggu.
- d. Daun dan umbinya dapat diolah menjadi aneka makanan.

2.1.2 Taksonomi Tanaman Singkong

Dalam sistematika (taksonomi) tanaman singkong/ ketela pohon diklasifikasikan sebagai berikut Kingdom *Plantae* (tumbuh- tumbuhan), Divisio *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji), Subdivisio *Angiospermae* (biji tertutup), Kelas *Dicotyledonae* (biji berkeping dua), Ordo *Euphorbiales*, Famili *Euphorbiaceae*, Sub Famili *Manihotae*, Genus *Manihot*, dan Species *Manihot esculenta* Crantz (Suprpti, 2005).



Gambar 2.1 Singkong Malang 4 (Suprapti, 2005)

2.1.3 Kandungan gizi yang terdapat dalam singkong

Kandungan gizi yang terdapat dalam singkong sudah dikenal sejak dahulu. Umbi singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun miskin akan protein. Selain umbi akar singkong banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Berbagai macam upaya penanganan singkong yang telah banyak dilakukan adalah dengan mengolahnya menjadi berbagai macam produk olahan baik basah maupun kering. Selain sebagai bahan makanan pokok, banyak macam produk olahan singkong yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat kita antara lain adalah tape singkong, peuyeum, opak, tiwul, kerupuk singkong, keripik singkong, kue, dan lain-lain.

Adapun unsur gizi yang terdapat dalam tiap 100 g singkong segar dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi dalam Tiap 100 g Singkong

No.	Unsur Gizi	Satuan	Varietas	
			Singkong Putih	Singkong Kuning
1	Kalori	kal	146,00	157,00
2	Protein	g	1,20	0,80
3	Lemak	g	0,30	0,30
4	Karbohidrat	g	34,70	37,90
5	Kalsium	mg	33,00	33,00
6	Fosfor	mg	40,00	40,00
7	Zat Besi	mg	0,70	0,70
8	Vitamin A	SI	0	385,00
9	Vitamin B ₁	mg	0,06	0,06
10	Vitamin C	mg	30,00	30,00
11	Air	g	62,50	60,00
12	Bagian dapat dimakan	%	75,00	75,00

Sumber : Direktorat Gizi Depkes R.I. (1981)

Selain kandungan gizi di atas, beberapa singkong juga mengandung racun dalam jumlah besar cukup berbahaya. Racun singkong yang selama ini dikenal adalah asam biru atau asam sianida. Baik daun maupun umbinya dapat mengandung racun glukosianida, artinya suatu ikatan organik yang dapat menghasilkan racun biru atau HCN yang bersifat sangat toksik (Sosrosoedirdjo, 1993).

Kandungan sianida dalam singkong sangat bervariasi. Kadar sianida rata-rata dalam singkong manis dibawah 50 mg/kg berat asal, sedangkan singkong pahit memiliki racun diatas 50 mg/kg. Menurut FAO, singkong dengan kadar sianida dibawah 50 mg/kg masih aman untuk dikonsumsi manusia (Winarno, 2004).

Besarnya racun dalam singkong setiap varietas tidak konstan dan dapat berubah. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu keadaan iklim, keadaan tanah, cara pemupukan dan cara budidayanya (Winarno, 2004).

2.1.4 Jenis/ Varietas Singkong

Tumbuhan singkong berdasarkan deskripsi varietas singkong, maka penggolongan jenisnya dapat dibedakan menjadi dua macam :

- a. Jenis singkong manis

Yaitu jenis singkong yang dapat dikonsumsi langsung.

- b. Jenis singkong pahit

Yaitu jenis singkong untuk diolah atau *processing*.

Singkong dapat dibedakan menurut warna, rasa, umur dan kandungan sianidanya (HCN). Bila rasa pahit maka kandungan sianidanya tinggi (Winarno, 1995).

Berdasarkan kadar Asam Sianida (HCN) dalam singkong, tidak semua jenis singkong dapat dikonsumsi ataupun diolah secara langsung. Singkong dengan kadar HCN kurang dari 100 mg/kg (ditandai dengan adanya rasa manis), merupakan singkong yang layak dan aman dikonsumsi ataupun diolah sebagai bahan makanan secara langsung. Adapun kadar HCN dalam beberapa jenis/ varietas singkong dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kadar HCN dalam Beberapa Jenis/ Varietas Singkong

No.	Jenis / Varietas	Rasa	Kadar HCN mg/kg	
			Umbi	Daun
1	Mangi (di tanah subur)	Enak	32	136
2	Mangi (di tanah kering)	Pahit	289	542
3	Betawi	Enak	33	146
4	Valenka	Enak	39	158
5	Singapura	Enak	60	201
6	Basiorao	Agak pahit	82	230
7	Bogor	Agak pahit	90	324
8	Tapi Kuru	Pahit	130	230
9	SPP	Pahit	206	468

Sumber: Rukmana (1997)

Tumbuhan singkong berdasarkan deskripsi varietas singkong, maka penggolongan jenisnya dapat dibedakan menjadi dua macam:

a. Ketela Pohon Manis

Ketela pohon manis banyak dikonsumsi secara langsung atau digunakan untuk jajanan tradisional, misalnya gethuk, sawut, utri (lemet), dan lain-lain. Rasa manis ketela pohon disebabkan oleh kandungan asam sianida yang sangat rendah, hanya sebesar 0,04% atau 40 mg HCN/ kg ketela pohon. Jenis ketela pohon manis antara lain adalah Gading, Adira I, Mangi, Betawi, Mentega, Randu Ranting, dan Kaliki.

b. Ketela Pohon Agak Beracun

Jenis ketela pohon agak beracun memiliki kandungan HCN antara 0,05-0,08% atau 50 – 80 mg HCN/ kg ketela pohon.

c. Ketela Pohon Beracun

Ketela pohon beracun, kandungan HCN antara 0,08% - 0,1% atau 80 – 100 mg HCN/ kg ketela pohon.

d. Ketela Pohon Sangat Beracun

Ketela pohon termasuk kategori sangat beracun apabila mengandung HCN lebih dari 0,1% atau 100 mg HCN/ kg ketela pohon. Jenis ketela pohon sangat beracun antara lain adalah Bogor dan SPP (Rukmana, 1997).

2.1.5 Singkong Pahit

Singkong pahit adalah jenis singkong yang mengandung senyawa sianida dalam kadar yang dikategorikan dapat mengakibatkan keracunan bagi yang mengkonsumsinya, yaitu di atas 50 ppm. Karena itu, jenis singkong ini sering disebut singkong beracun (Grace, 1977). Karakteristik dari singkong pahit dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Selama ini, pemanfaatan singkong pahit sebagai bahan pangan hanya digunakan sebagai bahan pembuatan tepung tapioka. Jenis singkong ini memiliki umbi yang besar (gemuk), umbinya tersusun rapat, tidak bertangkai dan mengandung pati yang lebih banyak daripada singkong biasa yang tidak pahit. Cara menghilangkan zat racun dalam singkong pahit atau bahan makanan lain yang biasa dilakukan masyarakat adalah melalui perendaman dan perebusan yang berulang. Menurut hasil penelitian Darjanto (1959), senyawa sianida dalam singkong yang diolah seperti itu hanya dapat hilang sebesar 50%. Disamping itu, cara ini memungkinkan akan terjadinya kehilangan nutrisi yang terkandung dalam singkong. Keberadaan senyawa sianida tidak hanya pada singkong pahit, singkong yang biasa dikonsumsi dan tanaman lain juga mengandung senyawa ini, tetapi kadarnya lebih rendah daripada yang terkandung dalam singkong pahit. Senyawa ini dalam tanaman secara alami sebagian besar terikat dengan senyawa sakarida, baik berupa mono- maupun poli-sakarida dengan bentuk glukosianida.

Tabel 2.3 Varietas Unggul Singkong yang Sesuai untuk Bahan Baku Industri Beserta Karakteristiknya

Varietas	Tahun Dilepas	Karakteristik				Keterangan
		Umur (bln)	Hasil (ton/ha)	Kadar Pati (%bb)	Kadar HCN (mg/kg)	
Adira 2	1978	8-12	22	41	124.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Cukup tahan tungau merah -Tahan penyakit layu <i>Pseudomonas solanacearum</i>
Adira 4	1978	10	35	20-22	68.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Cukup tahan tungau merah -Tahan penyakit layu <i>Pseudomonas solanacearum</i> dan <i>Xanthomonas manihotis</i>
UJ-3	2000	8-10	20-35	20-27	>100.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
UJ-5	2000	9-10	25-38	19-30	>100.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
Malang 4	2001	9	39,7	25-32	>100.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Cukup tahan tungau merah -Adaptif terhadap hara sub-optimal
Malang 6	2001	9	36,4	25-32	>100.0	-Pahit -Sesuai untuk bahan baku industri -Cukup tahan tungau merah -Adaptif terhadap hara sub-optimal

Sumber :Puslitbangtan (1993); Wargiono, dkk. (2006); Baliitkabi (2004); Baliitkabi (2005).

2.1.5.1 Singkong Varietas Malang 4

Singkong varietas Malang 4 (singkong pahit) merupakan salah satu jenis singkong varietas unggul yang banyak ditujukan untuk bahan baku industri. Varietas ini dilepas tanggal 22 oktober 2001, berasal dari silang terbuka induk betina Adira 4. Karakteristik dari singkong ini dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Singkong Varietas Malang 4

No	Karakteristik	Keterangan
1.	Hasil rata-rata	39,7 t/ha
2.	Umur panen	9 bulan
3.	Tinggi batang	>2 m
4.	Tipe percabangan	Tidak bercabang
5.	Warna daun muda	Ungu
6.	Warna daun tua	Hijau
7.	Warna tangkai daun	Hijau
8.	Warna batang	Keunguan
9.	Warna kulit umbi	Coklat (bagian luar), kuning (bagian dalam)
10.	Warna daging umbi	Putih
11.	Ukuran umbi	Besar
12.	Bentuk daun	Menjari dengan lamina gemuk
13.	Kualitas rebus	Baik
14.	Rasa	Pahit
15.	Kadar pati	25-32 %
16.	Kadar HCN	>100 ppm (metode asam pikrat)
17.	Ketahanan pada hama	Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus sp.</i>)

Sumber : Balitkabi (2004)

2.1.6 Tepung Singkong

Singkong dapat diolah menjadi tepung yang dikenal dengan nama tepung singkong. Tepung singkong merupakan produk olahan singkong atau ubi kayu yang saat ini banyak dimanfaatkan dalam pengembangan produk kue. Tepung singkong merupakan produk lanjutan dari bahan singkong (ubi kayu) yang berbentuk tepung berwarna putih bersih. Tepung singkong dapat digunakan sebagai substitusi atau untuk mengurangi penggunaan tepung terigu karena mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi dibanding produk asalnya (singkong). Tepung singkong dapat diolah menjadi berbagai produk olahan misalnya mie ubi kayu, tiwul instan, aneka macam kue ubi kayu. Proses pengerjaannya masih sederhana yaitu: singkong setelah dikupas dan dicuci bersih, kemudian disawut dan dikeringkan. Sawut kering digiling dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Untuk mencegah terjadinya pencoklatan, maka sawut ubi kayu direndam dalam larutan sodium bisulfit 0,02% selama 15 menit (Deniwati dkk, 1992). Syarat mutu tepung singkong sesuai SNI dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Syarat Mutu Tepung Singkong

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
	- Bau	-	Khas singkong
	- Rasa	-	Khas singkong
	- Warna	-	Putih
2.	Benda Asing	-	Tidak boleh ada
3.	Derajat putih	%	Min. 85
4.	Kadar abu	% b/b	Maks. 1.5
5.	Kadar air	% b/b	Maks. 12
6.	Derajat asam	ml N NaOH/100g	Maks. 3
7.	Asam sianida	mg/kg	Maks. 40
8.	Kehalusan	% lolos (80 mesh)	Min. 90
9.	Kadar pati	% b/b	Min. 75
10.	Bahan Tambahan Pangan	Sesuai SNI 01-0222-1995	
11.	Cemaran logam		
	- Timbal	mg/kg	Maks. 1.0
	- Tembaga	mg/kg	Maks. 10.0
	- Seng	mg/kg	Maks. 40.0
	- Raksa	mg/kg	Maks. 0.05
	- Arsen	mg/kg	Maks. 0.5
12.	Cemaran mikroba		
	- Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 1.0×10^6
	- <i>E. coli</i>	APM/g	< 3
	- Kapang	Koloni/g	Maks. 1.0×10^4

Sumber: SNI 01-2997-1992

2.2 Kandungan Racun dalam Singkong

Beberapa kandungan racun yang terkandung dalam singkong pahit adalah asam sianida. Asam sianida disebut juga Hidrogen Sianida (HCN), biasanya terdapat dalam bentuk gas atau larutan dan terdapat pula dalam bentuk garam-garam alkali seperti potasium sianida. HCN murni mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap pada suhu kamar dan mempunyai bau khas. HCN mempunyai berat molekul yang ringan, sukar terionisasi, mudah berdifusi dan lekas diserap melalui paru-paru, saluran cerna dan kulit (Dep Kes RI, 1987).

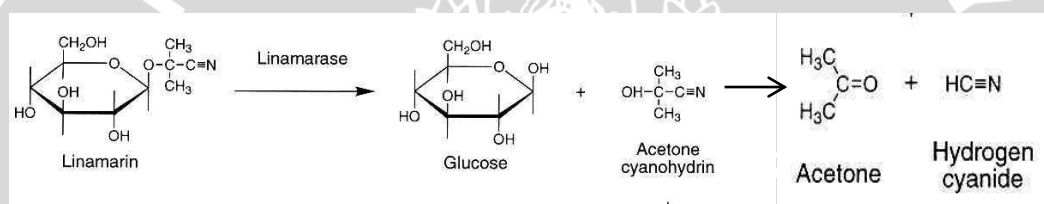
Glukosianida merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan makanan nabati dan secara potensial sangat beracun. Glukosianida dapat terurai dan mengeluarkan hidrogen sianida bila komoditi tersebut dihancurkan, dikunyah, mengalami pengirisan, atau rusak. Glukosianida terdapat pada berbagai tanaman dengan nama senyawa yang berbeda seperti amigladin (glukosida benzaldehida sianohidrin) pada biji almond, aprikot dan apel, dhurin pada biji shorgum, dan linamarin pada kara atau kacang lima dan singkong (Winarno, 2004).

Glukosianida adalah suatu senyawa yang dapat menghasilkan racun biru / HCN yang bersifat sangat toksik. Senyawa glukosianida, dengan adanya enzim

linamarase (β glukosidase), akan terhidrolisa menjadi aseton sianohidrin. Selanjutnya sianohidrin akan terurai menjadi hidrogen sianida. Diduga mekanisme tersebut digunakan oleh tanaman singkong dan beberapa tanaman lain seperti sorghum, almond dan kacang lima untuk mengusir predator (Haque, 2004).

Pada tanaman singkong pahit, linamarase terletak pada dinding sel tanaman. Ketika jaringan tanaman dirusak atau dicacah, linamarase akan terekspos dengan linamarin dan lotaustralin sehingga melepaskan senyawa sianida. Hidrolisa linamarin (Gambar 2.2) terdiri dari dua tahap reaksi yang melibatkan pembentukan senyawa *intermediate*, yakni aseton sianohidrin, yang selanjutnya secara spontan atau oleh aksi dari enzim hydroxynitrilelyase akan membentuk aseton dan hidrogen sianida (Yeoh dkk, 1998).

Aseton sianohidrin secara spontan pada pH di atas 5 menghasilkan asam sianida (HCN) dan aseton (Yeoh dkk, 1988)



Gambar 2.2 Reaksi Pembentukan Hidrogen Sianida dari Linamarin (Hartati, 2008)

Linamarin [2-(-D-glucopyranosyloxy)-2-methylpropanenitrile], juga dikenal sebagai phaseolunatin. Rumus molekul linamarin adalah C₁₀H₁₇O₆ dengan berat molekul 247.24 g/mol. Komposisi linamarin adalah C 48.58%, H 6.93%, N 5.6% dan O 38.83%. Linamarin larut dalam air dan berwujud bubuk berwarna putih. Linamarin dapat ditemukan pada tanaman yang tergolong Compositae, Leguminosae, Euphorbiaceae, Linaceae and Papaveraceae (Nambisan, 1999). Glukosianida pada singkong yang tersebar hampir pada semua jaringan tanaman, terdiri atas linamarin dan lotaustralin dengan perbandingan 10:1 (dimana senyawa ini dapat berubah menjadi sianida yang sangat beracun) (Djazuli *et al.*, 1999).

Kandungan senyawa sianida pada suatu bahan pangan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu potensial sianogen, sianida bebas dan total sianida. Potensial sianogen merupakan senyawa yang berpotensi menghasilkan sianida, terbagi menjadi glukosianida dan non-glukosianida. Glukosianida merupakan senyawa yang berpotensi menghasilkan sianida dan memiliki ikatan

glukosidik seperti linamarin dan lotaustralin yang terdapat pada singkong. Sedangkan non-glikosidik merupakan senyawa yang tidak berikatan glukosidik tetapi berpotensi menghasilkan sianida. Senyawa ini dapat diukur dengan metode analisa tanpa adanya tahapan perlakuan secara enzimatik maupun penambahan senyawa asam kuat. Pada singkong berupa senyawa sianohidrin hasil pemecahan linamarin. Sianida bebas merupakan produk akhir dari pemecahan senyawa potensial sianida diatas, biasanya disebut dengan asam sianida (HCN), sedangkan total sianida merupakan jumlah keseluruhan jenis sianida yang terkandung dalam suatu bahan baik itu berupa potensial sianida maupun sianida bebasnya (Dawson, 2006).

2.3 Toksisitas Senyawa Sianida

Pengelompokkan kadar HCN yaitu HCN 50 ppm tidak beracun, 50-80 ppm agak beracun, 80-100 ppm beracun dan >100 ppm sangat beracun. Sedangkan menurut FAO/WHO 1991 dalam Iglesias *et al.* (2002), kandungan sianida yang diperbolehkan pada makanan dari singkong maksimal 10 ppm.

HCN dikenal sebagai racun yang mematikan. HCN akan menyerang langsung dan menghambat sistem antar ruang sel, yaitu menghambat sistem *cytochrome oxidase* dalam sel-sel, hal ini menyebabkan zat pembakaran (oksigen) tidak dapat beredar ketiap-tiap jaringan sel-sel dalam tubuh. Dengan sistem keracunan ini maka menimbulkan tekanan dari alat-alat pernafasan yang menyebabkan kegagalan pernafasan, menghentikan pernafasan dan jika tidak tertolong akan menyebabkan kematian. Bila dicerna, HCN sangat cepat terserap oleh alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah. Tergantung jumlahnya HCN dapat menyebabkan sakit hingga kematian (dosis yang mematikan 0,5-3,5 mg HCN/ kg berat badan) (Winarno, 2004).

HCN dapat mengurangi ketersediaan energi pada semua sel, dan efeknya akan terasa terutama pada sistem pernafasan dan jantung. Pada beberapa kasus konsumsi singkong dengan kandungan senyawa sianida yang tinggi dapat menyebabkan keracunan hingga kematian. Pada tubuh manusia, keracunan akut akan cenderung terjadi apabila mengkonsumsi singkong dengan racun sianida (Akintonwa, 1994).

2.4 Cara Mengurangi Kadar Sianida

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan HCN yang terdapat dalam singkong, yaitu dengan cara perendaman, pencucian,

perebusan, pengukusan, penggorengan atau pengolahan lain. Dengan adanya pengolahan dimungkinkan dapat mengurangi kadar HCN sehingga bila singkong dikonsumsi tidak akan membahayakan bagi tubuh. Namun proses pemasakan secara tradisional baik dengan cara direbus maupun digoreng tidak dapat menghilangkan secara sempurna senyawa sianida. Maka diperlukan upaya penurunan kandungan glukosianida dengan mengoptimalkan proses hidrolisis glukosianida oleh linamarase (Askurahman, 2010).

Enzim linamarase akan mengkonversi senyawa yang mengandung sianida menjadi aseton sianohidrin, yang secara spontan akan terdekomposisi menjadi hidrogen sianida (HCN). Selanjutnya HCN akan larut dalam air rendaman untuk selanjutnya dilepaskan ke udara. Selama proses pengolahan singkong, tidak semua sianida dapat dihilangkan. Linamarase diketahui optimum pada pH 5,1 - 6 dan dapat dihambat oleh pH rendah melalui larutan asam (Sari, 2008).

Aktivitas beberapa enzim diketahui terhambat bila berada dalam lingkungan asam. Hal tersebut juga terjadi pada enzim linamarase. Dalam senyawa asam, aktivitas enzim terhambat karena terjadi penurunan sisi aktif dari enzim linamarase. Berkurangnya sisi aktif enzim disebabkan terjadi proses *unfolding* pada struktur tersier enzim (Dawson, 2006).

Menurut Kordylas (1991) dalam Putranto (2002), untuk menghilangkan racun sianida dapat dilakukan dengan pencucian atau perendaman. Pada pengolahan secara tradisional, kulit singkong dikupas sebelum diolah, direndam sebelum dimasak dan difermentasi selama beberapa hari. Dengan perlakuan tersebut glukosianida banyak yang rusak dan hidrogen sianidanya ikut terbang keluar sehingga tinggal sekitar 10-40 mg/kg. Senyawa sianida (HCN) dapat larut di dalam air maka untuk menghilangkan sianida tersebut cara yang paling mudah adalah merendamnya di dalam air pada waktu tertentu (Winarno, 2004). Sianida juga mempunyai titik didih 29°C. Oleh sebab itu, penurunan kandungan sianida pada produk tepung singkong dikarenakan terjadi penguapan sianida bebas saat proses pengeringan dengan menggunakan pengering pada suhu 60°C (Suryani dan Wesniati, 2000).

Cara lain adalah proses fermentasi. Menurut Suliantari dan Rahayu (1990), kadar sianida selama fermentasi akan turun. Proses fermentasi yang dilakukan pada pembuatan tape, ternyata dapat memberikan dampak dalam penurunan kadar HCN, yaitu setelah fermentasi berlangsung selama 3 hari.

Peningkatan kadar HCN selama fermentasi dapat terjadi karena kandungan glukosianida akan dipecah oleh enzim β -glukosidase dan hidrosinitriliase yang dihasilkan oleh mikroba dari ragi yang ditambahkan selama fermentasi, sehingga dapat melepas sianida bebas. Sianida bebas tersebut diduga akan berikatan dengan gugus karbonil dari heksosa yang dihasilkan oleh pemecahan pati dan membentuk sianohidrin. Setelah itu kadar HCN akan turun karena adanya aktivitas khamir yang memecah heksosa menjadi asam, sehingga heksosa tersebut tidak lagi berperan sebagai pengikat. Kemungkinan yang lain adalah adanya aktivitas enzim rhodanase dan mercaptopiruvat sulfur transferase yang akan mengubah CN^- menjadi SCN^- (Sari, 2008).

2.5 Aquades

Aquades disebut juga Aqua Purificata (air murni) H_2O dengan. Air murni adalah air yang dimurnikan dari destilasi. Satu molekul air memiliki dua hidrogen atom kovalen terikat untuk satu oksigen. Aquades merupakan cairan yang jernih, tidak berwarna dan tidak berbau. Aquades juga memiliki berat molekul sebesar 18,0 g/mol dan PH antara 5-7. Rumus kimia dari aquades yaitu H_2O . Aquades ini memiliki allotrop berupa es dan uap. Senyawa ini tidak berwarna, tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Aquades merupakan elektrolit lemah. Air dihasilkan dari pengoksidasian hidrogen dan banyak digunakan sebagai bahan pelarut bagi kebanyakan senyawa (Atkins, 1994).

2.6 Daya Kembang Pati (*Swelling Power*) dan Kelarutan

Daya kembang pati atau *swelling power* didefinisikan sebagai penambahan volume dan berat maksimum yang dialami pati dalam air (Balagopalan et al., 1988). *Swelling power* dan kelarutan terjadi karena adanya ikatan non-kovalen antara molekul-molekul pati. Bila pati dimasukkan ke dalam air dingin, granula pati akan menyerap air dan membengkak. Jumlah air yang terserap dan pembengkakannya terbatas hanya mencapai 30% (Winarno, 2002). Ketika granula pati dipanaskan dalam air, granula pati mulai mengembang (*swelling*). *Swelling* terjadi pada daerah amorf granula pati. Ikatan hidrogen yang lemah antar molekul pati pada daerah amorf akan terputus saat pemanasan, sehingga terjadi hidrasi air oleh granula pati. Granula pati akan terus mengembang, sehingga viskositas meningkat hingga volume hidrasi maksimum yang dapat dicapai oleh granula pati (Swinkels, 1985). Faktor-faktor seperti rasio

amilosa-amilopektin, distribusi berat molekul dan panjang rantai, serta derajat percabangan dan konformasinya menentukan *swelling power* dan kelarutan (Moorthy, 2004). *Swelling* merupakan sifat yang dipengaruhi oleh amilopektin (Li *et al.*, 2001). Proporsi yang tinggi pada rantai cabang amilopektin memiliki kontribusi dalam peningkatan nilai *swelling*. Selain itu, terdapat korelasi yang negatif antara *swelling power* dengan kadar amilosa, *swelling power* menurun seiring dengan peningkatan kadar amilosa (Sasaki *et al.*, 1998). Amilosa dapat membentuk kompleks dengan lipida pada pati sehingga dapat menghambat *swelling* (Charles *et al.*, 2005).

Swinkels (1985) menyatakan bahwa nilai *swelling power* dapat diukur pada kisaran suhu terbentuknya pasta pati, yaitu sekitar 50-95°C dengan interval 5°C. Menurut Pomeranz (1991), *swelling power* dapat diukur pada interval suhu 5°C pada kisaran suhu gelatinisasi sampai 100°C. Menurut Balagopalan *et al.* (1988) ketika pati dipanaskan dalam air, sebagian molekul amilosa akan keluar dari granula pati dan larut dalam air. Persentase pati yang larut dalam air ini dapat diukur dengan mengeringkan supernatan yang dihasilkan saat pengukuran *swelling power*.

Menurut Fleche (1985), ketika molekul pati sudah benar-benar terhidrasi, molekul-molekulnya mulai menyebar ke media yang ada di luarnya dan yang pertama keluar adalah molekul-molekul amilosa yang memiliki rantai pendek. Semakin tinggi suhu maka semakin banyak molekul pati yang akan keluar dari granula pati. Selama pemanasan akan terjadi pemecahan granula pati, sehingga pati dengan kadar amilosa lebih tinggi, granulanya akan lebih banyak mengeluarkan amilosa.

Menurut Pomeranz (1991), kelarutan pati semakin tinggi dengan meningkatnya suhu, serta kecepatan peningkatan kelarutan adalah khas untuk tiap pati. Pola kelarutan pati dapat diketahui dengan cara mengukur berat supernatan yang telah dikeringkan dari hasil pengukuran *swelling power*. Solubilitas atau kelarutan pati tapioka lebih besar dibandingkan pati dari umbi-umbi yang lain.

2.7 Metode Ultrasonik

Metode ultrasonik adalah metode yang menggunakan gelombang ultrasonik yaitu gelombang akustik dengan frekuensi lebih besar dari 16-20 kHz. Frekuensinya yang di luar ambang batas kemampuan pendengaran manusia

seperti halnya gelombang infrasonik, menyebabkan ultrasonik juga tidak mampu dideteksi oleh indra pendengaran manusia (Suslick, 1998).

Mason (1990) mengklasifikasikan ultrasonik menjadi dua definisi yang dibedakan atas besarnya frekuensi dan aplikasinya, yaitu:

1. Frekuensi tinggi atau *diagnostic ultrasound* (2-10 MHz).
2. Frekuensi rendah atau *power ultrasound* (20-100 kHz).

Diagnostic ultrasound atau gelombang dengan amplitudo rendah digunakan untuk mengukur kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang dalam medium dengan jarak 2-10 MHz. Gelombang ini biasanya digunakan untuk aplikasi medis, analisis kimia, dan studi fenomena relaksasi. *Power ultrasound* melibatkan gelombang energi yang tinggi (frekuensi rendah), diaplikasikan untuk pembersihan (*cleaning*), penyatuan plastik, dan untuk mengamati pengaruh reaktivitas kimia. Kecepatan gelombang suara berbeda dengan kecepatan gelombang elektromagnetik. Perbedaan tersebut disebabkan gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa medium dan mempunyai kecepatan konstan. Kecepatan suara dipengaruhi oleh parameter karakteristik medium yang dilewati seperti suhu, komposisi materi, tekanan, volume, dan kerapatan. Kecepatan suara lebih lambat daripada gelombang elektromagnetik, maka pada frekuensi yang sama panjang gelombang suara lebih pendek (Mason, 1990).

Mason (1990) menjelaskan bahwa gelombang suara yang merambat melalui cairan juga menyebabkan terjadinya perpindahan energi. Perpindahan ini disebabkan oleh tumbukan antar molekul dengan molekul lain, sehingga meningkatkan intensitas perpindahan energinya. Pada kenyataannya kehilangan energi terjadi karena pengaruh (Mason, 1990):

- a. Kekentalan atau viskositas (gerak bergesekan satu molekul relatif dengan yang lain dalam cairan).
- b. Panas (transfer panas dari bagian yang tinggi ke bagian yang rendah). Panas menyebabkan energi gelombang akan menjadi lemah saat melalui medium. Koefisien penyerapan tidak hanya tergantung pada fluida dan suhu, tetapi tergantung pada frekuensi gelombang.

Kuldiloke (2002) menjelaskan ketika gelombang merambat ke dalam medium cair menghasilkan tekanan bolak-balik dan siklus ekspansi. Selain siklus ekspansi, gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi menyebabkan timbulnya gelembung-gelembung kecil dalam cairan. Ketika gelembung mencapai volume

yang tidak cukup lagi menyerap energi, gelembung tersebut pecah. Fenomena ini disebut kavitasi. Intensitas tinggi radiasi akustik yang merambat melalui medium menyebabkan beberapa perubahan. Perubahan ini dapat dijelaskan dengan beberapa efek dan mekanisme sebagai berikut:

a. Efek panas

Kuldiloke (2002) menyebutkan bahwa hasil penyerapan energi akustik oleh selaput dan biomaterial, terutama pada permukaannya dapat meningkatkan suhu. Hal ini berhubungan dengan persamaan keseimbangan panas untuk menghitung kehilangan energi ultrasonik selama perambatannya melalui medium. Disebutkan bahwa perubahan temperatur seharusnya diserap oleh dinding yang padat dibawah kondisi $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk air dan $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk udara. Hasil ini telah diverifikasi lewat sebuah eksperimen.

b. Kavitasi

Kavitasi adalah suatu efek akibat radiasi gelombang ultrasonik di dalam cairan. Bila suatu cairan dipaparkan pada gelombang ultrasonik maka tekanan di dalam cairan akan bertambah pada saat ultrasonik menyalurkan amplitudo positif dan tereksansi pada saat terjadi amplitudo negatif. Bilamana amplitudo tekanan yang dipacu gelombang akustik relatif besar (lebih besar dari $0,5\text{ Mpa}$), ketidak homogenan lokal di dalam cairan terjadi. Pada saat cairan mengembang, sebagian cairan berubah menjadi uap dan akan tertekan kembali pada saat ultrasonik menyalurkan amplitudo positif. Perubahan tekanan positif dan negatif yang sangat besar dan dalam frekuensi tinggi akan mengawali tumbuhnya gelembung mikro (*micro bubble*). Gelembung mikro tersebut mengembang dan mengempis dengan laju perubahan diameter pengembangan lebih besar daripada laju perubahan diameter pengempisan sehingga gelembung mikro terus membesar hingga akhirnya pecah. Gelembung tersebut tidak stabil, dan serangkaian keruntuhan ini dapat terjadi pada konsentrasi energi yang besar. Kekacauan kavitasi tersebut dinamakan kavitasi tidak kekal (*transient cavitation*). Sisa gas dari keruntuhan bisa menimbulkan re-inisiasi dari proses terbentuknya gelembung baru (Trisnobudi, 2001).

Gelembung kavitasi dapat stabil dalam waktu yang lama, dipercaya bahwa sebagian besar berisi gas dan uap yang dihasilkan

dengan baik pada intensitas rendah (1-3 W/m²). Selama beberapa tahun hal itu dipercaya bahwa hanya kavitasasi yang mempunyai pengaruh atas reaktifitas kimia, namun temperatur dan tekanan dihasilkan dalam gelembung yang stabil, berisolasi dalam resonansi dengan aplikasi medan akustik dan dapat berpengaruh sebaliknya (Mason, 1990).

c. Efek struktural

Ensminger (1986) menyatakan ketika fluida diletakkan dibawah medan suara beirintensitas tinggi, dihasilkan gejolak dinamik dan tegangan geser pada struktur, terutama kekentalannya.

Aplikasi gelombang ultrasonik yang menimbulkan kavitasasi pada cairan, yang berisi mikroorganisme dan enzim, sering mempunyai suatu hasil mematikan dan inaktivasi. Setiap tenaga gelombang ultrasonik menyebar ke dalam suatu cairan maka mikroorganisme akan mengalami ekspansi, yang mana partikel dari suspensi cairan akan masuk dan mengisi badan dari mikroorganisme, partikel pada mikroorganisme tersebut akan bergerak-gerak menurut tekanan gelombang. Tekanan akustik tinggi akan menentukan pertumbuhan mikroorganisme atau bahkan mematakannya, yang ditandai oleh suatu peningkatan temperatur dan tekanan mendadak di dalam sel (Suslick, 1998).

Kemungkinan penggunaan intensitas rendah pada ultrasonik pada industri pangan telah dilakukan sejak lebih dari 60 tahun yang lalu, hanya saja baru beberapa teknik yang berpotensi saja yang diaplikasikan (Povey dan McClements, 1988). Aplikasi dari ultrasonik untuk meningkatkan proses dan produk belum begitu populer di industri pangan, tetapi telah banyak dikembangkan di industri lain. Pada suara dengan intensitas tinggi dapat diaplikasikan suara sonik (<18 kHz) atau ultrasonik (>18 kHz) tergantung dari aplikasinya. Keuntungan dari penggunaan suara dapat berpengaruh pada efek kimia, fisik dan mekanis pada proses dan produk (Suslick, 1986). Pemakaian ultrasonik dapat dilakukan secara otomatis, cepat dan tepat. Ultrasonik bersifat *non-destructive* dan *non-invasive*, sehingga dapat dengan mudah diadaptasikan ke berbagai aplikasi (McClements, 1995). Hal-hal yang mempengaruhi kemampuan ultrasonik untuk menimbulkan efek kavitasasi yang diaplikasikan pada produk pangan antara lain karekteristik ultrasonik seperti frekuensi; intensitas; amplitudo; daya, karakteristeik produk seperti viskositas; tegangan permukaan, dan kondisi sekitar seperti suhu dan tekanan (William, 1983).

2.8 Ultrasonic Bath

Ultrasonic bath merupakan alat yang berbentuk seperti bejana kosong yang dioperasikan pada frekuensi sekitar 37 kHz dan memproduksi intensitas yang tinggi untuk meningkatkan gelombang yang dibuat oleh refleksi dari gelombang suara pada cairan/permukaan udara. Ketinggian volume dari cairan sangat penting untuk mempertahankan ketinggian intensitas dan tidak boleh kurang dari setengahnya karena akan mempengaruhi gelombang ultrasonik di dalam cairan. Pemberian frekuensi sering digunakan untuk memproduksi lebih banyak kavitasasi (Brennan, 2006).



Gambar 2.3 *Ultrasonic Bath* Elmasonic S 40 H (Anonymous, 2015)

2.9 Mekanisme Ultrasonikasi Terhadap Penurunan Glukosianida

Gelombang suara yang dihasilkan oleh gelombang *ultrasonic bath* yang merambat melalui cairan menyebabkan terjadinya perpindahan energi yang disebabkan oleh tumbukan antar molekul dengan molekul lain, sehingga meningkatkan intensitas perpindahan energi (Mason, 1990). Karena tekanan di dalam cairan akan bertambah pada saat ultrasonik menyalurkan amplitudo positif dan terkspansi pada saat terjadi amplitudo negatif. Hal ini akan mengawali tumbuhnya gelembung mikro (Trisnobudi, 2001). Apabila fluida diletakkan dibawah medan suara berintensitas tinggi, akan menghasilkan gejala dinamik dan tegangan geser pada struktur (Ensminger, 1986).

Efek dari pengaruh gelombang ultrasonik tersebut kemungkinan menyebabkan terjadinya tumbukan antara molekul linamarase yang sudah keluar dari dinding sel saat pamarutan dan glukosianida yang terdapat dalam vakuola sel. Sehingga tumbukan dari antar molekul tersebut mempercepat terjadinya hidrolisa glukosianida yang akan membentuk senyawa *intermediate* yakni glukosa dan aseton sianohidrin. Selanjutnya aseton sianohidrin secara spontan

akan membentuk aseton dan hidrogen sianida (Yeoh, 1998). Senyawa sianida yang terbentuk akibat hidrolisa glukosianida tersebut akan larut dalam air dan menguap ke udara, karena sianida mempunyai sifat fisik mudah larut dalam air dan mempunyai titik didih 29°C (Suryani, 2000).

Pengecilan ukuran dalam detoksifikasi sianida umbi singkong pahit juga akan berpengaruh terhadap penurunan kadar sianida. Menurut Tivana (2005) pengecilan ukuran akan memudahkan kontak langsung antara enzim *endogenous* linamarase dan glukosianida untuk dihidrolisis dan membebaskan senyawa sianida yang terkandung dalam umbi. Secara alami prekursor (glukosianida) berada dalam vakuola sel dan enzim linamarase dalam dinding sel, keduanya akan kontak langsung jika jaringan umbi dirusak, dikupas, atau diparut.

Perendaman air dengan prinsip difusi merupakan salah satu cara yang paling umum dan efisien dimana senyawa (oksigen, karbondioksida, elektrolit, bahan organik molekul sederhana) ditransportasikan antara sel dan lingkungan air diluar. Difusi berlangsung menurut kemiringan (*gradient*) yakni perpindahan senyawa pada konsentrasi tinggi ke konsentrasi lebih rendah. Semakin besar perpindahan senyawa pada konsentrasi atau makin tajam gradiasi konsentrasinya makin besar kecepatan difusinya. Cara difusi umum terdapat pada sel dan tanpa butuh energi. Air mudah berdifusi lewat pori yang banyak tersebar pada membran sel (Yatim, 1990). Faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi pada air seperti ukuran partikel yang semakin kecil akan menyebabkan semakin cepat partikel bergerak sehingga kecepatan difusi semakin tinggi, suhu yang tinggi mengakibatkan partikel mendapatkan energi untuk bergerak lebih cepat dan semakin cepat pula difusinya, luas area yang besar menyebabkan semakin cepat kecepatan difusinya (Aman, 2010).

Dalam proses detoksifikasi sianida pada umbi singkong pahit metode ultrasonik, difusi air saat pemaparan gelombang ultrasonik dimungkinkan berpindahnya senyawa sianida dalam sampel bahan yang memiliki sianida lebih tinggi menuju air yang tidak terkandung sianida di dalamnya. Perpindahan sianida dari konsentrasi tinggi (air rendaman) ke konsentrasi lebih rendah (dalam singkong pahit) inilah yang mampu mengurangi kandungan sianida pada singkong pahit.

III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya serta Laboratorium Instrumen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari 2015 sampai Juni 2015.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan tepung singkong adalah singkong pahit (*Manihot esculenta* Crantz) varietas Malang 4 dengan umur 9 bulan yang diperoleh dari petani singkong Kalipare binaan Balai Penelitian Kacang dan Umbi-umbian Malang. Umbi singkong pahit yang digunakan adalah yang baru dipanen dan masih segar karena umbi ini mudah mengalami kerusakan jika disimpan terlalu lama.

Bahan yang digunakan untuk analisa adalah aquades pH 7, Buffer Phospat pH 7 PA, Asam Pikrat, Natrium Carbonat PA, HCl PA, Nelson A, Nelson B, Ethanol PA, Alkohol 80% PA, dan Alkohol 10% PA, Petroleum Eter PA.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ultrasonic bath* (*Elmasonic s 40 H*) dengan daya 340 W dan frekuensi 37 kHz, parutan singkong, loyang stainless steel ukuran 27x21 cm, pengering kabinet, timbangan analitik (*Mettler Toledo*), cawan petri, plastik PP, gelas ukur 50 ml (*Pyrex*), dan erlenmeyer 250 ml (*Pyrex*), Spektrofotometri, Pengering Kabinet.

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun dengan dua faktor. Faktor I terdiri dari 3 level dan faktor II terdiri dari 5 level, sehingga didapatkan 15 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan 2 kali ulangan sehingga didapatkan 30 satuan percobaan.

Faktor I. Rasio Bahan:air (B)

$$B1 = 1:4$$

$$B2 = 1:6$$

$$B3 = 1:8$$

Faktor II. Lama Waktu Ultrasonik (T)

$$T1 = 3 \text{ menit}$$

$$T2 = 6 \text{ menit}$$

$$T3 = 9 \text{ menit}$$

$$T4 = 12 \text{ menit}$$

$$T5 = 15 \text{ menit}$$

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Dua Faktor

Rasio bahan:air	Lama sonikasi				
	T1	T2	T3	T4	T5
B1	B1T1	B1T2	B1T3	B1T4	B1T5
B2	B2T1	B2T2	B2T3	B2T4	B2T5
B3	B3T1	B3T2	B3T3	B3T4	B3T5

Dari kedua faktor tersebut maka diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut:

B1T1 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:4 (b/v), lama waktu ultrasonik 3 menit

B1T2 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:4 (b/v), lama waktu ultrasonik 6 menit

B1T3 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:4 (b/v), lama waktu ultrasonik 9 menit

B1T4 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:4 (b/v), lama waktu ultrasonik 12 menit

B1T5 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:4 (b/v), lama waktu ultrasonik 15 menit

B2T1 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:6 (b/v), lama waktu ultrasonik 3 menit

B2T2 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:6 (b/v), lama waktu ultrasonik 6 menit

B2T3 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:6 (b/v), lama waktu ultrasonik 9 menit

B2T4 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:6 (b/v), lama waktu ultrasonik 12 menit

- B2T5 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:6 (b/v), lama waktu ultrasonik 15 menit
- B3T1 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:8 (b/v), lama waktu ultrasonik 3 menit
- B3T2 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:8 (b/v), lama waktu ultrasonik 6 menit
- B3T3 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:8 (b/v), lama waktu ultrasonik 9 menit
- B3T4 : Kombinasi perlakuan rasio bahan:air 1:8 (b/v), lama waktu ultrasonik 15 menit

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri atas 2 tahap, yaitu tahap pertama merupakan tahap penelitian pendahuluan dan tahap kedua adalah tahap penelitian utama.

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilaksanakan dari bulan februari 2015 hingga April 2015 di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan serta Laboratorium Instrumen Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penelitian pendahuluan dilakukan dalam 2 tahap dengan tujuan untuk menentukan rasio bahan:air dan pada level berapa saja rasio bahan:air yang efektif untuk digunakan. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh lama waktu ultrasonik terhadap kadar asam sianida singkong tanpa merusak sifat fisik dan kimia singkong pahit.

Pada penelitian ini pertama digunakan kombinasi rasio bahan:air 1:3, 1:4, dan 1:5 serta lama waktu ultrasonik selama 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Tujuannya adalah untuk dapat mengamati perubahan kadar HCN tiap 5 menit dan perubahan secara fisik dari singkong. Dari hasil yang didapat pada waktu lebih dari 20 menit larutan singkong mulai berubah menjadi pasta dikarenakan panas yang dihasilkan dari gelombang ultrasonik menjadi tinggi sehingga merubah sifat fisik dari singkong pahit. Pada lama waktu sonikasi 15 menit dan rasio bahan:air 1:5 sudah didapatkan kadar HCN yang mendekati batas aman (> 50 ppm).

Setelah itu dilakukan perubahan pada rasio bahan:air yang lebih besar dengan lama waktu ultrasonik yang dipersingkat dengan tujuan untuk memaksimalkan penurunan kadar HCN dengan penambahan rasio bahan:air, dan juga agar bahan tidak terjadi perubahan secara fisik menjadi berbentuk pasta. Oleh karena itu, didapatkanlah rasio bahan:air 1:4, 1:6, dan 1:8 dengan waktu sonikasi selama 3, 6, 9, 12, dan 15 menit.

3.4.2 Penelitian Utama

Proses pelaksanaan penelitian detoksifikasi sianida dari singkong pahit menggunakan gelombang ultrasonik dapat dilihat pada diagram alir gambar 3.1 diantaranya sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan baku yang akan digunakan yaitu umbi singkong pahit (*Manihot esculenta Crantz*) segar jenis Malang 4, singkong dipilih yang masih bagus dari segi kenampakan, kondisi masih segar, dan tidak busuk.
2. Mengupas kulit singkong dan memperkecil ukuran singkong.
3. Singkong diparut dengan menggunakan pamarut singkong.
4. Menimbang singkong parut sesuai dengan rasio bahan:air 1:4, 1:6, dan 1:8 (b/v).
5. Memasukkan pelarut (akuades) ke dalam erlenmeyer sesuai dengan rasio bahan:air yakni 1:4, 1:6, 1:8 (b/v).
6. Lalu singkong parut dimasukkan ke erlenmeyer yang sudah diberi akuades sesuai rasio bahan:air yaitu 1:4, 1:6, dan 1:8 (b/v).
7. Ultrasonikasi dengan suhu 27° C – 35° C dan waktu sonikasi 3, 6, 9, 12, dan 15 menit.
8. Menyaring singkong parut dengan kertas saring.
9. Mengambil 3 gr dari padatan untuk di analisa kadar HCN dan kadar air.
10. Memasukkan singkong parut ke dalam pengering kabinet selama 24 jam.
11. Menghaluskan tepung singkong dengan mortar.
12. Mengayak tepung singkong dengan ayakan 80 mesh.
13. Memasukkan tepung singkong yang dihasilkan dalam plastik.

3.5 Pengamatan dan Analisis Data

3.5.1 Pengamatan

- a. Bahan Baku (Singkong pahit Malang 4)

- Analisis Kadar Air (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk, 1997)
- Kadar pati, metode hidrolisis asam (AOAC, 1990 dalam Sudarmadji, dkk., 1997)
- Analisis Kadar Sianida (Bradbury, 1988)

b. Padatan singkong pahit setelah perlakuan

- Analisis Kadar Sianida (Bradbury, 1988)
- Analisis Kadar air (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk, 1997)

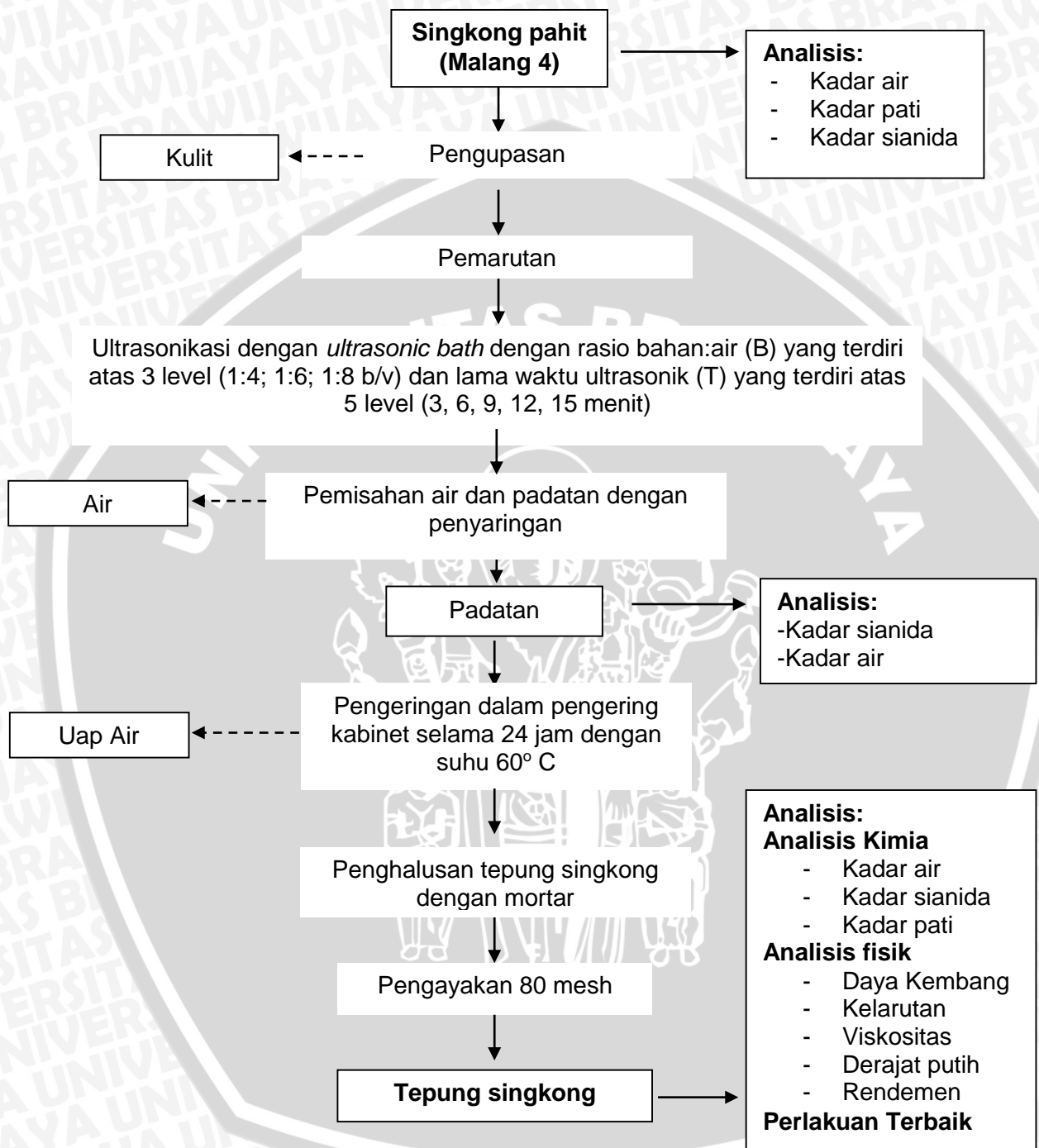
c. Tepung Singkong

- Analisis Kadar Air (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk, 1997)
- Analisis Kadar Sianida (Bradbury, 1988)
- Kadar Pati, metode Hidrolisis Asam (AOAC, 1984)
- Analisis Daya Kembang dan Kelarutan (Collado *et al.*, 2001)
- Pengukuran Viskositas Panas, *Hotting* dan Dingin (Modifikasi Subagio, 2006)
- Analisa Derajat Putih (Sudarmadji, 1997)
- Rendemen (Sudarmadji, 1997)

3.5.2 Analisa Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisa dengan analisa keragaman ANOVA (*Analysis of Varians*) menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Apabila terdapat beda nyata pada interaksi kedua faktor perlakuan, dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dan bila tidak terdapat interaksi namun di salah satu faktor perlakuan atau keduanya terdapat beda nyata, maka dilakukan uji beda BNT dengan taraf nyata 5%. Sedangkan untuk pemilihan perlakuan terbaik digunakan metode TOPSIS.

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tepung singkong dengan *Ultrasonic Bath*

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan tepung singkong adalah singkong pahit (*Manihot esculenta* Crantz) varietas Malang 4 dengan umur 9 bulan yang baru dipanen dan masih segar. Parameter yang dianalisis pada bahan baku umbi singkong pahit segar meliputi kadar air, kadar sianida, dan kadar pati. Perbandingan hasil analisis bahan baku dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis Bahan Baku Umbi Singkong Pahit Segar

Parameter	Hasil Penelitian	Literatur*
Kadar air (%)	64,16	-
Kadar Pati (%) **	29,21	25-32 **
Kadar sianida (ppm) **	324,74	>100 **

Sumber: * Balitkabi (2005)

Keterangan: ** persentase berdasarkan berat kering (*dry basis*)

Pada bahan baku singkong pahit segar varietas Malang 4 diperoleh kadar air sebesar 64,16%. Nilai kadar air pada suatu umbi singkong merupakan komponen penting yang dapat mempengaruhi proses pengolahan umbi singkong (Kordylas, 1991). Selain itu kadar air dalam bahan berpengaruh terhadap hasil akhir dari suatu produk.

Umbi singkong segar memiliki kadar pati sebesar 29.21% (*dry basis*). Kadar pati hasil analisis ini mendekati kadar pati dalam literatur pada Balitkabi (2005) yaitu 25-32% (*dry basis*).

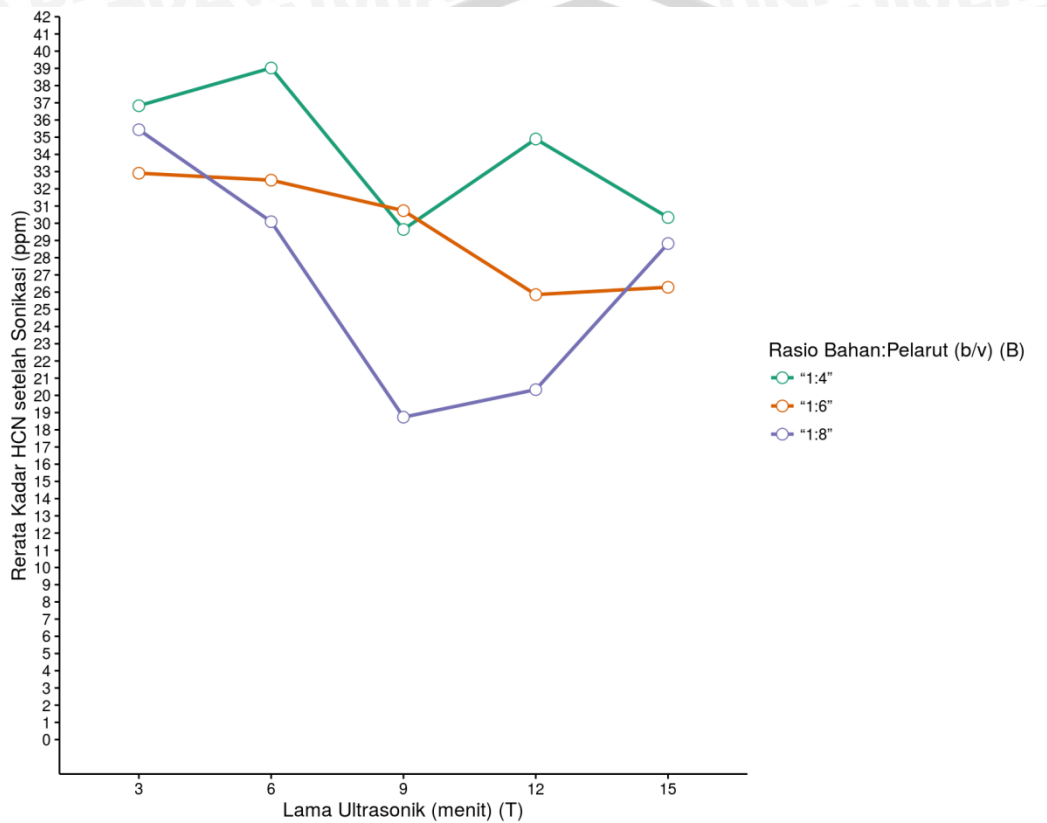
Kadar sianida dalam umbi singkong segar ini diperoleh sebesar 324,74 ppm (*dry basis*). Jumlah ini masih sangat tinggi dan dapat membahayakan bila dikonsumsi, sehingga diharapkan dengan proses pengecilan ukuran, rasio bahan:air selama perendaman, dan paparan gelombang ultrasonik yang dilakukan dalam penelitian ini dapat mengurangi sianida yang ada.

4.2 Kadar Sianida Bebas Umbi Singkong Pahit Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik dalam Bentuk Parutan

Pada penelitian ini, pemberian paparan gelombang ultrasonik bertujuan untuk menurunkan kadar sianida yang dilakukan dengan lama waktu tertentu. Sebagai acuannya, proses detoksifikasi dapat dilihat dari kadar sianida bebas

yang terkandung dalam umbi singkong segar, setelah diberi gelombang ultrasonik dengan waktu tertentu, dan hasil akhir berupa tepung singkong.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar sianida bebas pada singkong pahit berkisar antara 39,02 ppm – 18,73 ppm (*dry basis*). Rerata kadar sianida bebas pada umbi singkong pahit dalam bentuk parutan akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Kadar Sianida Bebas Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rerata kadar sianida bebas umbi singkong pahit dalam bentuk parutan cenderung menurun seiring dengan semakin besarnya rasio bahan:air yang berarti semakin banyak sianida yang larut pada air. Kadar sianida bebas terendah didapatkan pada lama ultrasonik 9 menit dengan rasio 1:8 (b/v) sebesar 18,73 ppm (*dry basis*) dan tertinggi pada lama ultrasonik 6 menit dengan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 39,02 ppm (*dry basis*).

Hasil analisis ragam (Lampiran 2) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) serta terdapat interaksi antar kedua perlakuan tersebut terhadap kadar sianida bebas umbi singkong pahit. Rerata kadar sianida bebas umbi singkong pahit dalam

bentuk parutan akibat pengaruh interaksi antara lama ultrasonik dan rasio bahan:air ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rerata Kadar Sianida Bebas Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Lama Ultrasonik** (menit)	Kadar Sianida Bebas*	Std	DMRT ($\alpha = 0,05$)
1:4	3	36,83 b	0,1809345	
	6	39,02 a	0,1650034	
	9	29,64 ef	0,6979568	
	12	34,91 c	0,1197839	
	15	30,33 ef	0,2721654	
1:6	3	32,91 d	0,5446349	
	6	32,50 d	1,5465062	1,551 - 1,789
	9	30,73 e	1,7324187	
	12	25,85 g	0,1885783	
	15	26,28 g	0,4196537	
1:8	3	35,44 bc	0,6063723	
	6	30,09 ef	0,1023820	
	9	18,73 i	0,4170728	
	12	20,33 h	0,8902899	
	15	28,82 f	0,2483783	

Keterangan: * Persentasi berdasarkan berat kering (*dry basis*)

** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan

- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji Duncan $\alpha = 0,05$

Semakin lama ultrasonik yang dipaparkan maka memberikan efek penurunan pada kadar sianida bebas yang terdapat dalam umbi singkong pahit dalam bentuk parutan, karena semakin lama ultrasonik, maka suhu larutan akan meningkat, sehingga senyawa sianida akan menguap karena telah melewati titik didihnya yaitu 29° C (Suryani, 2000).

Bentuk bahan juga berpengaruh terhadap penurunan kadar sianida pada singkong pahit yang berbentuk parutan. Luas permukaan bentuk parut lebih optimal untuk menurunkan kadar sianida yang bersifat larut air daripada bentuk chip. Abioye *et al* (2005) menyatakan bahwa pada saat proses pengecilan ukuran, linamarase *endogenous* dalam umbi dibebaskan dan akan memecah linamarin.

Gelombang suara yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik merambat melalui cairan sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan energi yang disebabkan oleh tumbukan antar molekul dengan molekul lain, sehingga meningkatkan intensitas perpindahan energi (Mason, 1990), karena tekanan di

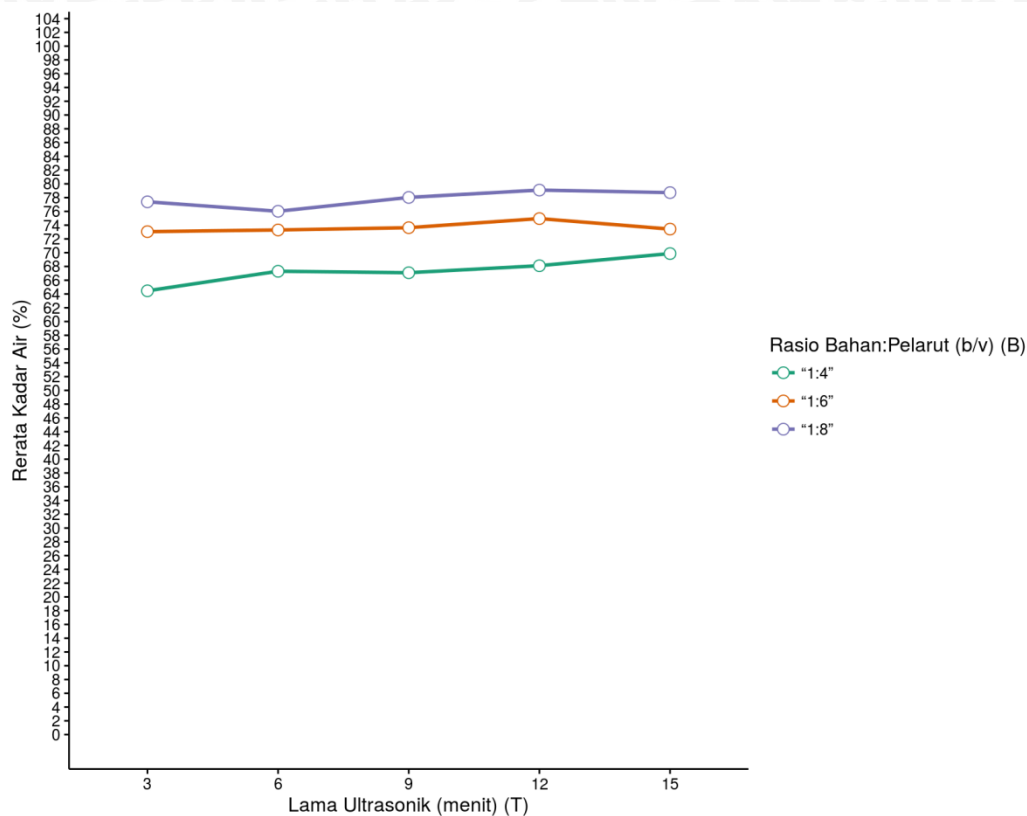
dalam cairan akan bertambah pada saat ultrasonik menyalurkan amplitudo positif dan tereksansi pada saat terjadi amplitudo negatif. Gelombang suara ini akan mengawali tumbuhnya gelembung mikro (Trisnobudi, 2001). Apabila fluida diletakkan dibawah medan suara berintensitas tinggi, akan menghasilkan gejala dinamik dan tegangan geser pada struktur (Ensminger, 1986).

Penurunan kadar sianida pada singkong pahit terjadi karena pengaruh gelombang ultrasonik yang kemungkinan menyebabkan terjadinya tubrukan antara molekul linamarase yang sudah keluar dari dinding sel saat pamarutan dan linamarin yang terdapat dalam vakuola sel, sehingga tubrukan antar molekul tersebut mempercepat terjadinya hidrolisa linamarin akan membentuk senyawa *intermediate* yakni glukosa dan aseton sianohidrin. Selanjutnya aseton sianohidrin secara spontan akan membentuk aseton dan hidrogen sianida (Yeoh, 1998). Senyawa sianida yang terbentuk akibat hidrolisa linamarin tersebut akan larut dalam air dan menguap ke udara, karena sianida mempunyai sifat fisik mudah larut dalam air dan mempunyai titik didih 29°C (Suryani, 2000). Bila sianida sudah terbentuk pada permukaan umbi akibat proses hidrolisa linamarin, maka sianida akan larut dalam air dan sudah terbentuk pada tingkat yang lebih aman. Sianida yang terukur dalam penelitian ini merupakan sianida bebas. Sianida terikat dapat berupa glukosianida maupun dalam bentuk aseton sianohidrin (Suryani, 2000).

Dalam detoksifikasi menggunakan ultrasonik, besarnya rasio bahan:air juga berpengaruh terhadap penurunan sianida dan berhubungan dengan proses ultrasonik. Karena semakin banyak pelarut air yang digunakan, maka akan terjadi perpindahan sianida dari konsentrasi tinggi (umbi singkong) ke konsentrasi yang lebih rendah (pelarut air), inilah yang mampu mengurangi kandungan sianida dalam singkong (Nambisan, 1999).

4.3 Kadar Air Umbi Singkong Pahit Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik dalam Bentuk Parutan

Hasil penelitian diperoleh data dengan rerata kadar air umbi singkong pahit dalam bentuk parutan setelah pemberian paparan gelombang ultrasonik yakni sebesar 64,46% – 79,10%. Rerata kadar air umbi singkong pahit dalam bentuk parutan setelah proses ultrasonik akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Kadar Air Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Setelah Proses Ultrasonik Akibat Lama ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Berdasarkan grafik, kadar air umbi singkong dalam bentuk parutan setelah proses ultrasonik tertinggi didapat pada perlakuan lama ultrasonik 12 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 79,10% dan terendah pada lama ultrasonik 3 menit dan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 64,46%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air setelah proses ultrasonik mengalami peningkatan yang diduga akibat lama ultrasonik dan rasio bahan:air pada proses detoksifikasi.

Hasil analisis ragam (Lampiran 3) menunjukkan bahwa perlakuan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar air setelah proses ultrasonik, namun tidak berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) pada perlakuan lama ultrasonik dan tidak terdapat interaksi antar kedua faktor tersebut. Rerata kadar air setelah proses ultrasonik akibat pengaruh perlakuan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rerata Kadar Air Singkong Pahit dalam Bentuk Parutan Setelah Proses Ultrasonik Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Kadar Air (%)	std	BNT 5%
1:4	67,37 c	3,001680	
1:6	73,67 b	1,874808	2,35
1:8	77,85 a	1,673901	

Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Dari hasil penelitian, kadar air setelah proses ultrasonik mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya rasio bahan:air. Terlihat bahwa kadar air dengan rasio bahan:air 1:8 yakni 77,85% lebih besar dibandingkan rasio 1:4 yakni 67,37%. Hal ini disebabkan air yang diserap oleh bahan dengan rasio 1:8 lebih banyak sehingga dapat meningkatkan kadar air yang terdapat dalam bahan. Selain itu, menurut Putranto (2002), proses perendaman dapat meningkatkan kemampuan pati dalam menahan air melalui ikatan hidrogen sehingga dapat meningkatkan kadar air. Kadar air setelah proses ultrasonik juga berpengaruh terhadap kadar air tepung singkong. Gelombang ultrasonik kekuatan tinggi diketahui mampu merusak atau memecah dinding sel atau permukaan bahan padat (McClements, 1995). Akibat pemecahan dinding sel, air rendaman dapat masuk ke dalam dinding sel umbi singkong pahit dan meningkatkan kadar air.

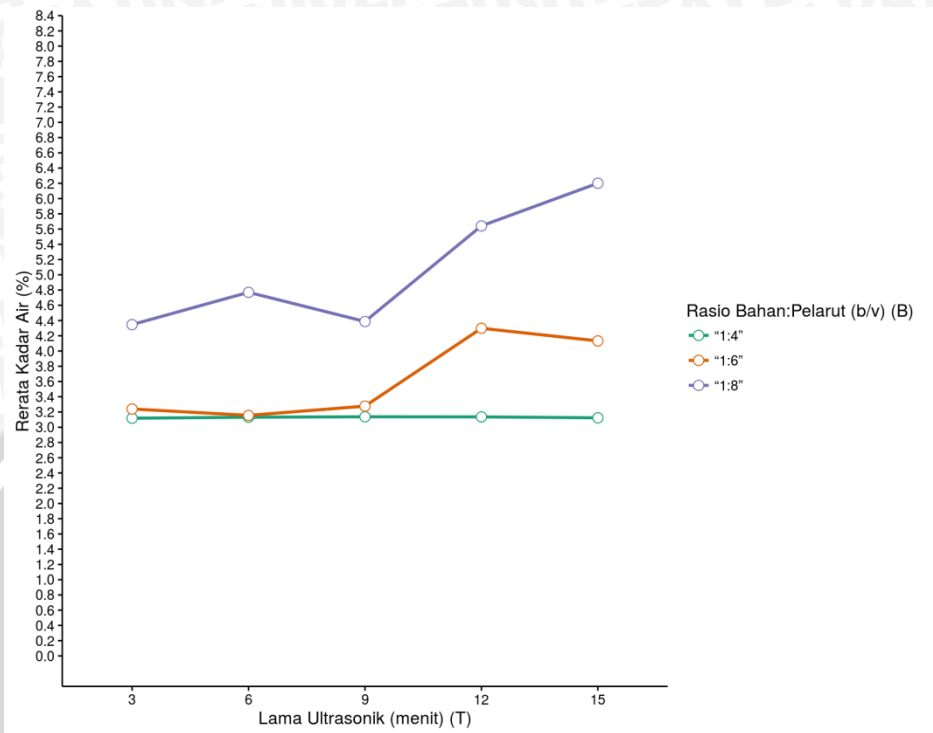
4.4 Karakteristik Kimia Tepung Singkong

4.4.1 Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya tahan bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1995). Menurut SNI 01-2997-1992, kadar air yang baik untuk produk tepung singkong yakni maksimal 12%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar air tepung singkong berkisar antara 3,11% - 6,20%, dimana terjadi perbedaan yang signifikan akibat

perlakuan yang diberikan pada tiap prosesnya. Rerata kadar air akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kadar Air Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Kadar air tepung singkong mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar air, namun tidak terdapat interaksi antar kedua faktor tersebut. Rerata kadar air tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rerata Kadar Air Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T)

Lama Ultrasonik (menit)**	Kadar Air (%)	std	BNT 5%
3	3,57 b	0,6213850	0,51
6	3,69 b	0,8542195	
9	3,60 b	0,6504152	
12	4,36 a	1,1370625	
15	4,49 a	1,5353525	

Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan
- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin lama ultrasonik akan menyebabkan peningkatan kadar air dari tepung singkong. Lama waktu 15 menit didapatkan sebesar 4,49% dan lebih besar dibandingkan lama waktu 3 menit yaitu sebesar 3,57%. Pada reaktor ultrasonik, gelombang ultrasonik digunakan untuk menimbulkan efek kavitas akustik; yaitu pembentukan, pertumbuhan, dan pecahnya gelembung dalam medium cairan. Ketika gelembung kavitas pecah di dekat atau pada permukaan padat maka permukaan padat akan memberikan resistensi terhadap aliran cairan. Hal ini menyebabkan cairan mikrojet mengarah ke permukaan padat (Suslick, 1998). Dampak dari mikrojet ini sangat kuat, antara lain dapat mengupas (*peeling*) permukaan, mengikis, atau memecah dinding sel (Susick, 1998). Pecahnya dinding sel dari umbi singkong akibat gelombang ultrasonik menyebabkan masuknya air ke dalam sel umbi singkong. Rerata kadar air tepung singkong akibat pengaruh perlakuan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rerata Kadar Air Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Kadar Air (%)	std	BNT 5%
1:4	3,13 c	0,1507036	
1:6	3,62 b	0,5552202	0,40
1:8	5,06 a	0,9050971	

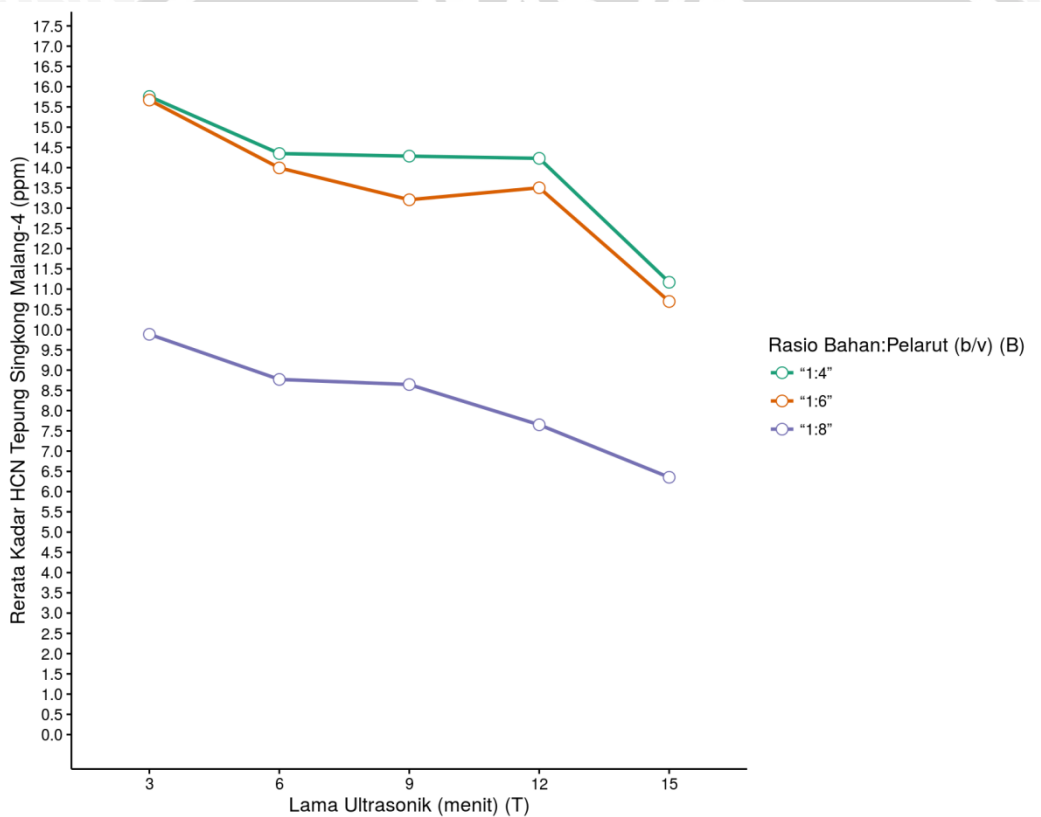
Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Kadar air tepung singkong mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya rasio bahan:air. Terlihat bahwa kadar air dengan rasio bahan:air 1:8 (5,06%) lebih besar dibandingkan rasio 1:4 (b/v) (3,13%). Hal ini disebabkan air yang diserap oleh bahan dengan rasio 1:8 (b/v) lebih banyak sehingga lebih lama untuk kering. Menurut Winarno (2005) bahwa kandungan air yang tinggi mengakibatkan waktu pengeringan menjadi lebih lambat, molekul air terikat dengan molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen. Molekul air membentuk hidrat dengan molekul lain seperti karbohidrat, protein, garam. Hasil kadar air dari bahan tergantung dari pada suhu pengeringan, kelembaban, jenis/ varietas, dan ukuran bahan. Mekanisme pengeringan dapat diterangkan dengan teori perpindahan massa. Dimana peristiwa lepasnya molekul air dari permukaan tergantung dari bentuk dan luas permukaan bahan. Bila suatu bahan sangat basah atau lapisan air yang menyelimuti bahan terlalu tebal, maka semakin sulit molekul air akan keluar dari bahan (Collado, 2001).



4.4.2 Kadar Sianida Bebas

Pada penelitian ini, singkong diparut lalu dilarutkan dalam air dengan rasio bahan:air 1:4; 1:6; 1:8 (b/v) dan dimasukkan dalam ultrasonik *bath* untuk selanjutnya dilakukan perlakuan ultrasonik. Setelah itu, air pada larutan diambil dan singkong parut dimasukkan dalam pengering kabinet dengan suhu 60° C selama 24 jam. Rerata kadar sianida bebas pada tepung singkong berkisar antara 15,76 – 6,35 ppm (*dry basis*). Rerata kadar sianida bebas pada tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Kadar Sianida Bebas Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Kadar sianida tepung singkong cenderung menurun seiring meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Kadar sianida bebas pada tepung singkong ini lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar sianida bebas singkong dalam bentuk parut setelah metode ultrasonik. Kemungkinan energi yang ditransmisikan lewat air mempengaruhi aktivitas enzim linamarase sehingga glukosianida terpecah menjadi aseton sianohidrin. Daya yang rendah dari gelombang ultrasonik *bath* diduga juga mampu mempercepat pemecahan sianohidrin secara

spontan menjadi asam sianida karena adanya energy yang dapat meningkatkan panas. Menurut Sirtunga (2003) senyawa aseton sianohidrin akan melepaskan asam sianida secara spontan pada pH > 5 dan suhu > 35^o C. Pada grafik Gambar 4.3 didapatkan rerata kadar sianida tertinggi terdapat pada tepung singkong dengan lama ultrasonik 3 menit dan dengan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 15,76 ppm (*dry basis*). Rerata kadar sianida tepung singkong terendah pada perlakuan lama ultrasonik selama 12 menit dengan rasio bahan:air 1:8 (b/v) yaitu sebesar 6,35 ppm (*dry basis*).

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 5) dapat diketahui bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap rerata kadar sianida tepung singkong serta terjadi interaksi antar kedua perlakuan tersebut. Rerata kadar sianida tepung singkong akibat pengaruh interaksi antara lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rerata Kadar Sianida Bebas Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Lama Ultrasonik (menit)**	Kadar Sianida Bebas*	Std	DMRT ($\alpha = 0,05$)
1:4	3	15,76 a	0,19671711	0,471 - 0,544
	6	14,35 b	0,02812164	
	9	14,28 b	0,00000000	
	12	14,23 b	0,07008842	
	15	11,17 b	0,01412092	
1:6	3	15,67 a	0,04207285	
	6	13,99 b	0,64782295	
	9	13,21 c	0,22570848	
	12	13,50 c	0,37910823	
	15	10,69 e	0,11245119	
1:8	3	9,88 f	0,07038682	
	6	8,77 g	0,12670929	
	9	8,64 g	0,18287903	
	12	7,65 h	0,07052754	
	15	6,35 i	0,04205659	

Keterangan: * Persentase berdasarkan berat kering (*dry basis*)

** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan

- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji Duncan $\alpha = 0,05$

Berdasarkan hasil analisis ragam 5% dapat diketahui bahwa lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar sianida pada tepung singkong. Penurunan kadar sianida disebabkan karena luas permukaan bentuk parut sangat optimal untuk

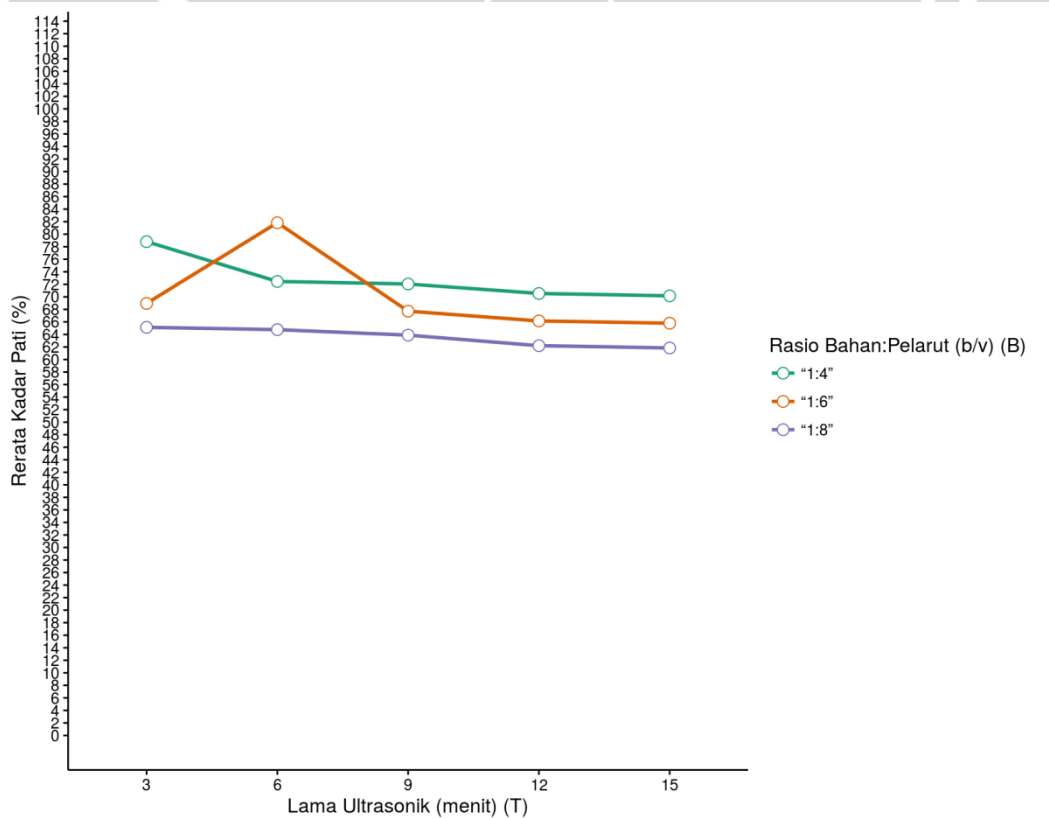
menghilangkan atau menurunkan kadar sianida yang bersifat larut air. Pada tanaman singkong, linamarase terletak pada dinding sel tanaman. Ketika jaringan tanaman dirusak atau dicacah, linamarase akan terekspos dengan linamarin dan lotastralin sehingga melepaskan senyawa sianida (Dawson, 2006). Sianida yang dianalisa pada penelitian ini adalah sianida bebas. Yang berupa asam sianida. Sianida terikat yang berupa glukosianida dan aseton sianohidrin tidak ikut terukur dalam penelitian ini. Diduga masih terdapat sianida terikat yang dapat ditemukan di dalam tepung singkong karena proses hidrolisa linamarin kurang maksimal. Menurut Grace (1997), bahwa pada saat proses pengecilan ukuran, linamarase *endogenous* didalam umbi dibebaskan dan akan memecah linamarin, ditambah lagi dengan adanya gelombang ultrasonik yang menyebabkan terjadinya tubrukan antara molekul linamarase yang sudah keluar dari dinding sel saat pamarutan dan linamarin yang terdapat dalam vakuola sel. Tubrukan dari antar molekul tersebut mempercepat terjadinya hidrolisa linamarin yang akan membentuk senyawa intermediet yakni glukosa dan aseton sianohidrin. Selanjutnya aseton sianohidrin secara spontan akan membentuk aseton dan hidrogen sianida (Yeoh, 1998).

Proses perendaman menyebabkan air berdifusi ke dalam sel-sel umbi melalui membran sel yang sangat permeabel. Air perendaman ini akan melakukan kontak dengan partikel yang dilarutkan serta dengan sianida yang mudah larut dalam air dan mempunyai titik didih 29°C. Air juga mentransmisikan gelombang ultrasonik *bath* sehingga memengaruhi aktivitas enzim linamarase sehingga glikosianida terpecah menjadi sianohidrin dan mempercepat pemecahan sianohidrin menjadi asam sianida. Perendaman yang semakin lama akan menyebabkan semakin banyak pula zat-zat yang dilarutkan sampai pada titik keseimbangan (Pambayun, 2002). Berdasarkan rerata analisis kadar sianida pada tepung singkong ini sudah termasuk dalam kategori aman. Menurut menurut FAO dalam Winarno (1992), kandungan sianida 50 ppm bahan masih aman untuk dikonsumsi manusia. Penurunan kadar sianida juga disebabkan karena setelah proses detoksifikasi dengan ultrasonik, singkong dikeringkan dalam pengering kabinet dengan suhu 60° C selama 24 jam untuk dijadikan tepung sehingga menyebabkan sianida bebas akan menguap ke udara akibat panas selama pengeringan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hapsari dkk (2007) kadar sianida yang didapatkan akibat perlakuan pre-gelatinisasi singkong yaitu sebesar 10,7833 ppm sampai 14,7860 ppm (*dry basis*)

4.4.3 Kadar Pati

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin. Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, *barley*, gandum, beras, sagu, *amaranth*, ubi kayu, ganyong, dan sorgum (Razif, 2006). Pati umumnya merupakan kandungan utama yang ada pada produk tepung umbi-umbian. Pati terdapat dua fraksi yaitu amilosa dan amilopektin. Kadar pati tepung singkong menurut SNI minimal 75%. Beberapa studi melaporkan kandungan pati yang berbeda-beda pada tepung singkong (Brennan, 2006).

Pada hasil penelitian, rerata kadar pati tepung singkong berkisar antara 81,84% – 61,85% (*dry basis*). Rerata kadar pati akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Kadar Pati Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Kadar pati tepung singkong meningkat apabila dibandingkan dengan singkong segar. Rerata kadar pati tepung singkong cenderung menurun seiring dengan semakin lamanya waktu ultrasonik. Rerata kadar pati terbesar pada tepung singkong dengan lama ultrasonik 6 menit dan rasio bahan:air 1:6 (b/v)

yaitu sebesar 81,84% (*dry basis*). Kadar pati terendah yakni pada tepung singkong dengan lama ultrasonik 12 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 61,85% (*dry basis*). Menurut Suryani (2008), selama pengeringan bahan pangan mengalami kehilangan kadar air yang menyebabkan naiknya kadar zat gizi seperti jumlah protein, lemak, dan karbohidrat yang ada per satuan berat di dalam bahan kering lebih besar dari bahan pangan besar. Berdasarkan pernyataan tersebut juga dapat diketahui bahwa komponen pati (karbohidrat) pada tepung mengalami kenaikan setelah pengeringan.

Rerata kadar pati tepung singkong akibat rasio bahan:air dengan analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan perbedaan yang signifikan dan mengalami penurunan pada kadar pati tepung singkong. Rerata kadar pati singkong akibat pengaruh perlakuan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rerata Kadar Pati Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Kadar Pati (%)*	std	BNT 5%
1:4	72,81 a	4,383089	
1:6	70,09 a	9,265206	5,49
1:8	63,57 b	1,722856	

Keterangan: * persentase berdasarkan berat kering (*dry basis*)

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan

- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Berdasarkan hasil analisa ragam ($\alpha=0,05$) dapat dilihat bahwa rerata kadar pati akibat rasio bahan:air mengalami penurunan. Penurunan kadar pati diduga karena banyak air yang pada bahan menjadi air terbebaskan sehingga menyebabkan ikatan antar molekul air dengan komponen lain menjadi lebih lemah dan mudah putus (Adejumo, 2011). Diduga pula pada saat proses ultrasonik, beberapa senyawa pada umbi singkong mengalami *leaching* (peristiwa pelarutan terarah dari satu atau lebih senyawaan dari suatu campuran padatan dengan cara mengontakkan dengan pelarut cair. Pelarut akan melarutkan sebagian bahan padatan sehingga bahan terlarut yang diinginkan dapat diperoleh). Perendaman air mengakibatkan terjadinya hidrasi sehingga komponen pati yang bersifat larut air mengalami *leaching* dan terbuang dalam air pencucian (Fan, 2014). Selama penyaringan dapat menurunkan kadar pati jika ukuran pati lebih kecil, sehingga lolos dan ikut terbuang bersama air rendaman (Grace, 1997).

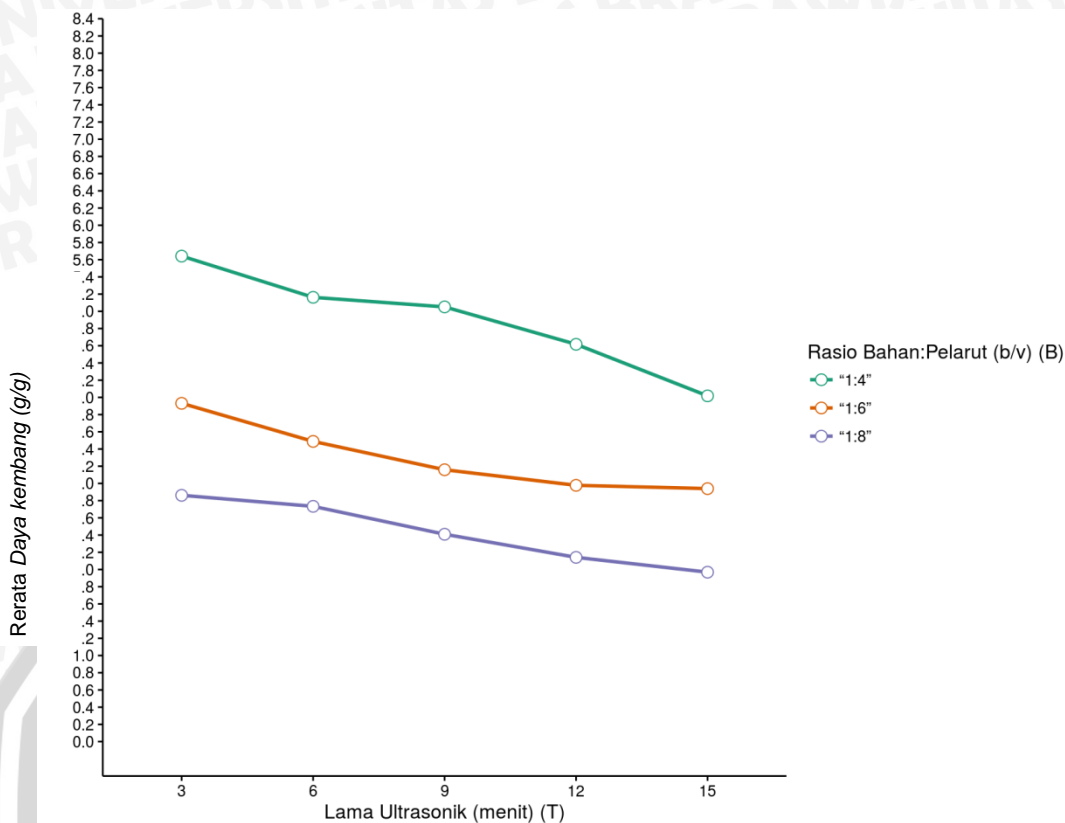
Lama ultrasonik tidak berpengaruh nyata terhadap kadar pati tepung singkong. Diduga suhu saat pemaparan gelombang ultrasonik masih kurang memberikan energi kinetik pada sel, sehingga tidak dapat melemahkan ikatan hidrogen intermolekuler antara rantai amilosa dan dan rantai amilopektin. Menurut Manchun (2012) saat pemberian paparan gelombang ultrasonik akan terjadi kenaikan energi kinetik dan panas, sehingga menyebabkan ikatan hidrogen intermolekuler antara rantai amilosa dan rantai cabang amilopektin mulai melemah, sehingga mengalami degradasi amilopektin yang menyebabkan penurunan kadar pati.

4.5 Karakteristik Fisik Tepung Singkong

4.5.1 Daya kembang

Daya kembang merupakan derajat pengembangan granula pati pada saat gelatinisasi, dimana saat gelatinisasi bagian amorf pati akan terhidrasi dan menyebabkan pengembangan granula pati. Proses ini disertai dengan pemanasan sehingga ikatan hidrogen yang menghubungkan amilosa dan amilopektin melemah, sedangkan energi kinetik air meningkat yang mengakibatkan air berpenetrasi ke dalam granula pati dan terjadi pengembangan. Pengembangan granula pati akan meningkat seiring meningkatnya suhu dimana hidrasi akan terus terjadi di daerah amorf dan ikatan hidrogen di daerah kristalin mulai melemah (Swinkles, 1985).

Hasil penelitian diperoleh data dengan rerata nilai daya kembang tepung singkong sebesar 1,97 (g/g) – 5,64 (g/g). Nilai daya kembang tertinggi didapat pada perlakuan lama ultrasonik 3 menit dan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 5,64 (g/g) dan terendah pada lama ultrasonik 15 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 1,97 (g/g). Hal ini menunjukkan bahwa daya kembang pada tepung singkong cenderung mengalami penurunan yang diduga akibat lama ultrasonik dan rasio bahan:air pada proses detoksifikasi. Rerata nilai daya kembang tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Rerata Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 7) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) serta interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai daya kembang tepung singkong. Rerata pengaruh perlakuan lama ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rerata Nilai Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T)

Lama Ultrasonik (menit)**	Daya Kembang (g/g)	Std	BNT 5%
3	4,15 a	1,305422	
6	3,79 ab	1,179693	
9	3,54 abc	1,290384	0,70
12	3,25 bc	1,225928	
15	2,98 c	1,055087	

Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz
 - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Berdasarkan hasil analisis rerata nilai daya kembang akibat lama ultrasonik, didapatkan nilai daya kembang tepung singkong menurun. Hal ini disebabkan oleh terbukanya granula pati akibat adanya energi panas. Selain itu,

pengaruh gelombang ultrasonik memberikan energi kinetik yang lebih tinggi kepada air sehingga semakin memudahkan air untuk berpenetrasi masuk ke dalam granula pati (McClements, 1995). Intensitas daya kembang dan kelarutan tergantung pada suhu, perbedaan kadar amilosa dan lemak, keberadaan fosfat, kristalinitas, interaksi antara daerah amorf dan kristalin pati yang dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin, dan karakteristik molekuler pati (Singh *et al.*, 2003).

Distribusi ukuran granula pati berpengaruh terhadap kekuatan pembengkakan pati. Apabila ukuran granula pati lebih besar akan mempercepat pembengkakan (Adejumo *et al.*, 2001). Ukuran granula pati kecil maka kekuatan pembengkakannya juga kecil (Dawson, 2006). Rerata pengaruh perlakuan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rerata Nilai Daya Kembang Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Daya Kembang (g/g)	std	BNT 5%
1:4	4,89 a	0,6056469	
1:6	3,29 b	0,5763088	0,54
1:8	2,42 c	0,6756725	

Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan

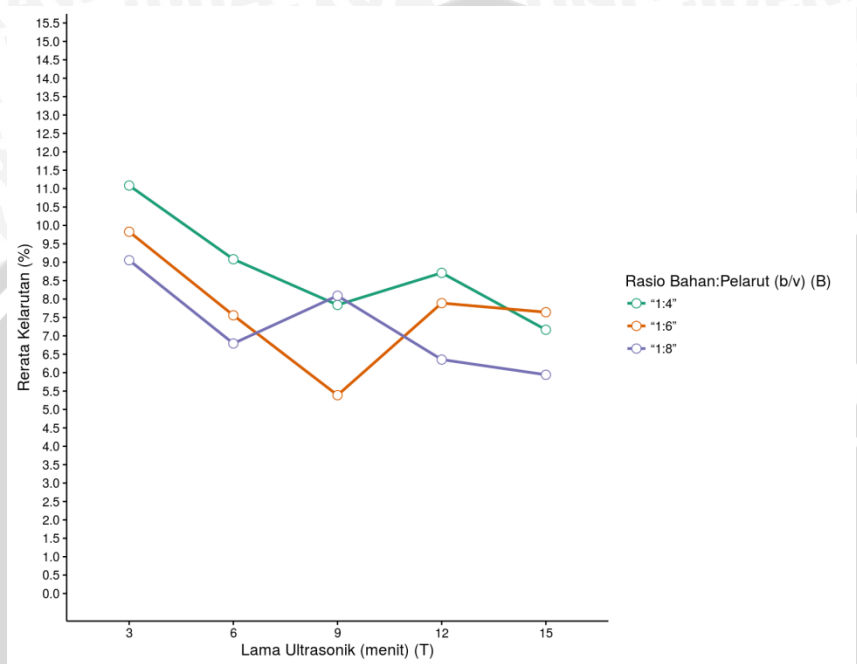
- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa rasio bahan:air berpengaruh terhadap penurunan nilai daya kembang. Hal ini disebabkan karena air yang masuk akan terperangkap oleh amilosa dan amilopektin dan mengakibatkan granula mengalami pembengkakan (Fan, 2014). Diduga pada tepung singkong mengandung amilosa yang tinggi sehingga nilai dari daya kembang rendah. Singh *et al* (2003) mengemukakan bahwa pengembangan granula pati terjadi karena molekul–molekul air masuk ke dalam granula pati dan terperangkap pada susunan molekul–molekul amilosa dan amilopektin. Peningkatan kandungan amilosa menyebabkan penurunan daya kembang dan kelarutan akibat adanya ikatan kompleks amilosa yang memperkuat integritas struktur granula sehingga menghambat pengembangan granula pati (Tester *et al.*, 1990).

4.5.2 Kelarutan

Solubilitas atau kelarutan adalah karakteristik sifat kelarutan pati yang dilakukan dengan pemanasan pada suhu 85°C. Dari hasil penelitian didapatkan rerata nilai kelarutan tepung singkong sebesar 5,39% –11,09%. Nilai kelarutan

terendah didapatkan pada perlakuan lama ultrasonik 9 menit dan rasio bahan:air 1:6 (b/v) sebesar 5,39%. Sedangkan nilai kelarutan tertinggi didapatkan pada perlakuan lama ultrasonik 3 menit dan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 11,09%. Rerata kelarutan tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Rerata Kelarutan Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) namun interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kelarutan pasta tepung singkong. Rerata pengaruh perlakuan lama ultrasonik terhadap kelarutan tepung singkong dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rerata Nilai Kelarutan Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T)

Lama Ultrasonik (menit)**	Rerata Kelarutan (g/g)	Std	BNT 5%
3	9,99 a	1,932930	1,52
6	7,81 b	1,020872	
9	7,65 b	1,016607	
12	7,11 b	1,390673	
15	6,92 b	1,521795	

Keterangan: ** Ultrasonik bath Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz
 - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Nilai kelarutan tepung singkong cenderung menurun seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik. Penurunan nilai kelarutan tepung singkong diduga karena gelombang ultrasonik mengakibatkan merenggangnya struktur pati akibat adanya interaksi air dan energi panas dimana panas akan melemahkan ikatan hidrogen sehingga struktur akan lebih menyerap air dan mengalami *swelling* dan air akan berpenetrasi dalam granula (Manchun *et al.*, 2012).

Rasio bahan:air juga berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap rerata nilai kelarutan tepung singkong. Pengaruh rasio bahan:air terhadap nilai kelarutan tepung singkong dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rerata Nilai Kelarutan Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan: Pelarut (b/v)	Rerata Kelarutan (g/g)	std	BNT 5%
1:4	8,77 a	1,843246	
1:6	7,66 ab	1,542457	1,17
1:8	7,24 b	1,563293	

Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Dari data hasil penelitian dapat dilihat bahwa kelarutan tepung singkong makin menurun seiring dengan meningkatnya rasio bahan:air. Menurut Charles *et al* (2005), adanya proses pengeringan pasca perendaman berpotensi menyebabkan pengaturan kembali molekul amilosa dan amilopektin dalam granula pati sehingga kelarutan pati akan lebih rendah. Selain itu juga diduga terdapat pengaruh antara kadar amilosa dan kristalinitas karena perbedaan panjang rantai amilosa dan amilopektin. Amilosa yang memiliki rantai linier atau lurus diketahui dapat membentuk jaringan tiga dimensi di daerah kristalin menyebabkan kelarutan menurun (Manchun *et al.*, 2012).

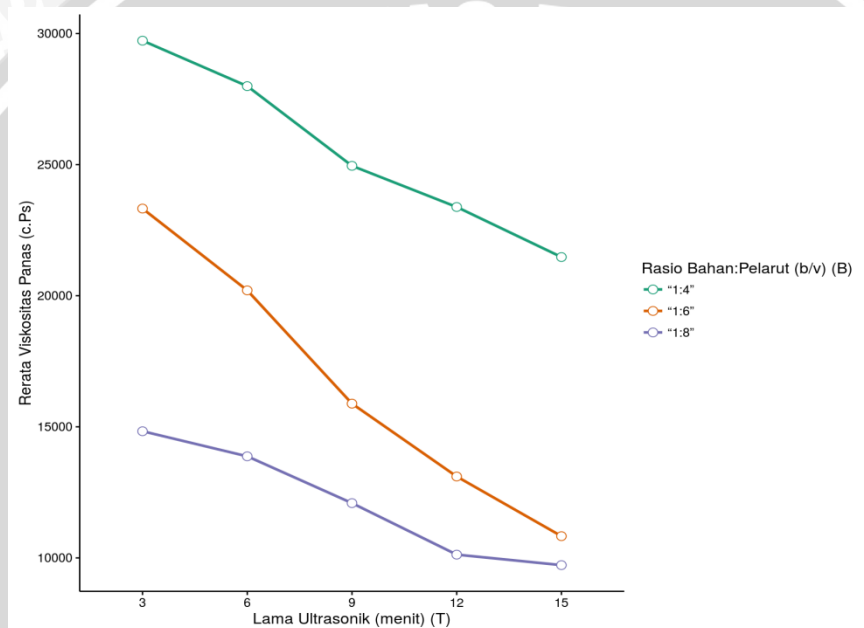
4.5.3 Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah daya perlawanan untuk mengalir dari suatu sistem yang disebabkan oleh geseran. Semakin besar daya perlawanan maka sistem semakin sulit mengalir atau semakin viskos (Funami *et al.*, 2004). Analisis ini menggunakan viskositas panas, viskositas *holding*, dan viskositas dingin. Analisis viskositas panas diukur pada suhu 95°C, viskositas *holding* diukur dengan suhu 95°C tetapi sambil dilakukan pengadukan selama 10 menit, dan viskositas dingin diukur pada suhu 50°C. Alat yang digunakan dalam analisa

viskositas adalah viscometer dan botol berdimensi $r = 2,1$ cm dan $t = 8,3$ cm dengan volume maksimal 114,9334 ml.

4.5.3.1 Viskositas Panas

Analisis viskositas panas dilakukan untuk mengetahui kemampuan pati dalam membentuk pasta selama proses pemanasan. Pada hasil penelitian, rerata nilai viskositas panas pasta tepung singkong berkisar antara 9.725 – 29.730 c.Ps.. Rerata nilai viskositas panas tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Rerata Viskositas Panas Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Viskositas panas pasta tepung singkong menurun seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Viskositas tertinggi yaitu ada pada perlakuan umbi singkong dengan lama ultrasonik 3 menit dengan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 29.730 c.Ps, sedangkan nilai viskositas terendah pada perlakuan umbi singkong dengan lama ultrasonik 15 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 9.725 c.Ps

Pengukuran viskositas panas dilakukan dengan memanaskan suspensi pati (7,5%) dari suhu ruang hingga suhu 95°C. Pati mengalami gelatinisasi pada kondisi suhu tersebut. Proses gelatinisasi diawali dengan pecahnya granula pati akibat adanya panas dan air yang mampu mempengaruhi ikatan antar molekul amilosa dan amiopektin. Suspensi pati akan kehilangan air karena terserap oleh

granula pati sehingga selama proses gelatinisasi tersebut viskositas akan naik (Funami *et al.*, 2004).

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 9) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan pelarut berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) dan interaksi antar keduanya berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap viskositas panas pasta tepung singkong. Rerata nilai viskositas panas pasta tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rerata Nilai Viskositas Panas Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Lama Ultrasonik (menit)**	Viskositas Panas (c.Ps)	Std DMRT ($\alpha = 0,05$)
1:4	3	29,730 a	438,4062
	6	28,000 b	205,0610
	9	24,960 c	219,2031
	12	23,380 c	558,6144
	15	21,480 d	784,8885
1:6	3	23,320 c	700,0357
	6	20,200 d	791,9596
	9	15,880 e	615,1829
	12	13,100 fg	808,9302
	15	10,830 hi	629,3250
1:8	3	14,830 ef	1308,1475
	6	13,880 fg	777,8175
	9	12,090 hi	1626,3456
	12	10,120 i	629,3250
	15	9,725 i	685,8936

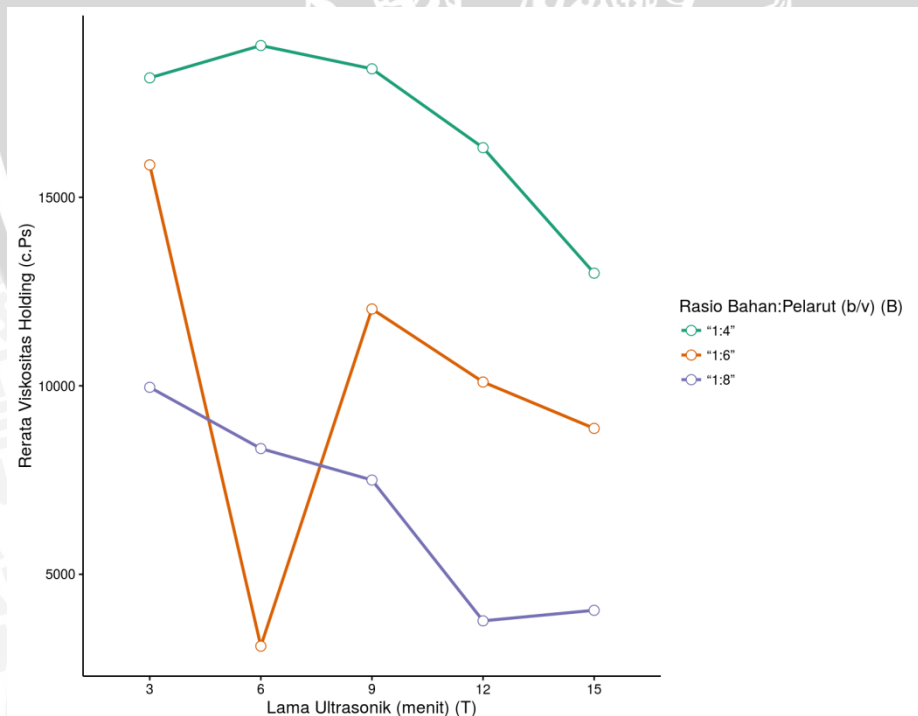
Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz
 - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji Duncan $\alpha = 0,05$

Viskositas menurun seiring dengan bertambahnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Diduga suhu air rendaman berpengaruh terhadap penetrasi air dalam sel granula pati mengakibatkan ikatan hidrogen molekul amilosa dan percabangan amilopektin semakin kuat sehingga tidak terjadi hidrasi di gugus amorf pada pati (Funami *et al.*, 2004). Viskositas berkaitan dengan daya kembang. Semakin lama ultrasonik berlangsung akan memberikan jeda waktu air untuk berpenetrasi masuk kedalam granula dengan adanya energi panas dan akan mempengaruhi peningkatan daya kembang sehingga akan mempengaruhi kecenderungan peningkatan terhadap nilai viskositas. Didukung oleh pernyataan Dawson *et al* (2006) bahwa nilai viskositas akan semakin meningkat apabila

daya kembang juga mengalami kenaikan. Penurunan nilai viskositas pasta tepung singkong diduga berkaitan dengan nilai daya kembang karena berhubungan dengan gelatinisasi pati, dimana granula pati tidak mengalami pembengkakan dan viskositas menurun. Nilai daya kembang dapat mempengaruhi kekentalan, yaitu semakin rendah daya kembang maka kekentalan semakin rendah (Jufri dkk, 2006). Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah kadar dan rasio amilosa/amilopektin, berat molekul, konformasi inolekuler dan derajat polimerisasi amilosa dan amilopektin, jumlah percabangan amilopektin, keberadaan komponen minor, dan ukuran granula pati (Mali *et al.*, 2003).

4.5.3.2 Viskositas Holding

Viskositas *Holding* berperan dalam menentukan ketahanan pati dalam mempertahankan viskositas ketika proses pengolahan berlangsung seperti pengadukan. Pada hasil penelitian, rerata kadar viskositas *holding* pasta tepung singkong berkisar antara 3.095 c.Ps –19.025 c.Ps. Rerata nilai viskositas *holding* tepung singkong akibat pengaruh perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Rerata Viskositas *Holding* Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Viskositas *holding* tepung singkong mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Viskositas *holding* tertinggi yaitu pada perlakuan lama ultrasonik 6 menit dengan rasio bahan:air 1:4 (b/v) sebesar 19.025 c.Ps dan terendah pada lama ultrasonik 6 menit dengan rasio bahan:air 1:6 (b/v) sebesar 3.095 c.Ps.

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 10) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) interaksi antar keduanya berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap viskositas *holding* pasta tepung singkong. Rerata interaksi nilai viskositas *holding* akibat pengaruh lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rerata Nilai Viskositas *Holding* Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan:air (b/v)	Lama Ultrasonik (menit)**	Viskositas <i> Holding</i> (c.Ps)	Std	DMRT ($\alpha = 0,05$)
1:4	3	18167,5 a	530,3309	
	6	19025,0 a	81,31728	
	9	18407,5 a	1361,18055	
	12	16315,0 ab	643,46717	
	15	12987,5 bc	2220,31529	
1:6	3	15860,0 ab	314,66252	
	6	3095,0 f	1007,62716	
	9	12037,5 cd	919,23882	3240,366-3739,057
	12	10100,0 cde	735,39106	
	15	8870,0 de	325,26912	
1:8	3	9960,0 cde	21,21320	
	6	8335,0 e	1004,09163	
	9	7500,0 e	1195,01046	
	12	3765,0 f	3797,16341	
	15	4045,0 f	2778,92965	

Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz
 - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji Duncan $\alpha = 0,05$

Nilai viskositas *holding* cenderung menurun akibat adanya variasi tingkatan lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Hal ini diduga karena pada saat pemberian paparan gelombang ultrasonik, terjadi kenaikan energi kinetik dan dan kenaikan suhu. Sehingga mempengaruhi penetrasi air dalam sel granula pati mengakibatkan ikatan hidrogen molekul amilosa dan percabangan amilopektin semakin kuat sehingga tidak terjadi hidrasi di gugus amorf (McClements, 1995). Akibatnya terjadi kegagalan dalam pembengkakan granula pati yang disebabkan



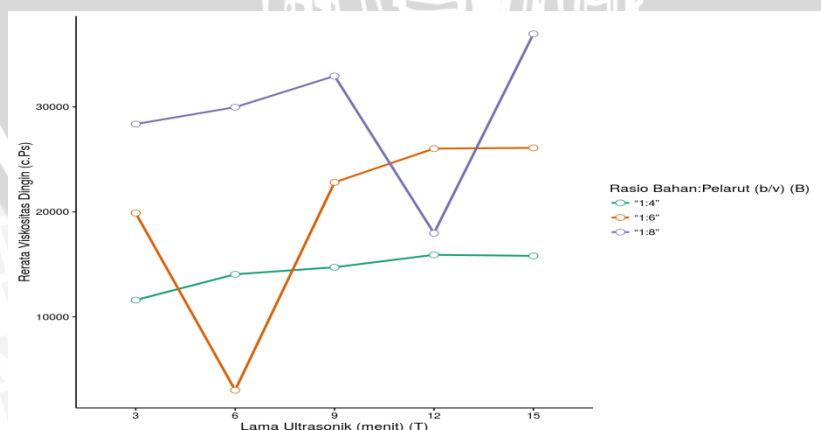
oleh berkurangnya penyerapan air (*water absorption*) pada granula pati (Funami *et al.*, 2004).

Selain itu, viskositas *holding* menurun seiring dengan meningkatnya rasio bahan:air yang digunakan menunjukkan kondisi pati yang memiliki kemampuan lebih rendah dalam mengikat air. Penurunan nilai viskositas dimungkinkan kegagalan proses pembentukan pasta dan pembengkakan granula pati yang disebabkan oleh berkurangnya penyerapan air (*water absorption*) pada granula pati (Funami *et al.*, 2004). Menurut Winarno (2004) selama proses gelatinisasi berlangsung akan terjadi peningkatan viskositas pati hingga mencapai viskositas maksimum. Setelah pati mencapai batas viskositas maksimum akan terjadi penurunan viskositas kembali. Selain itu juga terjadi karena tidak adanya interaksi antara molekul amilosa dan amilopektin dengan berat molekul rendah yang tidak terlarut selama gelatinisasi pati (Shi, 20002).

4.5.3.3 Viskositas Dingin

Viskositas dingin merupakan paramater yang dipakkai untuk melihat kecenderungan retrogradasi maupun sineresis dari suatu pasta (Mali *et al.*, 2003). Retrogradasi adalah proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi, sedangkan sineresis adalah keluarnya cairan dari suatu gel dari pati (Swinkles, 1985).

Pada hasil penelitian, rerata kadar viskositas dingin pasta tepung singkong berkisar antara 3.015 c.Ps – 36.960 c.Ps. Kecenderungan perubahan viskositas dingin pasta tepung singkong dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Rerata Viskositas Dingin Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Viskositas dingin tepung singkong meningkat seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Viskositas dingin tertinggi yaitu pada perlakuan lama ultrasonik 15 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 36.960 c.Ps, sedangkan nilai viskositas dingin terendah pada perlakuan lama ultrasonik 6 menit dan rasio bahan:air 1:6 (b/v) sebesar 3.015 c.Ps.

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap viskositas dingin pasta tepung singkong. Namun interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap viskositas dingin pasta tepung singkong. Rerata pengaruh lama ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Rerata Nilai Viskositas Dingin Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan: Pelarut (b/v)	Viskositas Dingin (c.Ps)	std	BNT 5%
1:4	14,420 c	1894,499	
1:6	19570 b	9168,095	5916,37
1:8	29240 a	29242,5	

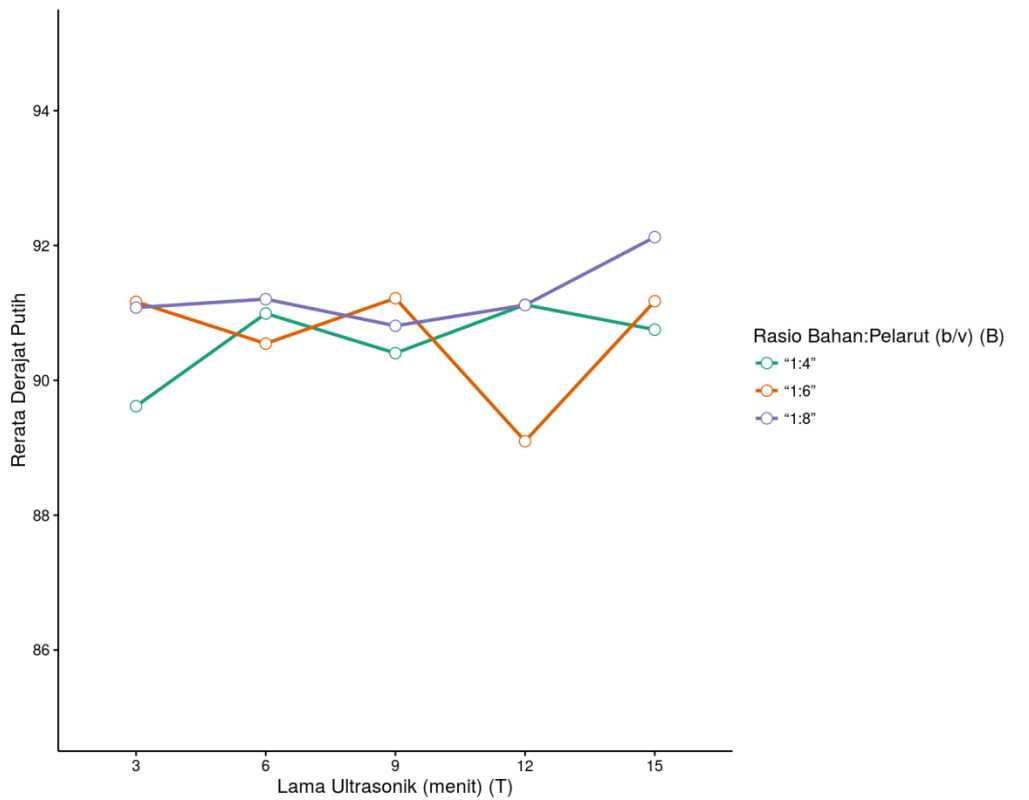
Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan
 - Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji $BNT\alpha = 0,05$

Menurut data hasil penelitian, seiring meningkatnya rasio bahan:air maka nilai viskositas dingin pasta tepung singkong semakin besar. Peningkatan viskositas dingin selama pendinginan mengindikasikan kecenderungan berbagai komponen di dalam pasta panas (granula yang membengkak dalam bentuk utuh, dispersi koloid ataupun molekul terlarut) untuk berhubungan atau mengalami retrogradasi (Adebowale *et al.*, 2009). Retrogradasi menyebabkan viskositas naik karena air yang sebelumnya bebas akan terperangkap di dalam kristal pati (Winarno, 2004). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Suriani (2008) yang menyatakan bahwa semua varietas umbi memiliki viskositas dingin yang lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas panas.

Pengaruh lama ultrasonik tidak berpengaruh nyata pada peningkatan nilai viskositas dingin pasta tepung singkong. Diduga pada saat pemaparan gelombang ultrasonik, granula pati tidak terganggu dan molekul air tidak mengikat amilosa. Menurut Manchun *et al* (2012), bahwa akibat adanya gelombang ultrasonik maka granula pati akan terganggu dan menyebabkan penyerapan molekul air akan mengikat amilosa dan amilopektin dengan ikatan hidrogen sehingga akan meningkatkan retrogradasi pada pasta.

4.5.4 Derajat Putih

Derajat putih adalah tingkatan keputihan yang dimiliki dibanding barium sulfat (BaSO_4). Jika warnanya sama maka derajat putihnya 100% (Winarno, 2004). Pada penelitian ini digunakan singkong yang berwarna putih, sehingga warna tepung singkong yang dihasilkan berwarna putih juga. Rerata derajat putih akibat lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Rerata Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai derajat putih mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Nilai derajat putih terbesar didapatkan pada lama ultrasonik 15 menit dan rasio bahan:air 1:8 (b/v) sebesar 92,12% dan terendah pada lama ultrasonik 12 menit dan rasio bahan:air 1:6 (b/v) sebesar 89,10%.

Berdasarkan analisa sidik ragam uji DMRT (Lampiran 12) lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) dan interaksi antar keduanya berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap nilai derajat putih tepung singkong. Rerata nilai derajat putih tepung singkong akibat lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rerata Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Akibat Interaksi Antara Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan: Pelarut (b/v)	Lama Ultrasonik (menit)**	Derajat Putih (%)	Std	DMRT ($\alpha = 0,05$)
1:4	3	89,62 d	0,02289511	
	6	90,99 bc	0,15378424	
	9	90,40 c	0,20581169	
	12	91,12 bc	0,14742271	
	15	90,75 bc	0,49179181	
1:6	3	91,16 bc	0,31256073	
	6	90,55 bc	0,47918276	
	9	91,22 b	0,40269570	0,682 - 0,787
	12	89,10 d	0,22607268	
	15	91,17 bc	0,27580683	
1:8	3	91,08 bc	0,39646882	
	6	91,20 b	0,14434404	
	9	90,81 bc	0,14111047	
	12	91,12 bc	0,14131349	
	15	92,12 a	0,61030916	

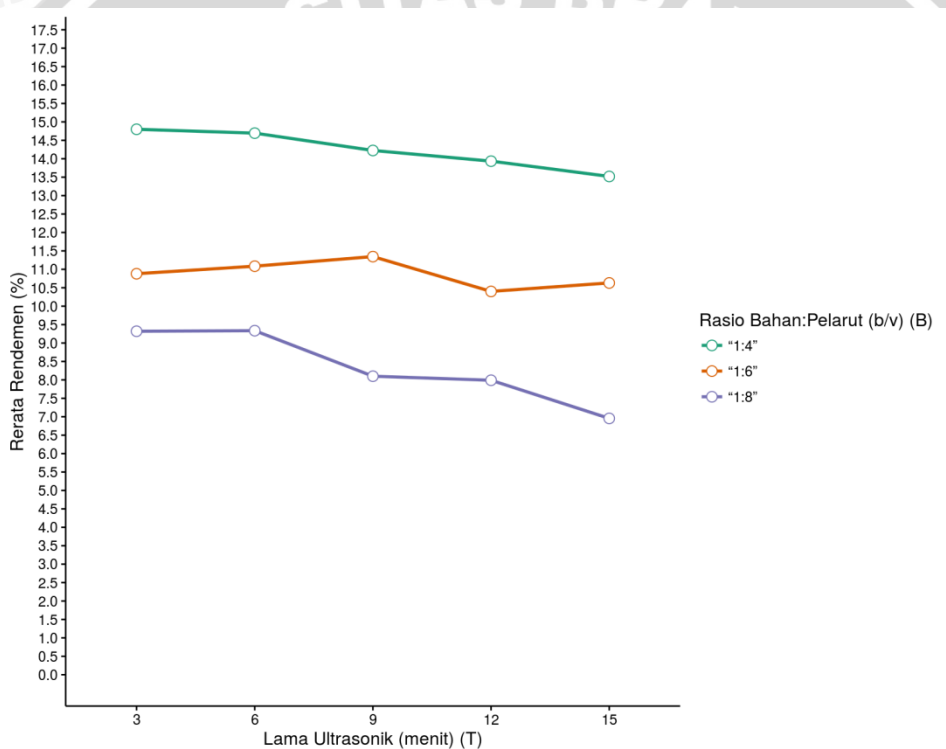
Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan
- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji Duncan $\alpha = 0,05$

Menurut data hasil penelitian terjadi peningkatan nilai derajat putih seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Menurut Hemanto dkk (2011) menyatakan bahwa warna dan kecerahan tepung umumnya lebih putih apabila menggunakan parut jarum, ini disebabkan karena bahan parut jarum terbuat dari bahan anti karat berupa *stainless steel* yang tidak menimbulkan iritasi dan oksidasi pada hasil parutan. Peningkatan nilai derajat putih diduga karena saat proses ultrasonik beberapa komponen pigmen terganggu akibat gelombang kavitasi dan ikatannya menjadi lemah. Pigmen ini akan terlepas ke air dan akan ikut terbang saat air rendaman dibuang. Kandungan utama singkong adalah karbohidrat yang sebagian besar merupakan pati, tetapi pada umumnya sedikit mengandung protein. Komponen kimia tepung singkong adalah pati, serat, gula, lemak, protein dan sejumlah kecil komponen lain (Nambisan, 1999). Akibat pembuangan air ini menyebabkan beberapa komponen yang mudah larut air seperti protein dan pigmen warna pada singkong ikut terbang, sehingga protein yang larut ke dalam air dan ikut terbang tidak akan menyebabkan reaksi *maillard* saat proses pengeringan (Manchun *et al.*, 2012). Menurut Charles (2005), bahwa semakin lama bahan terpapar dengan air, maka pigmen warna pada singkong juga ikut terlarut.

4.5.5 Rendemen

Rendemen sangat penting untuk mengetahui seberapa besar produk yang dihasilkan dari bahan baku segar. Dari hasil penelitian rendemen tepung singkong mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya lama ultrasonik dan rasio bahan:air. Berdasarkan hasil penelitian didapat rerata rendemen tepung singkong berkisar antara 6,97 -14,80 %. Rerata rendemen tepung singkong akibat lama ultrasonik dan rasio bahan:air dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T) dan Rasio Bahan:air (B)

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 13) menunjukkan bahwa perlakuan lama ultrasonik dan rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap rendemen tepung singkong. Namun interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen tepung singkong. Rerata rendemen tepung singkong akibat lama ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Lama Ultrasonik (T)

Lama Ultrasonik (menit)**	Rendemen (%)	std	BNT 5%
3	11,67 a	2,551515	
6	11,70 a	2,472058	
9	11,22 ab	2,751877	0,60
12	10,78 bc	2,726534	
15	10,37 c	2,961165	

Keterangan: ** Ultrasonik *bath* Elmasonic S 40 H daya 340 W dan Frekuensi 37 kHz

- Data merupakan rerata 2 kali ulangan

- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Dari Tabel 4.19 dapat dilihat semakin lama ultrasonik maka rendemen yang didapatkan semakin menurun. Hal ini diduga karena saat pemberian gelombang ultrasonik, beberapa ikatan akan terganggu dan akan terputus (Mason, 1990) sehingga senyawa larut air akan mudah terlarut dalam air dan ikut terbuang saat disaring. Selain itu bentuk umbi singkong pahit yang telah diperkecil ukurannya dengan diparut diduga berpengaruh terhadap kadar rendemen. Saat penyaringan, masih terdapat sisa padatan pada kertas saring yang tidak ikut dikeringkan. Menurut Rukmana (1997), menyatakan bahwa semakin rendah total padatan pada bahan yang dikeringkan maka rendemen yang dihasilkan juga semakin rendah.

Selain itu berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 13) menunjukkan bahwa perlakuan rasio bahan:air juga berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap rendemen tepung singkong. Rerata rendemen tepung singkong akibat perlakuan rasio bahan:air dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Rerata Rendemen Tepung Singkong Akibat Rasio Bahan:air (B)

Rasio Bahan: Pelarut (b/v)	Rendemen (%)	std	BNT 5%
1:4	14,24	0,6416342	
1:6	10,87	0,5453195	0,47
1:8	8,34	0,9812011	

Keterangan: - Data merupakan rerata 2 kali ulangan

- Nilai yang disertai dengan notasi yang berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$

Semakin besar rasio bahan:air maka rendemen yang didapatkan semakin rendah. Diduga pada saat perendaman terjadi *leaching* dan beberapa komponen umbi singkong akan hilang bersamaan dengan air. Saat pembuangan air beberapa komponen akan ikut terbuang oleh air. Perbedaan rendemen bisa

dikarenakan total padatan dari varietas umbi juga berbeda, tingginya kadar senyawa dalam sel juga bersifat genetik (Funami, 2004).

Menurut Suprpti (2005), beberapa faktor dapat mempengaruhi pencapaian rendemen antara lain umur umbi yang kurang dari masa panen, mesin atau alat parut/pasrah kurang baik sehingga hasil parutan kurang halus, proses pemerasan kurang sempurna sehingga tidak seluruh bagian tepung terekstraksi, dalam proses pemisahan parutan umbi dengan air banyak tepung atau pati yang terbang, kualitas bahan baku kurang baik atau banyak bagian yang rusak dan terbang.

4.6 Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik diperoleh dengan menggunakan metode TOPSIS. Menurut Jogiyanto (2005) metode ini mengasumsikan bahwa setiap kriteria akan dimaksimalkan ataupun diminimalkan. Nilai ideal ditentukan dengan masing-masing parameter tepung singkong antara lain kadar sianida tepung singkong, kadar pati tepung singkong, dan rendemen tepung singkong. Penentuan perhitungan terbaik menunjukkan perlakuan kombinasi lama ultrasonik serta rasio bahan:air menghasilkan tepung singkong terbaik. Perbandingan karakteristik tepung singkong perlakuan terbaik dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perbandingan Hasil Perlakuan Terbaik Dibandingkan dengan Literatur

Parameter	Perlakuan Terbaik	SNI No. 01.2997.1992
Kadar Sianida Pasca Ultrasonik (ppm) **	30,33	-
Kadar Air Pasca Ultrasonik (%)	69,87	-
Kadar Air Tepung (%)	3,12	Maks. 12 b/b
Kadar Sianida Tepung (ppm) **	11,16	Maks. 50
Kadar Pati (%) **	70,16	Min. 75
Nilai Daya kembang (g/g)	4,01	-
Nilai Kelarutan (g/g)	7,16	-
Nilai Viskositas Panas (c.Ps)	21.475	-
Nilai Viskositas <i> Holding</i> (c.Ps)	12.987,5	-
Nilai Viskositas Dingin (c.Ps)	15.812,5	-
		Min. 85 (BaSo ₄ =
Nilai Derajat Putih (%)	90,75	100%)
Nilai Rendemen (%)	13,52	-

Keterangan: * persentase berdasarkan berat kering

Kadar sianida umbi singkong pahit varietas Malang 4 dalam bentuk parutan setelah ultrasonik pada perlakuan terbaik yakni sebesar 30,33 ppm (*dry*

basis). Parameter kadar sianida umbi singkong pahit dalam bentuk parutan setelah ultrasonik bukan merupakan parameter utama dalam penentuan kadar terbaik. Kadar sianida bebas telah mengalami penurunan yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan kadar sianida umbi singkong pahit varietas Malang 4 yang masih segar tanpa pemberian perlakuan ultrasonik. Menurut Balitkabi (2004), kandungan sianida dalam umbi singkong pahit varietas Malang 4 yakni lebih dari 100 ppm. Sianida yang terukur pada penelitian ini merupakan sianida bebas, sianida terikat dalam bentuk glukosianida dan aseton sianohidrin tidak terukur dalam penelitian ini.

Kadar air umbi singkong pahit varietas Malang 4 dalam bentuk parutan setelah ultrasonik pada perlakuan terbaik yakni sebesar 69,87 %. Parameter kadar air umbi singkong pahit dalam bentuk parutan setelah ultrasonik bukan merupakan parameter utama dalam penentuan kadar terbaik. Nilai yang cukup tinggi tersebut dikarenakan adanya perlakuan rasio bahan:air, dimana pada penelitian ini digunakan pelarut air. Hal tersebut menyebabkan terjadi peningkatan kadar air yang terkandung pada bahan tersebut.

Kadar air tepung singkong perlakuan terbaik yang dihasilkan yakni sebesar 3,12 %. Hasil tersebut lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air tepung singkong SNI No. 01.2997.1992 yakni maksimal 12% b/b. Oleh karena itu, kadar air tepung singkong perlakuan terbaik sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan di Indonesia saat ini. Kadar air pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian detoksifikasi sianida singkong pahit dengan pemeraman abu dan garam disertai perendaman air yaitu sebesar 8,24% - 9,19% (Oky, 2015). Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya tahan pada bahan pangan tersebut. Air terikat yang terbebaskan jika diuapkan secara keseluruhan maka kandungan air bahan berkisar antara 12-25% (Winarno, 2002). Semakin lama waktu pemanasan maka pemecahan komponen-komponen bahan semakin meningkat sehingga jumlah air terikat yang terbebaskan semakin banyak (Herawati, 2002).

Kadar sianida tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 11,16 ppm (*dry basis*). Hasil tersebut telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan di Indonesia, dimana kadar sianida yang terkandung dalam tepung singkong menurut SNI No. 01.2997.1992 maksimal sebesar 50 ppm (*dry basis*). Kadar sianida yang dihasilkan dengan metode ultrasonik lebih rendah apabila dibandingkan dengan penelitian Oky (2015) metode pemeraman abu dan garam

disertai perendaman air yaitu sebesar 16,41 ppm - 56,93 ppm. Pada penelitian ini yang terukur merupakan sianida bebas dalam bentuk asam sianida. Sianida terikat dalam bentuk linamarin dan aseton sianohidrin tidak terukur pada penelitian ini.

Kadar pati tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 70,16% (*dry basis*). Hasil tersebut lebih rendah dan belum sesuai dengan standar yang telah ditetapkan di Indonesia, dimana kadar pati tepung singkong yang dihasilkan menurut SNI No. 01.2997.1992 yakni minimal 75% (*dry basis*). Menurut penelitian Oky (2015) kadar pati dalam detoksifikasi sianida singkong pahit dengan pemeraman abu dan garam disertai perendaman air yaitu sebesar 75,78% - 78,93%. Perbedaan kadar pati tersebut diduga dikarenakan adanya tahapan detoksifikasi sianida yang lebih panjang. Selain itu, kadar pati juga berhubungan dengan kadar air pada bahan. Menurut Ayu (2014), pati yang terikat pada air akan ikut menguap saat pengeringan, sehingga apabila banyak kadar air yang lepas maka kadar pati akan banyak yang lepas bersama dengan uap air. Pada proses pengeringan, pati mengalami proses gelatinisasi dimana granula-granula pati membesar. Dengan membesarnya granula-granula pati, ikatan hidrogen akan melemah sehingga akan memudahkan enzim amilase melakukan penetrasi untuk memutuskan ikatan glukosida pada pati dan akhirnya merubah pati menjadi glukosa (Juliastuti, 2009). Terjadinya penguapan air pada tepung ubi kayu menyebabkan terbentuknya rongga kosong dan penurunan kadar pati karena terjadi reaksi gelatinisasi di dalam bahan (Jamaluddin, 2011).

Nilai daya kembang tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 4,01 g/g lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Oky (2015) yaitu sebesar 11,45-14,27 g/g. Daya kembang menunjukkan kemampuan pati untuk mengembang dalam air. Daya kembang yang tinggi berarti semakin tinggi pula kemampuan pati mengembang dalam air (Suriani, 2008). Menurut Swinkles (1985), menyatakan bahwa nilai daya kembang dapat mempengaruhi kekentalan (viskositas), yaitu semakin rendah daya kembang maka kekentalan (viskositas) semakin rendah. Tepung dengan daya kembang tinggi dapat diaplikasikan pada pembuatan produk yang dicetak seperti mie, beras analog, bihun, serta *white salted noodle* (Suriani, 2008)

Nilai kelarutan tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 7,16 g/g. Penelitian yang dilakukan Amin (2013), menyatakan bahwa kelarutan terkait dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam

granula pati dan menggantikan interaksi hidrogen antar molekul sehingga granula akan lebih mudah menyerap air dan mempunyai pengembangan yang tinggi. Adanya pengembangan tersebut akan menekan granula dari dalam sehingga granula akan pecah dan molekul pati terutama amilosa akan keluar. Selain itu kelarutan berkaitan dengan daya kembang dimana seiring meningkatnya daya kembang maka kelarutannya pun meningkat. Dimana perubahan kelarutan umumnya cenderung sama dengan daya kembang, sehingga dengan tingginya daya kembang akan mengakibatkan banyaknya amilosa yang keluar dari granula pati yang pecah sehingga terdapat pada fase supernatan saat di sentrifuse dan terhitung sebagai kelarutan (Herawati, 2009).

Nilai viskositas panas, *holding*, dan dingin tepung singkong perlakuan terbaik yaitu sebesar 21.475 c.Ps, 12.987,5 c.Ps, dan 15.812,5 c.Ps. Pengukuran viskositas panas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan pati dalam membentuk pasta selama proses pemanasan, pengukuran viskositas *holding* adalah untuk mengetahui kestabilan pasta ketika proses pengolahan berlangsung seperti pengadukan, sedangkan pengukuran viskositas dingin bertujuan untuk menentukan kualitas pati atau kemampuan pati untuk membentuk gel setelah dimasak (Funami *et al.*, 2004). Menurut Widowati dkk (2000) menyebutkan bahwa tepung kasava sebesar kurang dari 3.425 c.Ps lebih sesuai untuk produk semibasah seperti kue, bolu, dan mie. Tepung kasava dengan viskositas lebih tinggi dari 8.700 c.Ps lebih sesuai untuk produk yang renyah atau produk kering seperti kerupuk.

Nilai derajat putih dapat mempengaruhi daya terima dari konsumen. Nilai derajat putih tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 90,75 %, dimana hasil tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan SNI No. 01.2997.1992 yakni minimal 85%. Nilai derajat putih tepung singkong perlakuan terbaik sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan di Indonesia saat ini.

Nilai rendemen tepung singkong perlakuan terbaik yakni sebesar 13,52%. Hasil tersebut cukup rendah, dimana diduga rendahnya hasil nilai rendemen tersebut dikarena tahapan proses penghilangan sianida dalam umbi singkong pahit varietas Malang 4 yang cukup panjang. Rendemen bahan kering dipengaruhi oleh kadar air bahan awal dan kadar air akhir yang diinginkan (Hikmah, 2006).

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perlakuan ultrasonik *bath* pada singkong parut dengan medium air dapat menurunkan kadar sianida bebas dan menentukan karakteristik tepung singkong. Pengaruhnya ditentukan oleh lama waktu ultrasonik dan rasio bahan:air dalam ultrasonik *bath*.

Lama waktu ultrasonik berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar air, nilai daya kembang, kelarutan, nilai viskositas holding, dan rendemen tepung singkong.

Rasio bahan:air berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar air tepung singkong, kadar pati, nilai daya kembang, kelarutan, nilai viskositas holding, viskositas dingin, dan rendemen tepung singkong.

Serta interaksi antara rasio bahan:air dan lama waktu ultrasonik berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar sianida bebas tepung singkong, nilai derajat putih, nilai viskositas *holding* dan nilai viskositas panas tepung singkong.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pH yang sesuai pada pelarut agar dapat mengoptimalkan aktivitas enzim linamarase dan mempercepat perubahan aseton sianohidrin menjadi asam sianida dalam detoksifikasi sianida pada singkong pahit.
2. Hasil analisa nilai rendemen masih menunjukkan rendemen yang cukup rendah untuk ukuran tepung singkong. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai metode detoksifikasi sianida pada singkong pahit dengan ultrasonik yang dapat meningkatkan nilai rendemen dari tepung singkong.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut detoksifikasi sianida pada singkong pahit dengan ultrasonik menggunakan alat ultrasonik lain seperti ultrasonik tanduk getar serta dengan frekuensi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abioye, V.F., Ogunlakin, G.O., Babarinde, G.O. and Adeoti, B. 2008. **Effect of Drying Temperatures and Yam Slices Thickness on the Quality Attributes of Yam Flour**. Nigerian Food Journal. 270-271
- Adebowale, K.O., B.I. Olu-Owolabi, O.O. Olayinkaa, and O.S. Lawal. 2005. **Effect of Heat Moisture Treatment and Annealing on Physicochemical Properties of Red Sorghum Starch**. African Journal of Biotechnology Vol.4. 928-923
- Adejumo, A.L., A.F. Aderibigbe, and S.K. Layokun. 2011. **Cassava Starch: Production, Physicochemical Properties and Hydrolisation**. A Review Food Energy Secure 2. 8-17
- Akintonwa, A., Tunwashe, O., & Onifade, A. 1994. **Fatal and Nonfatal Acute Poisoning Attributed to Cassava Based Meal**. Acta Hort.,375, 285-288.
- Aman, L.O. 2010. **Efektifitas Penjemuran dan Perendaman dalam Air Tawar untuk Menurunkan Kandungan Toksik HCN Ubi Hutan (*Dioscorea hispida Dennst*)**. Artikel. Jurusan Pendidikan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Gorontalo
- Amin, N.A. 2013. **Pengaruh Suhu Fosforilasi Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi**. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- AOAC. 1984. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 14th ed. AOAC, Inc., Arlington.
- Askurrahman. 2010. **Isolasi dan Karakterisasi Linamarase Hasil Isolasi dari Umbi Singkong (*Manihot esculenta Crantz*)**. Agrotek 4 (2) : 138—145. Universitas Trunojoyo. Madura, Jawa Timur.
- Atkins. 1994. **Kimia Fisik**. Jakarta : Erlangga
- Ayu, D.C. 2014. **Pengaruh Suhu Blansing dan Lama Perendaman Terhadap Sifat Fisik Kimia Tepung Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*)**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Balitkabi. 2004. **Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi umbian**. Malang. 31 hlm 2 .

- Balitkabi. 2005. **Teknologi Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian**. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. Hal 36.
- Balagopalan, C., Padmaja, G., Nanda, S.K., dan Moorthy, S.N. 1988. **Cassava in Food, Feed, and Industry**. CRC Press, Baco Raton, Florida.
- Bradbury, J.H. and W.D. Holloway. 1988. **Chemistry of Tropical Root Crops: Significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific**. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra.
- Brennan, J.G. 2006. **Food Processing Handbook**. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA Weinheim. Germany.
- Charles, A.L, Sriroth, K. and Tozou-chi, H. 2005. **Proximate Composition, Mineral Contents, Hydrogen Cyanide and Phytic Acid of Cassava Genotypes**. Food Chemistry. 615-620.
- Collado, L.S., L.B. Mabesa, C.G. Oates and H. Corke. 2001. **Bihon-typeof Noodles from Heat Moisture Treated Sweet Potato Starch**. J.Food Sci. 66(4): 604-609.
- Darjanto. 1959. **Chasiat, Ratjun dan Masakan Ketela Pohon**. Pusat Djawatan Pertanian Rakjat. Jakarta.
- Dawson, H.D. 2006. **Direct and Indirect Effects of Retinoic Acid on Human Th2 Cytokine and Chemokine Expression by Human T Lymphocytes**. BMC Immunol.7, 27.
- Dawson, E.S, J.A. Lamptey, P.N.T. Johnson, G.A. Annor and A. Budu. 2006. **Effect of Processing Method on The Chemical Composition and Rheological Properties of Flour From Four New Cassava Varieties**. Departement of Nutrition and Food Science University of Ghana. Ghana
- Dep. Kes. RI. 1989. **Toksikologi untuk SMAK**. Pusat Pendidikan Tenaga Kesehatan. Jakarta.
- Direktorat Pengolahan Pangan Hasil Pertanian. 2005. **Pengembangan Usaha Pengolahan Tepung Tapioka**. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Djazuli, M. and Bradbury, J.H., 1999, **Cyanogen content of cassava roots and flour in Indonesia**. Food Chemistry, 65, 523-525.
- Dewan Standardisasi Nasional. 1992. **Tepung Singkong (SNI 01-2997- 1992)**. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Dewan Standardisasi Nasional. 1994. **Tepung Tapioka (SNI 01-3451- 1994)**. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.

- Elma, Schmidbauer. 2015. **Elmasonic Steam Cleaner**. Diakses pada tanggal 21 Desember 2015. <http://www.elma-ultrasonic.com/en/products/ultrasonic-cleaners/elmasonic-s/>
- Ensminger, M. E and R. O. Parker. 1986. **Sheep and Goats Science**. Fifth Ed. The Interstate . Printers & Publisher, Inc . Danville, Illinois : 370 - 402.
- Fan Zhu. 2014. **Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch**. Trends in Food Science and Technology. doi: 10.1016/ j.tifs.2014.12.008.
- Fleche, G. 1985. **Chemical modification and degradation of starch**. Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Funami T. Y., Kataoka T., Omoto Y., Goto I., Asai K., Nishinari. 2004. **Food Hydrocolloids Control teh Gelatinization and Retrogradation Behaviour of Starch**. 2a. Functions of Guar Gums with Different Molecular Weights on the Gelatinization Behaviour of Corn Starch. Food Hydrocolloids. 15-24
- Grace, M.R. 1977. **Cassava Processing**. Food and Agriculture Organization of United Nations. Roma.
- Hapsari, Titi P.A dan Zainul. 2007. **Pengaruh Pre Gelatinisasi Terhadap Karakteristik Tepung Singkong**. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Yudharta. Pasuruan.
- Hartati, I., L. Kurniasari dan M.E. Yulianto. 2008. **Inaktivasi Enzimatis Pada Produksi Linamarin Dari Daun Singkong**. Momentum, Vol 4, No 2, 1-6. UNDIP. Semarang.
- Herawati, F. 2002. **Pemakaian Berbagai Jenis Bahan Pengisi pada Pembuatan Tepung Tape Ubi Kayu dengan Menggunakan Pengering Semprot**. Skripsi Jurusan TPG Fateta. IPB. Bogor.
- Herawati, D. 2009. **Modifikasi Pati Sagu Dengan Teknik Heat Moisture Treatment (HMT) dan Aplikasinya Dalam Memperbaiki Kualitas Bihun**. Thesis. Institut Pertanian Bogor.
- Hermanto, Ansharullah, Asrin N., dan Muhidin. 2011. **Perbedaan Teknik Pamarutan dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Rendemen dan Mutu Tepung Sagu**. Agriplus Volume 21. ISSN 0854-0128.
- Hikmah, U. 2006. **Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Larutan Perendaman (Garam Dapur dan Abu Dapur) Terhadap Kadar Oksalat dan**

- Karakteristik Fisikokimia Tepung Umbi Suweg.** Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Iglesias CA, T. Sanchez, and HH. Yeoh. 2002. **Cyanogens and Linamarase Activities in Storage Roots of Cassava Plant from Breeding Program.** *Journal of Food Composition and Analysis.* **15:** 3379-387.
- Jamaluddin, Rahardjo, B., Hastuti, P., dan Rochmadi. 2011. **Model Perubahan Volume Keripik Buah Selama Proses Penggorengan Secara Vakum.** *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. XXII No. 1.
- Jogiyanto, H.M. 2005. **Analisa dan Desain Sistem Informasi.** Yogyakarta.
- Juliastuti, S. R. dan Y.P. Dian. 2009. **Parameter Kinetika Reaksi Alfa-amylase dan Glucoamylase pada Yield Glukosa dari Proses Hidrolisa Limbah Padat Tapioka.** Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Bandung. 19-20 Oktober 2009.
- Kordylas, J.M. 1991. **Processing and Preservation of Tropical and Subtropical Food.** Mac Millan Education. Hampshire.
- Kuldiloke, J. 2002. **Effect of Ultrasound, Temperature and Pressure Treatments on Enzyme Activity and Quality Indicators of Fruit and Vegetable Juices.** Dissertation der Technischen Universität Berlin. Berlin.
- Kuncoro, D.M. 1993. **Tanaman Yang Mengandung Zat Pengganggu.** CV. Amalia. Jakarta.
- Li, J.Y., dan Yeh, A.I. 2001. **Relationship between thermal, rheological characteristics, and swelling power for various starches.** *J. Food Engineering* Vol.50 : 141-148.
- Mali S, Ferrero C, Redigonda V, Beleia A. P., Grossman M. V., and Zanitzky N.E. 2003. **Influence of Ph and Hidrocolloids Addition on Yam (Dioscorea alata) Starch Pastes Stability.** *Food Science and Technology.* 475-481
- Manchun S. Nunthanid J. Limmatvapirat S. Sriamornsak P. 2012. **Effect of Ultrasonic Treatment on Physical Properties of Tapioca Starch.** Departement of Pharmaceutical Technology and Pharmaceutical Biopolymer Group. Faculty of Pharmacy. Silpakorn University. Thailand
- Mason, T. J. 1990. **Introduction, Chemistry with Ultrasound.** Edited by T.J Mason. Elsevier Applied Science. London.
- McClements, D.J. 1995. **Advances in The Application of Ultrasound in Food Analysis and rocessing.** *Trends Food Sci.*

- Moorthy, S.N. 2004. **Tropical sources of starch**. Starch in Food: Structure, Function, and Application. CRC Press, Baco Raton, Florida.
- Nambisan, B. 1999. **Cassava Latex and Source as Linamarase for Determination of Linamarin**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 372-373.
- Pambayun, R. 2002. **Hydro Cyanic Acid and Organoleptic Test On Gadung Instat Rice From Various Methods of Detoxification**. Proceeding Seminar Nasional Industri Pangan. 97-107
- Pinus, L. 1992. **Bertanam Umbi- umbian**. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Pomeranz, Y. 1991. **Functional Properties of Food Components**. Academic Press Inc., San Diego, California.
- Purwono. 2009. **Budidaya 8 Jenis Tanaman Unggul**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Puslitbangtan. 2007. **Teknologi Unggulan Tanaman Pangan**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor; hal 18.
- Putranto, C. T. 2002. **Analisis Kelayakan Keripik Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) Hasil Reprocessing: Kajian Pengaruh Perendaman NaCl dan Na Bisulfit**. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Radiyah, T. dan W.M. Agosto. 1990. **Tepung Tapioka (Perbaikan)**. Subang : BPTTG Puslitbang Fisika Terapan – LIPI. Hal. 10-13.
- Razif dan M. Astawan. 2006. **Departemen Teknologi Pangan Dan Gizi IPB**. <http://www.masenchipz.com/bahaya-laten-sosis>. Diakses tanggal 15 April 2015.
- Rukmana, R. 1997. **Ubi Kayu Budi daya dan Pascapanen**. Kanisius. Yogyakarta.
- Sari, T. A. 2008. **Detoksifikasi Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) Dengan Pemanasan Terbatas Dalam Pengolahan Tepung Gadung**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sasaki, T., and Matsuki, J. 1998. **Effect of wheat starch structure on swelling power**. *J. Food Engineering* Vol.50 : 141-148.
- Shi, X and J.N. BeMiller. 2002. **Effect of Food Gums on Viscosities of Starch Suspensions During Pasting**. *Carbohydrate Polymers*. 7-18
- Sirtunga, D. and R. T. Sayre. 2003. **Generation of Cyanogen-Free Transgenic Cassava**. Department of Plant Biology The Ohio State University. Ohio

- Soemarno, M.S. 2007. Risiko **Penggunaan Lahan dan Analisisnya Laboratorium PPJP**. Jurusan Tanah. FPUB, Malang.
- Sosrosoedirdjo, R.S.1993. **Bercocok Tanam Ketela Pohon**. CV. Yasaguna. Jakarta.
- Subagio, A. 2006. UbiKayu : **Substitusi Berbagai Tepung Tepungan**. Food Review. April 2006 Halaman : 18-22
- Suliantari dan P.W. Rahayu. 1990. **Teknologi Fermentasi Biji dan Umbi-Umbian**. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Liberty. Yogyakarta.
- Sumartono. 1987. **Ubi Kayu**. Bumirestu ev. Jakarta.
- Suprapti, L. 2005. **Tepung Tapioka Pembuatan dan Pemanfaatannya**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Suriani, A.I. (2008). **Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Berulang terhadap Karakteristik Sifat Fisik dan Fungsional Pati Garut (Marantha Arundinacea) Termodifikasi**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suryani, CL. dan N. Westiani. 2000. **Studi Pembuatan Tepung Kara Benguk. Prosiding Seminar Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi dalam Upaya Peningkatan Kesejahteraan Petani dan Pelestarian Lingkungan**. Yogyakarta.
- Suslick, K.S., D.A. Hammerton, R.E. Cline, Jr. J.1986. **Am. Chem. Soc.**, 108, 5641, Flint, E.B.
- Suslick Kenneth S. 1998. **The Chemistry of Ultrasound**. Encyclopedia Britannica: Chicago, pp 138-155.
- Swinkles, J.J.M. 1985. **Composition and Properties of Commercial Native Starches**. Starch. 1-5
- Tivana L.D and Bvochora T. 2005. **Reduction of Cyanogenic Potential by Heap Fermentation of Cassava Roots**. In Cassava Cyanide Disease Network.
- Trisnobudi, A. 2001. **Aplikasi Ultrasonik**. Departemen Teknik Fisika. Penerbit ITB. Bandung.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. **Teknologi Produksi Ubi Kayu Mendukung Industri Bioethanol**. Puslitbangtan Bogor; 42 hlm.

- Widowati. 2000. **Potensi dan Pembinaan Masyarakat dalam Pendayagunaan Bahan Pangan Lokal untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan.** Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Palawija. Jakarta.
- Winarno, F.G., 1995. **Enzim Pangan.** Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F. G., 2004. **Kimia Pangan dan Gizi.** Cetakan ke-XI. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G. 2002. **Kimia Pangan dan Gizi.** PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- William S. 1983. **Systems Analysis And Design : A Structured Approach.** Addison-Wesley Publishing Company.
- Yatim, Wildan. 1990. **Biologi Modern.** Tarsito: Bandung
- Yeoh, H. H., T. Tatsuma, and N. Oyama. 1998. **Monitoring the Cyanogenic Potential of Singkong: the Trend Towards Biosensor Development.** Trend in Analytical Chemistry, 17, 234 – 240



LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisa

1.1 Analisa Kadar Air (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk, 1997).

- Botol timbang dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 24 jam kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 0,5 jam, setelah itu ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik (x gram).
- Sampel yang sudah dihaluskan ditimbang (y gram), kemudian dimasukkan ke dalam botol timbang yang sudah diketahui beratnya.
- Sampel dalam botol timbang dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 5 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 0,5 jam, sampel yang sudah dingin ditimbang. Perlakuan ini diulang-ulang sampai tercapai berat konstan, yaitu selisih penimbangan berat sampel berturut-turut kurang dari 0,2 gram.
- Kadar air dihitung dengan rumus :

$$\text{kadar air} = \frac{(x + y) - z}{y} \times 100\%$$

Keterangan:

X= berat cawan

Y= berat sampel

Z= berat konstan

1.4 Analisa Kadar Pati (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk., 1997)

- Ditimbang 0,5 gram contoh yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan atau bahan cair dalam gelas piala 250 ml
- Ditambahkan 50 ml alkohol 80% dan di aduk selama 1 jam
- Suspensi disaring dengan kertas saring dan di cuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 ml. filtrate ini mengandung karbohidrat yang larut dan dibuang
- Untuk bahan yang mengandung lemak, maka pati yang terdapat sebagian residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan @2ml eter dan eter dibiarkan menguap dari residu, kemudian dicuci lagi dengan 150 ml alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.

- Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200ml aquades dan ditambahkan 20 ml HCl ± 25%
- Ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam
- Setelah dingin, dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 ml, kemudian disaring
- Dilakukan pengenceran dari larutan 500ml yaitu pengenceran 10X, diambil larutan sebanyak 10ml diencerkan dalam 100ml
- Diambil larutan sebanyak 1 ml dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 ml nelson, kemudian divortex
- Pembuatan nelson : Nelson A = 25/26 X (jumlah sampel), nelson B = 1/26 X (jumlah sampel). Nelson A dan Nelson B di homogenkan
- Sampel yang telah divortex dipanaskan selama 20 menit. Setelah pemanasan terdapat endapan berwarna merah bata yang menunjukkan adanya gula pereduksi
- Ditambahkan aquades 7ml dan arsenomolibdat 1ml, kemudian di vortex.
- Di absorbansi pada panjang gelombang 540nm
- Kadar gula ditentukan yang ditanyakan sebagai glukosa dari filtrate yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti pada penentuan gula reduksi.
- Berat pati adalah berat glukosa dikalikan 0,9.
- % Pati= $\frac{\text{Konsentrasi} \times \text{Pengenceran} \times \text{Volume Filtrat} \times 100\% \times 0,9}{\text{Berat sampel}}$

1.2 Analisa Kadar Sianida (Bradbury, 1988)

- Timbang 0,1 gr sampel
- Tambahkan 15 ml buffer phosphate 0,2 M pH 6,8
- Gojog selama 15 menit
- Saring menggunakan kertas saring halus, kemudian filtrat yang diperoleh dikembalikan ke volume semula (15 ml) menggunakan buffer yang sama
- Ambil 1 ml filtrat, kemudian tambahkan NaOH 0,1 N sebanyak 1 ml dan inkubasi pada suhu kamar selama 30 menit
- Tambahkan 5 ml larutan Na- pikrat dan panaskan campuran dalam penangas air 95^o C selama 5 menit

- Tera warna yang dihasilkan pada panjang gelombang 480 nm

1.5 Analisa Daya kembang dan *Solubility* (Collado *et al.*, 2001)

- 0,35 g sampel pati didispersikan dalam 12,5 ml air dalam tabung sentrifus yang telah diketahui beratnya.
- Tabung divortex
- tabung dipanaskan pada suhu 92,5° C selama 10 menit dan divortex setiap 5 menit sekali.
- Pasta (yang terbentuk sebagai hasil gelatinisasi) disentrifus pada rpm 3600 selama 15 menit.
- Supernatan dipisahkan dari endapan yang terbentuk. Supernatan diuapkan pada suhu 100°C selama satu hari dan ditimbang. Persen kelarutan dihitung sebagai rasio berat supernatan kering dengan berat sampel pati
- Endapan ditimbang dan selanjutnya daya kembang diukur berdasarkan ratio perbandingan berat endapan terhadap berat sampel pati keringnya dikali 1-Kadar air (*wet basic*) (g/g).

$$\text{Daya kembang} = \frac{\text{berat endapan (g)}}{\text{berat sampel (1- kadar air } \textit{wet basic} \text{) (g)}} \text{ (g/g)}$$

$$\text{Kelarutan} = \frac{\text{berat supernatant kering (g)}}{\text{Berat sampel (1- kadar air } \textit{wet basic} \text{)(g)}} \times 100\% \text{ (%)}$$

1.7 Pengukuran Viskositas Panas, *Holding* dan Dingin (Modifikasi Subagio, 2006)

- Ditimbang 7,5 gr sampel
- Ditambahkan 100 ml aquades
- Dipanaskan dalam oil bath sampai suhu mencapai 95 °C
- Viskositas panas diukur ketika pasta tepat di suhu 95 °C menggunakan alat Viskometer
- Viskositas *Holding* diukur setelah pasta dipanaskan pada suhu 95 °C menggunakan Viskometer selama 10 menit
- Viskositas Dingin diukur setelah pasta mencapai suhu 50 °C menggunakan Viskometer

1.8 Analisa Derajat Putih (Sudarmaji, 1997)

Pengukuran derajat putih tepung dilakukan dengan menggunakan alat *Color Reader*. Pada alat ini terukur nilai L, a dan b. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai L, a dan b sehingga derajat putih dapat dihitung dengan rumus berikut:

- Sampel ditempatkan dalam wadah plastik bening
- *Color reader* dihidupkan
- Tombol pembacaan diatur pada L*, a*, b*, lalu tekan tombol target
- Hasil pembacaan dicatat

Rumus derajat putih :

$$W = 100 - ((100 - L)^2 + (a^2 + b^2))^{0.5}$$

Keterangan :

W = derajat putih, diasumsikan nilai 100 adalah yang paling sempurna

L = nilai yang ditunjukkan oleh kecerahan

a = nilai yang menunjukkan warna merah bila bertanda (+) dan warna hijau bila bertanda (-)

b = nilai yang menunjukkan warna kuning bila bertanda (+) dan warna biru bila bertanda (-)

1.9 Rendemen (Sudarmadji, 1997)

- Rendemen tepung merupakan perbandingan antara berat tepung yang diperoleh dengan berat bahan dasar tanpa kuit :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat akhir sampel}}{\text{berat awal sampel}} \times 100\%$$

Lampiran 2. Kadar Sianida Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Kadar Sianida

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	36,71295	36,94630	36,82963	0,1650034	0,116675
B1T2	39,15079	38,89491	39,02285	0,1809345	0,127940
B1T3	29,93791	29,34443	29,64117	0,4196537	0,296740
B1T4	34,81171	34,98111	34,89641	0,1197839	0,084700
B1T5	29,11188	31,56189	30,33688	1,7324187	1,225005
B2T1	32,71657	33,10147	32,90902	0,2721654	0,192450
B2T2	32,88913	32,11890	32,50401	0,5446349	0,385115
B2T3	31,82595	29,63886	30,73240	1,5465062	1,093545
B2T4	26,14901	25,55918	25,85410	0,4170728	0,294915
B2T5	26,35278	26,20799	26,28038	0,1023820	0,072395
B3T1	35,92924	34,94218	35,43571	0,6979568	0,493530
B3T2	29,95840	30,22509	30,09175	0,1885783	0,133345
B3T3	18,90917	18,55791	18,73354	0,2483783	0,175630
B3T4	19,70420	20,96326	20,33373	0,8902899	0,629530
B3T5	28,39426	29,25180	28,82303	0,6063723	0,428770

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	282,23	141,115	266,483	1,906e-12	***
Waktu	4	388,68	97,169	183,494	1,527e-12	***
Rasio:Waktu	8	228,06	28,508	53,834	1,159e-09	***
Residuals	15	7,94	0,530			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,3111994	0,9726260
Waktu	0,4285710	0,9799727
Rasio:Waktu	0,2514711	0,9663431

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	HCN	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	34,14539	3,886653	10	33,65490	34,63587	29,11188	39,15079
1:6	29,65598	3,237785	10	29,16550	30,14647	25,55918	33,10147
1:8	26,68355	6,619646	10	26,19306	27,17404	18,55791	35,92924

alpha: 0.05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2.13145

Least Significant Difference 0.6936533

Ratio	Means	Groups
1:4	34,15	a
1:6	29,66	b
1:8	26,68	c

Faktor Waktu

Waktu	HCN	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	35,05812	1,810376	6	34,42490	35,69133	32,71657	36,94630
6 menit	33,87287	4,141276	6	33,23965	34,50609	29,95840	39,15079
9 menit	26,36904	5,978675	6	25,73582	27,00225	18,55791	31,82595
12 menit	27,02808	6,590710	6	26,39486	27,66129	19,70420	34,98111
15 menit	28,48010	2,009350	6	27,84688	29,11332	26,20799	31,56189

alpha: 0.05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2.13145

Least Significant Difference 0.8955026

Waktu	Means	Groups
3 menit	35,06	a
6 menit	33,87	b
15 menit	28,48	c
12 menit	27,03	d
9 menit	26,37	d

TABEL UJI LANJUT DMRT (BxT)

Data	Urutan	Std	r	Min	Max	Notasi
36,82963	39,02285	0,1809345	2	38,89491	39,15079	a
39,02285	36,82963	0,1650034	2	36,71295	36,94630	b
29,64117	35,43571	0,6979568	2	34,94218	35,92924	bc
34,89641	34,89641	0,1197839	2	34,81171	34,98111	c
30,33688	32,90902	0,2721654	2	32,71657	33,10147	d
32,90902	32,50401	0,5446349	2	32,11890	32,88913	d
32,50401	30,73240	1,5465062	2	29,63886	31,82595	e
30,73240	30,33688	1,7324187	2	29,11188	31,56189	ef
25,85410	30,09175	0,1885783	2	29,95840	30,22509	ef
26,28038	29,64117	0,4196537	2	29,34443	29,93791	ef
35,43571	28,82303	0,6063723	2	28,39426	29,25180	f
30,09175	26,28038	0,1023820	2	26,20799	26,35278	g
18,73354	25,85410	0,4170728	2	25,55918	26,14901	g
20,33373	20,33373	0,8902899	2	19,70420	20,96326	h
28,82303	18,73354	0,2483783	2	18,55791	18,90917	i



Lampiran 3. Kadar Air Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Kadar Air Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	63,5833	65,3409	64,46214	1,24275209	0,87875843
B1T2	69,6233	64,9823	67,30283	3,28172758	2,32053183
B1T3	69,2679	64,9092	67,08858	3,08210335	2,17937618
B1T4	70,3272	65,8872	68,10723	3,13959269	2,22002728
B1T5	72,9327	66,8128	69,87277	4,32745289	3,05997129
B2T1	74,1251	71,9916	73,05838	1,50865201	1,06677806
B2T2	74,8814	71,7206	73,30104	2,23507498	1,58043667
B2T3	76,7308	70,5343	73,63258	4,38163047	3,09828062
B2T4	74,9066	74,9983	74,95245	0,06483494	0,04584523
B2T5	74,0324	72,8239	73,42819	0,85459318	0,60428864
B3T1	76,8595	77,9187	77,38910	0,74896458	0,52959793
B3T2	74,2147	77,8175	76,01612	2,54753010	1,80137581
B3T3	77,9520	78,1034	78,02774	0,10699286	0,07565537
B3T4	79,5258	78,6649	79,09536	0,60876930	0,43046490
B3T5	80,4483	77,0032	78,72577	2,43608885	1,72257494

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)
Rasio	2	557,16	278,578	45,9347	4,021e-07 ***
Waktu	4	27,28	6,919	1,1409	0,3750
Rasio:Waktu	8	19,30	2,412	0,3977	0,9048
Residuals	15	90,97	6,065		

Signif, codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,8015496	0,8596418
Waktu	0,03981777	0,2332741
Rasio:Waktu	0,02775941	0,1749918

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Kadar Air	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	67,36671	3,001680	10	65,70683	69,02659	63,58338	72,93274
1:6	73,67453	1,874808	10	72,01464	75,33441	70,53430	76,73086
1:8	77,85082	1,673901	10	76,19094	79,51071	74,21475	80,44835

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 2,34743

Ratio	Means	Groups
1:4	67,37	c
1:6	73,67	b
1:8	77,85	a

Lampiran 4. Kadar Air Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Kadar Air Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	2,987	3,250	3,118726	0,1856490	0,13127365
B1T2	2,984	3,279	3,131616	0,2089197	0,14772856
B1T3	2,989	3,286	3,137484	0,2096500	0,14824491
B1T4	2,984	3,288	3,136121	0,2152920	0,15223441
B1T5	2,990	3,257	3,123587	0,1883115	0,13315632
B2T1	3,193	3,286	3,239516	0,0658184	0,04654064
B2T2	3,023	3,288	3,155386	0,1875825	0,13264089
B2T3	3,065	3,489	3,276736	0,2996269	0,21186824
B2T4	4,060	4,536	4,298238	0,3367705	0,23813271
B2T5	3,878	4,387	4,132495	0,3598241	0,25443409
B3T1	4,174	4,520	4,346618	0,2445593	0,17292957
B3T2	4,915	4,625	4,769923	0,2050760	0,14501062
B3T3	4,158	4,617	4,387137	0,3247478	0,22963138
B3T4	5,737	5,545	5,641194	0,1360249	0,09618414
B3T5	5,258	7,144	6,201001	1,3329948	0,94256967

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(>F)	
Rasio	2	20,3403	10,1702	59,1571	7,658e-08	***
Waktu	4	4,7466	1,1867	6,9024	0,002329	**
Rasio:Waktu	8	3,0263	0,3783	2,2004	0,089468	,
Residuals	15	2,5788	0,1719			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,66272467	0,8874839
Waktu	0,15465303	0,6479678
Rasio:Waktu	0,09860137	0,5399197

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Kadar Air	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	3,129507	0,1507036	10	2,850037	3,408977	2,983887	3,288356
1:6	3,620474	0,5552202	10	3,341004	3,899945	3,022745	4,536371
1:8	5,069175	0,9050971	10	4,789705	5,348645	4,157505	7,143571

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,3952304

Ratio	Means	Groups
1:4	3,13	c
1:6	3,62	b
1:8	5,069	a

Faktor Waktu

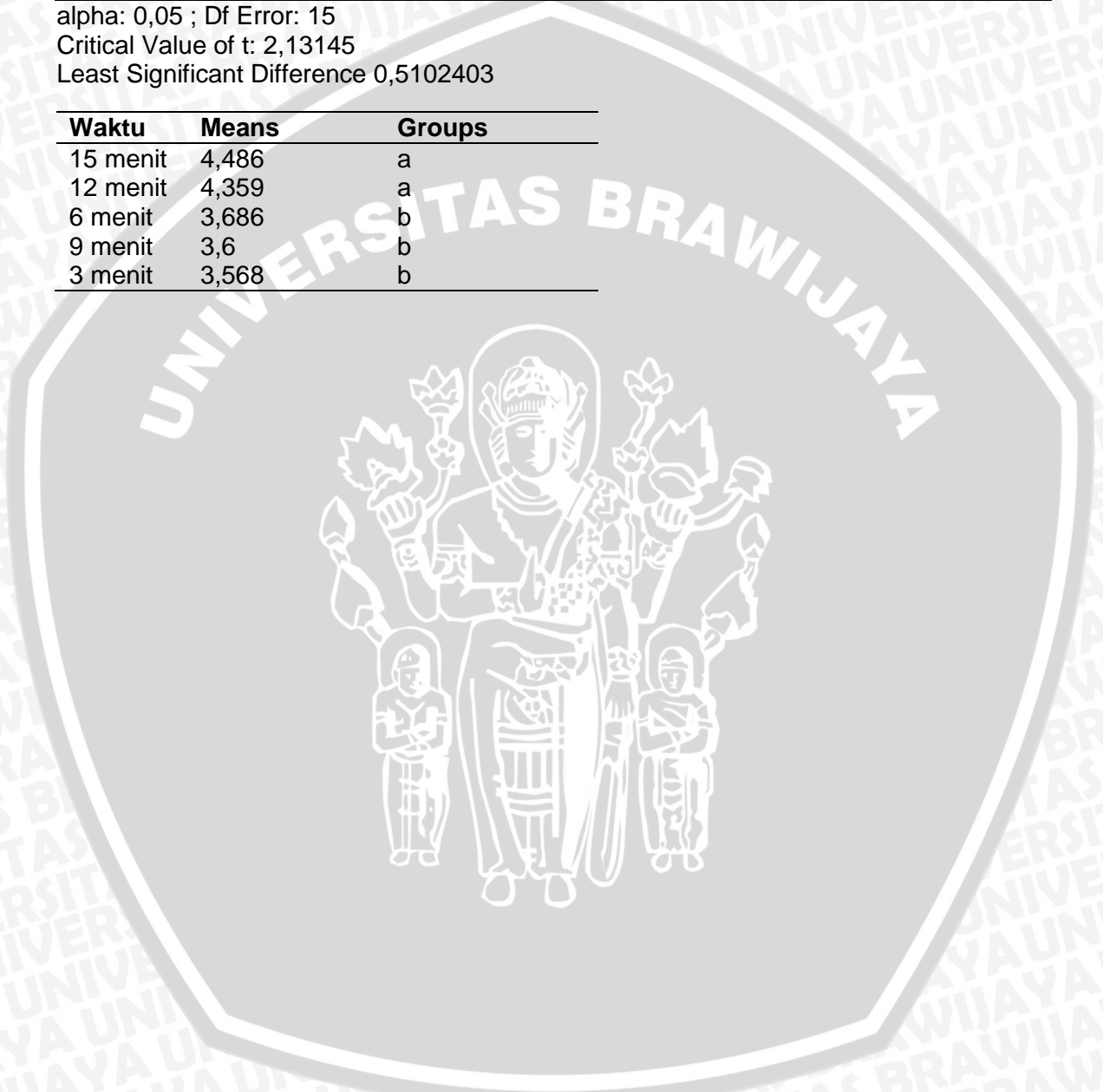
Waktu	Kadar Air	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	3,568287	0,6213850	6	3,207493	3,929081	2,987453	4,519548
6 menit	3,685642	0,8542195	6	3,324847	4,046436	2,983887	4,914934
9 menit	3,600452	0,6504152	6	3,239658	3,961247	2,989239	4,616768
12 menit	4,358518	1,1370625	6	3,997723	4,719312	2,983887	5,737378
15 menit	4,485694	1,5353525	6	4,124900	4,846489	2,990431	7,143571

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,5102403

Waktu	Means	Groups
15 menit	4,486	a
12 menit	4,359	a
6 menit	3,686	b
9 menit	3,6	b
3 menit	3,568	b



Lampiran 5. Kadar Sianida Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Kadar Sianida Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	15,89672	15,61852	15,757620	0,19671711	0,1391000
B1T2	14,34837	14,34837	14,348370	0,00000000	0,0000000
B1T3	14,23479	14,33391	14,284350	0,07008842	0,0495600
B1T4	14,22010	14,24007	14,230085	0,01412092	0,0099850
B1T5	11,43768	10,90154	11,169610	0,37910823	0,2680700
B2T1	15,68904	15,64927	15,669155	0,02812164	0,0198850
B2T2	14,02365	13,96415	13,993900	0,04207285	0,0297500
B2T3	13,04740	13,36660	13,207000	0,22570848	0,1596000
B2T4	13,04523	13,96139	13,503310	0,64782295	0,4580800
B2T5	10,61527	10,77430	10,694785	0,11245119	0,0795150
B3T1	9,834780	9,934322	9,8845510	0,07038682	0,0497710
B3T2	8,680953	8,860147	8,7705500	0,12670929	0,0895970
B3T3	8,514890	8,773520	8,6442050	0,18287903	0,1293150
B3T4	7,699989	7,600248	7,6501180	0,07052754	0,0498705
B3T5	6,324369	6,383846	6,3541070	0,04205659	0,0297385

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	197,69	98,847	2018,509	< 2,2e-16	***
Waktu	4	59,815	14,954	305,365	3,582e-14	***
Rasio:Waktu	8	2,716	0,339	6,932	0,000694	***
Residuals	15	0,735	0,049			

Signif, codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,75756593	0,9962981
Waktu	0,22921268	0,9878686
Rasio:Waktu	0,01040658	0,7871010

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	HCN	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	13,958007	1,594465	10	13,80885	14,107163	10,901540	15,896720
1:6	13,413630	1,706841	10	13,26447	13,562786	10,615270	15,689040
1:8	8,260706	1,254540	10	8,11155	8,409863	6,324369	9,934322

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,2109388

Ratio	Means	Groups
1:4	13,96	a
1:6	13,41	b
1:8	8,261	c

Faktor Waktu

Waktu	HCN	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	13,770442	3,011734	6	13,577882	13,963002	9,834780	15,89672
6 menit	12,370940	2,793990	6	12,178380	12,563500	8,680953	14,34837
9 menit	12,045185	2,681417	6	1,852625	12,237745	8,514890	14,33391
12 menit	11,794505	3,239779	6	11,601945	11,987064	7,600248	14,24007
15 menit	9,4061680	2,380286	6	9,213608	9,598727	6,324369	11,43768

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,2723208

Waktu	Means	Groups
3 menit	13,77	a
6 menit	12,37	b
9 menit	12,05	c
12 menit	11,79	c
15 menit	9,406	d

TABEL UJI LANJUT DMRT (BxT)

Data	Urutan	Std	r	Min	Max	Notasi
15,757620	15,757620	0,19671711	2	15,61852	15,89672	a
14,348370	15,669155	0,02812164	2	15,64927	15,68904	a
14,284350	14,348370	0,00000000	2	14,34837	14,34837	b
14,230085	14,284350	0,07008842	2	14,23479	14,33391	b
11,169610	14,230085	0,01412092	2	14,22010	14,24007	b
15,669155	13,993900	0,04207285	2	13,96415	14,02365	b
13,993900	13,503310	0,64782295	2	13,04523	13,96139	c
13,207000	13,207000	0,22570848	2	13,04740	13,36660	c
13,503310	11,169610	0,37910823	2	10,90154	11,43768	d
10,694785	10,694785	0,11245119	2	10,61527	10,77430	e
9,884551	9,884551	0,07038682	2	9,834780	9,934322	f
8,770550	8,770550	0,12670929	2	8,680953	8,860147	g
8,644205	8,644205	0,18287903	2	8,514890	8,773520	g
7,650118	7,650118	0,07052754	2	7,600248	7,699989	h
6,354107	6,354107	0,04205659	2	6,324369	6,383846	i

Lampiran 6. Kadar Pati Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Kadar Pati Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	84,842	72,790	78,8160	8,5220509	6,0260
B1T2	72,995	71,925	72,4600	0,7566043	0,5350
B1T3	72,585	71,516	72,0505	0,7558971	0,5345
B1T4	71,105	69,978	70,5415	0,7969093	0,5635
B1T5	70,725	69,598	70,1615	0,7969093	0,5635
B2T1	69,493	68,408	68,9505	0,7672109	0,5425
B2T2	68,601	67,475	68,0380	0,7962022	0,5630
B2T3	96,165	67,149	81,8350	20,308106	14,360
B2T4	66,737	65,572	66,1545	0,8237794	0,5825
B2T5	66,344	65,245	65,7945	0,7771104	0,5495
B3T1	65,698	64,573	65,1355	0,7954951	0,5625
B3T2	65,292	64,245	64,7685	0,7403408	0,5235
B3T3	64,413	63,366	63,8895	0,7403408	0,5235
B3T4	64,035	60,373	62,2040	2,5894250	1,8310
B3T5	62,401	61,289	61,8450	0,7863027	0,5560

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	450,77	225,385	6,7749	0,008011	***
Waktu	4	226,91	56,727	1,7052	0,201135	
Rasio:Waktu	8	246,29	30,786	0,9254	0,523267	
Residuals	15	499,02	33,268			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,316778	0,474601
Waktu	0,159459	0,312577
Rasio:Waktu	0,173079	0,330453

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Kadar Pati	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	72,8059	4,383089	10	68,91825	76,69355	69,598	84,842
1:6	70,0894	9,265206	10	66,20175	73,97705	65,245	96,195
1:8	63,5685	1,722856	10	59,68085	67,45615	60,373	65,698

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 5,497967

Ratio	Means	Groups
1:4	72,81	a
1:6	70,09	A
1:8	63,57	b

Lampiran 7. Nilai Daya kembang Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Daya kembang Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	5,747	5,537	5,641760	0,14860054	0,10507645
B1T2	5,080	5,245	5,162800	0,11676272	0,08256371
B1T3	5,002	5,101	5,051463	0,06992932	0,04944750
B1T4	4,516	4,718	4,616857	0,14326853	0,10130615
B1T5	3,672	4,363	4,017767	0,48861467	0,34550274
B2T1	3,645	4,216	3,930913	0,40372104	0,28547388
B2T2	3,163	3,813	3,488477	0,45962374	0,32500307
B2T3	2,707	3,611	3,158929	0,63944744	0,45215762
B2T4	2,546	3,410	2,978006	0,61081134	0,43190884
B2T5	2,461	3,418	2,939516	0,67731518	0,47893416
B3T1	2,377	3,346	2,861739	0,68541528	0,48466179
B3T2	2,209	3,259	2,733749	0,74251021	0,52503401
B3T3	1,912	2,907	2,409336	0,70383966	0,49768980
B3T4	1,518	2,764	2,140916	0,88109094	0,62302538
B3T5	1,392	2,545	1,968494	0,81559211	0,57671071

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(>F)	
Rasio	2	31,5055	15,7527	48,491	2,832e-07	***
Waktu	4	5,0197	1,2549	3,863	0,02373	*
Rasio:Waktu	8	0,5067	0,0633	0,195	0,98741	
Residuals	15	4,8729	0,3249			

Signif, codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,75183563	0,86605005
Waktu	0,11978908	0,50742228
Rasio:Waktu	0,01209063	0,09418189

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Daya kembang	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	4,898129	0,6056469	10	4,513961	5,282298	3,672265	5,746836
1:6	3,299168	0,5763088	10	2,914999	3,683337	2,460582	4,216387
1:8	2,422847	0,6756725	10	2,038678	2,807016	1,391783	3,346401

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,5432968

Ratio	Means	Groups
1:4	4,898	a
1:6	3,299	b
1:8	2,423	c

Faktor Waktu

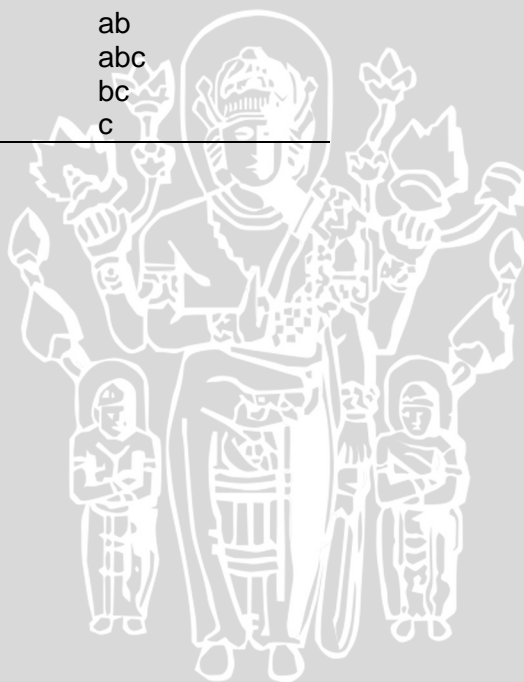
Waktu	Daya kembang	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	4,144804	1,305422	6	3,648844	4,640764	2,377077	5,746836
6 menit	3,795009	1,179693	6	3,299049	4,290969	2,208715	5,245364
9 menit	3,539909	1,290384	6	3,043949	4,035869	1,911646	5,100911
12 menit	3,245260	1,225928	6	2,749300	3,741220	1,517891	4,718163
15 menit	2,975259	1,055087	6	2,479299	3,471219	1,391783	4,363270

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,7013932

Waktu	Means	Groups
3 menit	4,145	a
6 menit	3,795	ab
15 menit	3,54	abc
12 menit	3,245	bc
9 menit	2,975	c



Lampiran 8. Nilai Kelarutan Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Kelarutan Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	11,58	10,59	11,08515	0,70084933	0,49557532
B1T2	9,917	8,247	9,081923	1,18135819	0,83534638
B1T3	7,974	7,706	7,839923	0,18909288	0,13370886
B1T4	6,486	10,94	8,711594	3,14799219	2,22596662
B1T5	7,855	6,477	7,165987	0,97415926	0,68883462
B2T1	10,06	9,600	9,829097	0,32459655	0,22952442
B2T2	8,328	6,789	7,558157	1,08840876	0,76962121
B2T3	5,031	5,745	5,387838	0,50497577	0,35707179
B2T4	7,939	7,840	7,889780	0,07023219	0,04966166
B2T5	7,655	7,630	7,642563	0,01779287	0,01258146
B3T1	8,624	9,486	9,054947	0,60971218	0,43113162
B3T2	7,703	5,882	6,792638	1,28729839	0,91025742
B3T3	7,000	9,179	8,089529	1,54026970	1,08913515
B3T4	7,589	5,121	6,355437	1,74516220	1,23401602
B3T5	6,713	5,173	5,942909	1,08950596	0,77039705

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	12,521	6,2604	4,0890	0,038248	*
Waktu	4	36,198	9,0495	5,9107	0,004624	**
Rasio:Waktu	8	14,822	1,8528	1,2101	0,356644	
Residuals	15	22,966	1,5310			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,1447395	0,3528358
Waktu	0,4184410	0,6118281
Rasio:Waktu	0,1713413	0,3922474

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Kelarutan	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	8,776916	1,843246	10	7,942912	9,610920	6,477152	11,580729
1:6	7,661487	1,542457	10	6,827483	8,495491	5,030767	10,058621
1:8	7,247092	1,563293	10	6,413088	8,081096	5,121421	9,486078

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 1,17946

Ratio	Means	Groups
1:4	8,777	a
1:6	7,661	ab
1:8	7,247	b

Faktor Waktu

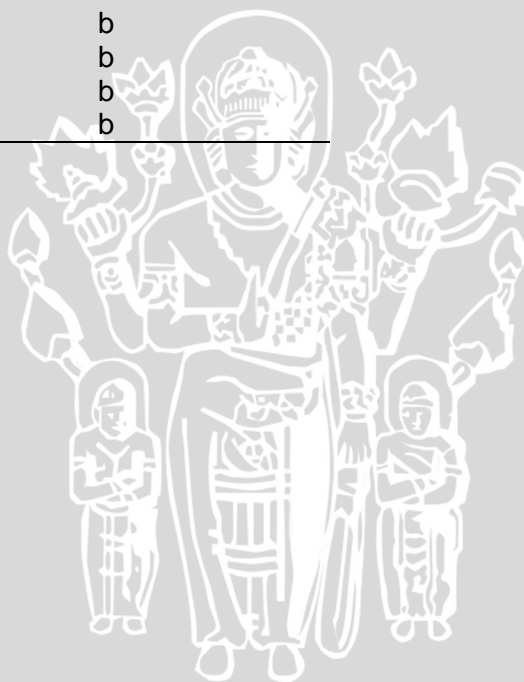
Waktu	Kelarutan	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	7,652270	1,932930	6	6,575576	8,728965	5,121421	10,937561
6 menit	6,917153	1,020872	6	5,840459	7,993847	5,172512	7,854822
9 menit	9,989733	1,016607	6	8,913038	11,066427	8,623815	11,580729
12 menit	7,810906	1,390673	6	6,734212	8,887600	5,882380	9,917270
15 menit	7,105764	1,521795	6	6,029069	8,182458	5,030767	9,178664

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 1,522676

Waktu	Means	Groups
3 menit	9,99	a
6 menit	7,811	b
15 menit	7,652	b
12 menit	7,106	b
9 menit	6,917	b



Lampiran 9. Nilai Viskositas Panas Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Viskositas Panas Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	29420	30040	29730	438,4062	310
B1T2	28140	27850	27995	205,0610	145
B1T3	25110	24800	24955	219,2031	155
B1T4	23780	22990	23385	558,6144	395
B1T5	20980	21970	21475	700,0357	495
B2T1	23880	22770	23325	784,8885	555
B2T2	20765	19645	20205	791,9596	560
B2T3	15450	16320	15885	615,1829	435
B2T4	12180	14030	13105	1308,1475	925
B2T5	9680	11980	10830	1626,3456	1150
B3T1	15404	14260	14832	808,9302	572
B3T2	14320	13430	13875	629,3250	445
B3T3	12640	11540	12090	777,8175	550
B3T4	10570	9680	10125	629,3250	445
B3T5	10210	9240	9725	685,8936	485

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	925714101	462857051	724,4013	1,201e-15	***
Waktu	4	304363963	76090991	119,0873	3,571e-11	***
Rasio:Waktu	8	34548551	4318569	6,7588	0,0007944	***
Residuals	15	9584268	638951			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,72649992	0,9897527
Waktu	0,23886467	0,9694718
Rasio:Waktu	0,02711368	0,7828313

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Viskositas Panas	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	25508,0	3184,360	10	24969,22	26046,78	20980	30040
1:6	16670,0	4880,921	10	16131,22	17208,78	9680	23880
1:8	12129,4	2181,357	10	11590,62	12668,18	9240	15404

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 761,9455

Ratio	Means	Groups
1:4	25510	a
1:6	16670	b
1:8	12130	c

Faktor Waktu

Waktu	Viskositas Panas	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	22629,00	6706,210	6	21933,44	23324,56	14260	30040
6 menit	20691,67	6342,716	6	19996,11	21387,22	13430	28140
9 menit	17643,33	5929,839	6	16947,78	18338,89	11540	25110
12 menit	15538,33	6261,155	6	14842,78	16233,89	9680	23780
15 menit	14010,00	5865,240	6	13314,44	14705,56	9240	21970

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 983,6674

Waktu	Means	Groups
3 menit	22630	a
6 menit	20690	b
15 menit	17640	c
12 menit	15540	d
9 menit	14010	e

TABEL UJI LANJUT DMRT (BxT)

Data	Urutan	Std	r	Min	Max	Notasi
29730	29730	438,4062	2	29420	30040	a
27995	27995	205,0610	2	27850	28140	b
24955	24955	219,2031	2	24800	25110	c
23385	23385	558,6144	2	22990	23780	c
21475	23325	784,8885	2	22770	23880	c
23325	21475	700,0357	2	20980	21970	d
20205	20205	791,9596	2	19645	20765	d
15885	15885	615,1829	2	16320	15450	e
13105	14832	808,9302	2	14260	15404	ef
10830	13875	629,3250	2	13430	14320	fg
14832	13105	1308,1475	2	12180	14030	fg
13875	12090	777,8175	2	11540	12640	gh
12090	10830	1626,3456	2	9680	11980	hi
10125	10125	629,3250	2	9680	10570	i
9725	9725	685,8936	2	9240	10210	i

Lampiran 10. Nilai Viskositas *Holding* Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Viskositas *Holding* Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	17205	19130	18167,5	1361,18055	962,5
B1T2	19400	18650	19025,0	530,33009	375,0
B1T3	18350	18465	18407,5	81,31728	57,5
B1T4	16770	15860	16315,0	643,46717	455,0
B1T5	13210	12765	15860,0	314,66252	1570,0
B2T1	17430	14290	15860,0	2220,31529	1570,0
B2T2	1130	5060	3095	2778,929	1965,0
B2T3	11325	12750	12037,5	1007,62716	712,5
B2T4	9450	10750	10100,0	919,23882	650,0
B2T5	9100	86480	8870,0	325,26912	230,0
B3T1	10480	9440	9960,0	735,39105	520,0
B3T2	8350	8320	8335,0	21,21320	15,0
B3T3	8210	6790	7500,0	1004,09163	710,0
B3T4	6450	5285	5867,5	3797,16341	582,5
B3T5	3200	4890	4045,0	1195,01046	845,0

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(>F)	
Rasio	2	549307322	274653661	118,8358	6,332e-10	***
Waktu	4	138382622	34595655	14,9687	4,056e-05	***
Rasio:Waktu	8	143758853	17969857	7,7751	0,0003711	***
Residuals	15	34668050	2311203			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,6342185	0,9406344
Waktu	0,1597736	0,7996653
Rasio:Waktu	0,1659809	0,8057017

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Viskositas Holding	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	16980,5	2372,953	10	15955,806	18005,194	12765	19400
1:6	9992,5	4589,017	10	8967,806	11017,194	1130	17430
1:8	6721,0	2917,375	10	5696,306	7745,694	1080	10480

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 1449,136

Ratio	Means	Groups
1:4	16980	a
1:6	9992	b
1:8	6721	c

Faktor Waktu

Waktu	Viskositas Holding	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	14662,500	3974,632	6	13339,626	15985,374	9440	19130
6 menit	10151,667	7371,158	6	8828,793	11474,541	1130	19400
9 menit	12648,333	4942,126	6	11325,459	13971,207	6790	18465
12 menit	10060,000	5885,317	6	8737,126	11382,874	1080	16770
15 menit	8634,167	4043,959	6	7311,293	9957,041	3200	13210

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 1870,826

Waktu	Means	Groups
3 menit	14660	a
6 menit	10150	c
9 menit	12650	b
12 menit	10060	c
15 menit	8634	c

**TABEL UJI LANJUT DMRT
(BxT)**

Data	Urutan	Std	r	Min	Max	Notasi
18167,5	19025,0	530,3309	2	18650	19400	a
19025,0	18407,5	81,31728	2	18350	18465	a
18407,5	18167,5	1361,18055	2	17205	19130	a
16315,0	16315,0	643,46717	2	15860	16770	ab
12987,5	15860,0	2220,31529	2	14290	17430	ab
15860,0	12987,5	314,66252	2	12765	13210	bc
3095,0	12037,5	1007,62716	2	11325	12765	cd
12037,5	10100,0	919,23882	2	9450	10750	cde
10100,0	9960,0	735,39106	2	9440	10480	cde
8870,0	8870,0	325,26912	2	8640	9100	de
9960,0	8335,0	21,21320	2	8320	8350	e
8335,0	7500,0	1004,09163	2	6790	8210	e
7500,0	4045,0	1195,01046	2	3200	4890	f
3765,0	3765,0	3797,16341	2	1080	6450	f
4045,0	3095,0	2778,92965	2	1130	5060	f

Lampiran 11. Nilai Viskositas Dingin Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Viskositas Dingin Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	10330	12870	11600,0	1796,0512	1270,0
B1T2	13000	15110	14055,0	1491,9953	1055,0
B1T3	13820	15630	14725,0	1279,8633	905,0
B1T4	15540	16280	15812,5	523,2590	362,5
B1T5	15450	16175	15812,5	512,6524	362,5
B2T1	19250	20530	19890,0	905,0967	640,0
B2T2	1830	4200	3015,0	1675,8431	1185,0
B2T3	21865	23770	22817,5	1347,0384	952,5
B2T4	25950	26110	26030,0	113,1371	80,0
B2T5	28635	23565	26100,0	3585,0314	2535,0
B3T1	28235	28495	28365,0	183,8478	130,0
B3T2	29465	30480	29972,5	717,7134	507,5
B3T3	30650	35240	32945,0	3245,6201	2295,0
B3T4	34400	35300	34850,0	23235,5288	450,0
B3T5	36270	37650	36960,0	975,8074	690,0

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(> F)	
Rasio	2	1132539227	566269613	14,6992	0,000292	***
Waktu	4	387871488	96967872	2,5171	0,085238	
Rasio:Waktu	8	778263432	97282929	2,5253	0,058077	
Residuals	15	577858888	38523926			

Signif, codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,397167	0,6621495
Waktu	0,1348399	0,4016354
Rasio:Waktu	0,2705561	0,5738888

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Viskositas Dingin	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	14420,5	1894,499	10	10236,99	18604,01	10330	16280
1:6	19570,5	9168,095	10	153826,99	23,754,01	1830	28635
1:8	32618,5	29242,5	10	25058,99	33426,01	1540	37650

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 5916,37

Ratio	Means	Groups
1:4	14420	b
1:6	19570	b
1:8	29240	a

Lampiran 12. Nilai Derajat Putih Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Nilai Derajat Putih Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	89,51715687	89,71700433	89,61708	0,14131349	0,09992373
B1T2	91,15183635	90,83212129	90,99198	0,22607268	0,15985753
B1T3	90,50368493	90,30412459	90,40390	0,14111047	0,09978017
B1T4	91,34147819	90,89945057	91,12046	0,31256073	0,22101381
B1T5	91,03283768	90,4721461	90,75249	0,39646882	0,28034579
B2T1	90,81686328	91,51236193	91,16461	0,49179181	0,34774932
B2T2	90,64746024	90,44332694	90,54539	0,14434404	0,10206665
B2T3	91,10899331	91,32647707	91,21774	0,15378424	0,10874188
B2T4	88,66598041	89,52908791	89,09753	0,61030916	0,43155375
B2T5	91,27876156	91,07027436	91,17452	0,14742271	0,10424360
B3T1	91,36460771	90,79511	91,07986	0,40269570	0,28474886
B3T2	91,05908282	91,35014451	91,20461	0,20581169	0,14553084
B3T3	91,00388973	90,61383998	90,80886	0,27580683	0,19502488
B3T4	90,77774431	91,45541107	91,11658	0,47918276	0,33883338
B3T5	92,10823214	92,14061071	92,12442	0,02289511	0,01618929

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(>F)	
Rasio	2	2,9087	1,45436	14,1921	0,0003473	***
Waktu	4	2,8233	0,70581	6,8875	0,0023526	**
Rasio:Waktu	8	8,6552	1,08190	10,5575	6,352e-05	***
Residuals	15	1,5372	0,10248			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,1826593	0,6542513
Waktu	0,1772916	0,6474737
Rasio:Waktu	0,5435201	0,8491851

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Derajat Putih	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	90,57718	0,6005001	10	90,36142	90,79295	89,51716	91,34148
1:6	90,63996	0,8972965	10	90,42419	90,85573	88,66598	91,51236
1:8	91,26687	0,5295629	10	91,05110	91,48264	90,61384	92,14061

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,3051433

Ratio	Means	Groups
1:4	90,58	c
1:6	90,64	b
1:8	91,27	a

Faktor Waktu

Waktu	Derajat Putih	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	90,62052 6	0,8308829	6	90,34196	90,89907	89,51716	91,51236
6 menit	90,91400 6	0,3367842	6	90,63544	91,19255	90,44333	91,35014
9 menit	90,81017 6	0,3954633	6	90,53161	91,08872	90,30412	91,32648
12 menit	90,44486	1,1086617	6	90,16630	90,72342	88,66598	91,45541
15 menit	91,35048	0,6564329	6	91,07192	91,62903	90,47215	92,14061

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,3939383

Waktu	Means	Groups
15 menit	91,35	a
6 menit	90,91	b
9 menit	90,81	bc
3 menit	90,62	bc
12 menit	90,44	c

**TABEL UJI LANJUT DMRT
(BxT)**

Data	Urutan	Std	r	Min	Max	Notasi
89,61708	92,12442	0,02289511	2	92,10823	92,14061	a
90,99198	91,21774	0,15378424	2	91,10899	91,32648	b
90,40390	91,20461	0,20581169	2	91,05908	91,35014	b
91,12046	91,17452	0,14742271	2	91,07027	91,27876	bc
90,75249	91,16461	0,49179181	2	90,81686	91,51236	bc
91,16461	91,12046	0,31256073	2	90,89945	91,34148	bc
90,54539	91,11658	0,47918276	2	90,77774	91,45541	bc
91,21774	91,07986	0,40269570	2	90,79511	91,36461	bc
89,09753	90,99198	0,22607268	2	90,83212	91,15184	bc
91,17452	90,80886	0,27580683	2	90,61384	91,00389	bc
91,07986	90,75249	0,39646882	2	90,47215	91,03284	bc
91,20461	90,54539	0,14434404	2	90,44333	90,64746	bc
90,80886	90,40390	0,14111047	2	90,30412	90,50368	c
91,11658	89,61708	0,14131349	2	89,51716	89,71700	d
92,12442	89,09753	0,61030916	2	88,66598	89,52909	d

Lampiran 13. Rendemen Tepung Singkong Setelah Pemberian Paparan Gelombang Ultrasonik

Rerata Rendemen Tepung Singkong

Kombinasi Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Rerata	SD	SE
B1T1	14,48	15,12	14,800	0,45254834	0,320
B1T2	14,56	14,83	14,695	0,19091883	0,135
B1T3	14,52	13,93	14,225	0,41719300	0,295
B1T4	14,65	13,22	13,520	0,05656854	0,040
B1T5	13,48	13,56	13,520	0,05656854	0,040
B2T1	10,44	11,32	10,880	0,62225397	0,440
B2T2	11,63	10,54	11,085	0,77074639	0,545
B2T3	11,57	11,12	11,345	0,31819805	0,225
B2T4	10,48	10,32	10,400	0,11313708	0,080
B2T5	11,12	10,14	10,630	0,69296465	0,490
B3T1	9,51	9,13	9,320	0,26870058	0,190
B3T2	9,19	9,48	9,335	0,20506097	0,145
B3T3	7,98	8,22	8,100	0,16970563	0,120
B3T4	8,42	7,56	6,955	0,23334524	0,165
B3T5	6,79	7,12	6,955	0,23334524	0,165

ANOVA

	Df	Sum Sq	Mean sq	F value	Pr(>F)	
Rasio	2	174,928	87,464	366,0865	1,862e-13	***
Waktu	4	7,992	1,998	8,3624	0,0009372	***
Rasio:Waktu	8	3,471	0,434	1,8160	0,1519906	
Residuals	15	3,584	0,239			

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

eta-Squared

	eta-sq	eta-sq-part
Rasio	0,92079784	0,9799243
Waktu	0,04206710	0,6904004
Rasio:Waktu	0,01827071	0,4920070

Uji Lanjut

Faktor Rasio

Ratio	Rendemen	std	r	LCL	UCL	Min	Max
1:4	14,235	0,6416342	10	13,905543	14,564457	13,22	15,12
1:6	10,868	0,5453195	10	10,538543	11,197457	10,14	11,63
1:8	8,340	0,9812011	10	8,010543	8,669457	6,79	9,51

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,4659221

Ratio	Means	Groups
1:4	14,24	a
1:6	10,87	b
1:8	8,34	c

Faktor Waktu

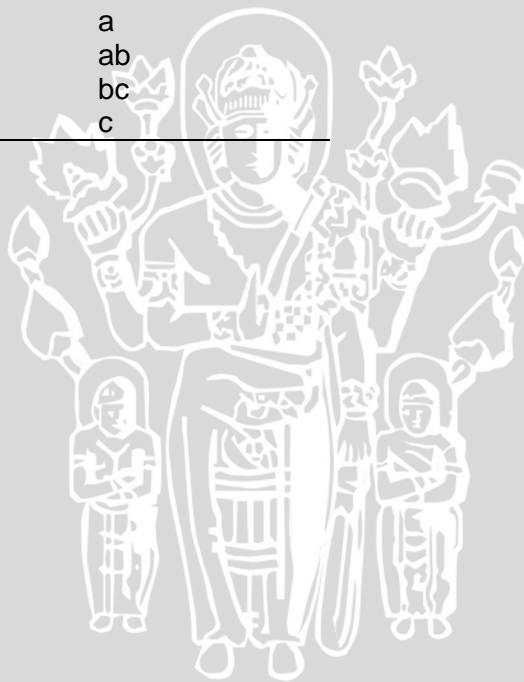
Waktu	Rendemen	std	r	LCL	UCL	Min	Max
3 menit	11,66667	2,551515	6	11,241340	12,09199	9,13	15,12
6 menit	11,70500	2,472058	6	11,279673	12,13033	9,19	14,83
9 menit	11,22333	2,751877	6	10,798007	11,64866	7,98	14,52
12 menit	10,77500	2,726534	6	10,349673	11,20033	7,56	14,65
15 menit	10,36833	2,961165	6	9,943007	10,79366	6,79	13,56

alpha: 0,05 ; Df Error: 15

Critical Value of t: 2,13145

Least Significant Difference 0,6015028

Waktu	Means	Groups
6 menit	11,7	a
3 menit	11,67	a
9 menit	11,22	ab
12 menit	10,78	bc
15 menit	10,37	c



Lampiran 14. Perlakuan Terbaik

No.	Perlakuan	Kadar Sianida Bebas Tepung	Kadar pati tepung	Nilai rendemen
1.	B1T1	15,75762	78,8160	14,800
2.	B1T2	14,34837	72,4600	14,695
3.	B1T3	14,28435	72,0505	14,225
4.	B1T4	14,23008	70,5415	13,520
5.	B1T5	11,16961	70,1615	13,520
6.	B2T1	15,66915	68,9505	10,880
7.	B2T2	13,99390	81,8350	11,085
8.	B2T3	13,20700	67,7125	11,345
9.	B2T4	13,50331	66,1545	10,400
10.	B2T5	10,69478	65,7945	10,630
11.	B3T1	9,884551	65,1355	9,320
12.	B3T2	8,770550	64,7685	9,335
13.	B3T3	8,644205	63,8895	8,100
14.	B3T4	7,650118	62,2040	7,990
15.	B3T5	6,354107	61,8450	6,955

No.	Perlakuan	Total	Score Rank
1.	B1T1	0,4856	8
2.	B1T2	0,5134	3
3.	B1T3	0,4996	6
4.	B1T4	0,4876	7
5.	B1T5	0,6114	1
6.	B2T1	0,2954	15
7.	B2T2	0,4079	12
8.	B2T3	0,3998	13
9.	B2T4	0,3278	14
10.	B2T5	0,4851	9
11.	B3T1	0,4625	11
12.	B3T2	0,5150	2
13.	B3T3	0,4691	10
14.	B3T4	0,4999	5
15.	B3T5	0,5076	4

Lampiran 15. Spesifikasi Ultrasonik *Bath* (Elma, 2015)

- Frekuensi 37 kHz dengan sistem *Sandwich Transducer*
- Tangki pembersih yang terbuat dari stainless steel tahan kavitasi
- Panel operasi yang jelas
- LED Display menunjukkan set dan sisa waktu periode ultrasonik
- Suhu dikontrol operasi ultrasonik (hanya berlaku untuk unit dengan pemanasan)
- Fungsi *sweep*
- Fungsi *degas*
- Fungsi *auto*
- Tampilan LED untuk waktu dan suhu aktual (hanya berlaku untuk unit dengan pemanasan)

Spesifikasi Ultrasonik *Bath*

Spesifikasi	Keterangan
Voltase (V)	220-240
Frekuensi Ultrasonik (kHz)	37
Daya ultrasonik (W)	340
Efektivitas daya ultrasonik (W)	140
Daya pemanasan (units w. heating) (W)	200
Dimensi Luar P/ L/ T (mm)	300/ 179/ 264
Dimensi Tank bagian Dalam P/ L/ T (mm)	240/ 137/ 150
Volume maksimal (liter)	4,25
Berat (kg)	4,0
Material tank	Stainless steel
Material casing	Stainless steel

Lampiran 16. Dokumentasi

Singkong Malang 4



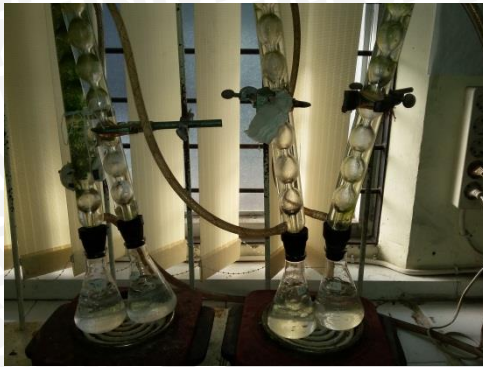
Proses Detosifikasi Sianida Menggunakan Ultrasonik



Analisa Kadar Sianida



Analisa Pati



Analisa Viskositas



Analisa Kelarutan dan Daya Kembang

