

**KARAKTERISTIK TEPUNG SUWEG TERMODIFIKASI SECARA
KIMIA MELALUI ASETILASI DAN *CROSSLINKING***



SKRIPSI

Oleh:

TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM 17690011

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

2023

**KARAKTERISTIK TEPUNG SUWEG TERMODIFIKASI SECARA
KIMIA MELALUI ASETILASI DAN *CROSSLINKING***



SKRIPSI

Oleh:

TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM 17690011

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

2023

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**"KARAKTERISTIK TEPUNG SUWEG TERMODIFIKASI SECARA KIMIA
MELALUI ASETILASI DAN *CROSSLINKING*"**

oleh:

TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM 17690011

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan dihadapan dewan penguji pada

tanggal 28 Juni 2023

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Digitally signed by Umar
Hafidz Asy'ari Hasbullah
Location: Bangkok
Date: 2023.07.15 10:13:
52+07'00'



Umar Hafidz Asy'ari Hasbullah, S.TP., M.Sc.
NIDN. 0601078602

Fafa Nurdyansyah, S.TP., M.Sc.
NIDN. 0622118901

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

“KARAKTERISTIK TEPUNG SUWEG TERMODIFIKASI SECARA KIMIA
MELALUI ASETILASI DAN *CROSSLINKING*”

oleh:

TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM 17690011

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada tanggal
28 Juni 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat Dewan Penguji



ibnu Tolo Hulsodo, S.T., M.T.
NIP. 136901387

Sekretaris,

Fafa Nurdyansyah, S.TP., M.Sc.
NIDN. 0622118901

Penguji I,

Digitally signed by Umar
Hafidz Asy'ari Hasbullah
Location: Bangkok
Date: 2023.07.15 10:14:
42+07'00'

Umar Hafidz Asy'ari Hasbullah, S.TP., M.Sc.
NIDN. 0601078602

Penguji II,

Fafa Nurdyansyah, S.TP., M.Sc.
NIDN. 0622118901

Penguji III,

Dr. Rini Umyati, S.Hut., M.Si
NIDN. 0625068001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 21 Februari 1997 di Semarang, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara buah hati pasangan Bapak Sukirno dan Ibu Sumini. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Pertiwi Genuksari pada tahun 2003, Sekolah dasar di SD N Genuksari 02 pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP N 20 Semarang pada tahun 2012 dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK N 1 Semarang tahun 2015. Kemudian setelah lulus sekolah tidak langsung melanjutkan ke perguruan tinggi akan tetapi sempat bekerja di PT. Astra Daihatsu Motor Karawang selama 2 tahun hingga tahun 2017. Tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Pangan Universitas PGRI Semarang. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi mahasiswa dan menjabat sebagai Anggota Divisi Infokom periode 2017/2018 dan Ketua Divisi Pengabdian Masyarakat periode 2018/2019 Himpunan Mahasiswa Teknologi Pangan. Penulis pernah menjadi anggota dalam PKM (Program Kreativitas Mahasiswa) yang lolos pendanaan oleh Kemenristek-Dikti pada tahun 2018 dan juga mewakili Program Studi pada acara Putra-Putri Kampus Tingkat Jurusan di Fakultas Teknik dan Informatika. Kemudian pada tahun 2020 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PTPN IX Jolotigo, Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah dengan tema *Material Handling* di Pabrik Teh PT. Perkebunan Nusantara IX Kebun Jolotigo, Talun, Kab. Pekalongan, Jawa Tengah. Penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata Secara Luring di Kelurahan Genuksari Kecamatan Genuk Kota Semarang. Terakhir penulis melaksanakan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian dengan judul “Karakteristik

Tepung Suweg Termodifikasi Secara Kimia Melalui Asetilasi dan *Cross Linking*”
di bawah bimbingan Bapak Umar Hafidz Asy’ari Hasbullah, S.TP., M.Sc dan
Bapak Fafa Nurdyansyah, S.TP., M.Sc.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Motto”

- 1) Kebangkitan manusia ditandai dengan bangkitnya pemikiran tentang alam semesta, manusia dan kehidupan (Taqiyuddin an-Nabhani)
- 2) Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanya untuk Allah, Tuhan semesta alam.

“Persembahan”

Penulis mendedikasikan skripsi ini untuk:

- 1) Kedua orangtua penulis yang tak pernah bosan mendoakan dan mendukung penuh segalanya, baik dari segi moril maupun materil
- 2) Istri dan anakku yang menjadi penyemangat dan penyejuk hatiku
- 3) Keluarga besar penulis yang selalu memberikan motivasi dan semangat
- 4) Semua teman sejawat Prodi Teknologi Pangan angkatan 2017
- 5) Almamater tercinta Universitas PGRI Semarang.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM : 17690011

Progdi : Teknologi Pangan

Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenar- benarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan plagiarisme.

Apabila dikemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 28 Juni 2023

Yang membuat pernyataan

TAUFIK NOR HIDAYAT

NPM. 17690011

RINGKASAN

Umbi suweg di Indonesia masih sangat jarang dimanfaatkan dan diolah dengan baik menjadi bahan pangan setengah jadi seperti tepung. Umbi suweg memiliki beberapa kekurangan pada sifat fungsional dan karakteristik fisika-kimia seperti kandungan kalsium oksalat yang tinggi, *swelling power* rendah, kelarutan rendah dan tidak stabil terhadap panas, sehingga perlu dimodifikasi untuk meningkatkan sifat fungsional dan karakteristik fisika-kimianya. Metode modifikasi yang diaplikasikan dalam penelitian ini yaitu modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking*. Rancangan percobaan yang digunakan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial. Faktor pertama jenis modifikasi, terdiri dari 2 perlakuan yaitu asetilasi dan *crosslinking*. Faktor kedua tingkat konsentrasi reagen, terdiri dari 3 tingkat konsentrasi, pada *crosslinking* menggunakan variasi konsentrasi 1%, 2%, dan 3% STPP. Sedangkan pada asetilasi menggunakan variasi konsentrasi 5%, 10%, dan 15% asetat anhidrida. Kontrol menggunakan tepung suweg tanpa modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi kimia secara asetilasi dan *crosslinking* dengan tingkat konsentrasi reagen yang berbeda berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kimia tepung suweg yang dihasilkan. Modifikasi asetilasi dan *crosslinking* mampu meningkatkan nilai kadar air, *swelling power*, *bulk density*, kelarutan, volume pengembangan, menurunkan rendemen dan viskositas tepung suweg. Sineresis tepung suweg mengalami sedikit penurunan seiring penambahan tingkat konsentrasi reagen pada modifikasi asetilasi dan *crosslinking*. Modifikasi asetilasi dan *crosslinking* menurunkan nilai L^* , a^* dan meningkatkan nilai b^* pada warna tepung suweg seiring penambahan tingkat konsentrasi reagen yang digunakan.

Kata kunci: Asetilasi, *Crosslinking*, Modifikasi, Tepung, Umbi suweg.

SUMMARY

Suweg tubers in Indonesia are still very rarely used and properly processed into semifinished food ingredients such as flour. Suweg tuber has several deficiencies in functional properties and physicochemical characteristics such as high calcium oxalate content, low swelling power, low solubility and heat instability, so it needs to be modified to improve its functional properties and physicochemical characteristics. The modification method applied in this research is chemical modification through acetylation and crosslinking. The purpose of this study was to determine the physical and chemical characteristics of acetylated and cross linked modified suweg flour. The experimental design used in this study was a Completely Randomized Design (CRD) factorial pattern. The first factor is the type of modification, consisting of 2 treatments, namely acetylation and crosslinking. The second factor was the level of reagent concentration, consisting of 3 concentration levels, in crosslinking using concentration variations of 1%, 2%, and 3% STPP. While the acetylation using variations in the concentration of 5%, 10%, and 15% etic anhydride. Control using suweg flour without modification. The results showed that the chemical modification by acetylation and crosslinking with different levels of reagent concentrations had an effect on the physical and chemical characteristics of the suweg flour produced. Modification of acetylation and crosslinking can increase the value of water content, swelling power, bulk density, solubility, swelling volume, reduce the yield and viscosity of suweg flour. The synthesis of suweg flour decreased slightly with increasing reagent concentration levels in acetylation and crosslinking modifications. Modification of acetylation and crosslinking decreased the L^ , a^* values and increased the b^* values in the color of suweg flour with increasing concentration levels of the reagents used.*

Keywords: *acetylation, crosslinking, modification, flour, suweg tubers.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang disusun untuk memenuhi kelengkapan akademis sebagai salah satu syarat kelulusan pada program S1 di Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Informatika. Universitas PGRI Semarang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu memberikan dukungan yaitu kepada :

1. Bapak Fafa Nurdiansyah, S.TP., M.Sc., selaku Kaprodi Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Informatika.
2. Bapak Umar Hafidz Asy'ari Hasbullah, S.TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Fafa Nurdyansyah, S.TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu senantiasa membimbing, memberikan masukan pendapat dan saran kepada penulis dengan dedikasi tingginya agar penulisan dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang dan semua pihak yang membantu.

Penyusun berharap skripsi ini akan bermanfaat bagi semua pihak sekarang atau masa yang akan datang.

Semarang, 28 Juni 2023

Taufik Nor Hidayat

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	ix
SUMMARY.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	18
PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Perumusan Masalah	21
1.3 Tujuan	21
1.4 Manfaat	21
BAB II.....	23
TINJAUAN PUSTAKA.....	23
2.1 Umbi Suweg (<i>Amorphophallus campanulatus</i>)	23
2.2 Tepung Suweg	24
2.3 Modifikasi Asetilasi	27
2.4 Modifikasi <i>Crosslinking</i>	29
2.5 Hipotesis	32
BAB III.....	33
METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Tempat	33
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3 Rancangan Penelitian	34
3.4 Tahap Penelitian	34
3.4.1 Pembuatan Tepung Suweg (Hasbullah dan Umiyati, 2017a).....	34
3.4.2 Modifikasi Asetilasi (Rincon-Aguirre <i>et al.</i> , 2017).....	36
3.4.4 Analisis Fisik Tepung Suweg.....	38
3.4.5 Analisis Kimia Tepung Suweg.....	41
3.5 Analisis Data	41
BAB IV.....	42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Analisis Sifat Fisik	42
4.1.1 Nilai Rendemen	42

4.1.2 Swelling Power	45
4.1.3 Kelarutan/ Solubility	48
4.1.4 Bulk Density	51
4.1.5 Sineresis	55
4.1.6 Volume Pengembangan	58
4.1.7 Warna (L*, a*, dan b*)	62
4.1.7a Nilai L* (Kecerahan)	62
4.1.7b Nilai a*	66
4.1.7c Nilai b*	69
4.1.8 Viskositas	73
4.2 Analisis Sifat Kimia	77
4.2.1 Kadar Air	77
BAB V	81
PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Tepung Suweg	25
Tabel 2.2 Kondisi Reaksi Modifikasi Asetilasi pada Berbagai Sumber Pati	28
Tabel 2.3 Kondisi Reaksi Modifikasi <i>Crosslinking</i> pada Berbagai Sumber Pati.....	31
Tabel 3.1 Matrik Model Rancangan Acak Lengkap Pola Faktorial	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Umbi suweg utuh (Dokumentasi pribadi, 2022).....	23
Gambar 2.2 <i>Amorphophallus campanulatus</i> (Aji et al., 2018)	23
Gambar 3.1 Proses Pembuatan Tepung Suweg	35
Gambar 3.2 Proses Modifikasi Asetilasi	36
Gambar 3.3 Proses Modifikasi <i>Crosslinking</i>	37
Gambar 4.1 Rendemen Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.....	42
Gambar 4.2 <i>Swelling Power</i> Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	46
Gambar 4.3 Kelarutan Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	49
Gambar 4.4 <i>Bulk Density</i> Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	52
Gambar 4.5 Sineresis Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada One Way Anova.	56
Gambar 4.6 Volume pengembangan tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan <i>crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P<0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	59
Gambar 4.7 Kenampakan Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> dengan Berbagai Perbedaan Perlakuan.....	62

Gambar 4.8 Nilai L* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.....	63
Gambar 4.9 Nilai a* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.....	66
Gambar 4.10 Nilai b* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.....	70
Gambar 4.11 Viskositas tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan <i>crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	73
Gambar 4.12 Kadar Air Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan <i>Crosslinking</i> . Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Analisis Rendemen	89
Lampiran 2. Data Hasil Analisis Kadar Air	89
Lampiran 3. Data Hasil Analisis <i>Swelling Power</i>	90
Lampiran 4. Data Hasil Analisis Kelarutan	91
Lampiran 5. Data Hasil Analisis <i>Bulk Density</i>	92
Lampiran 6. Data Hasil Analisis Sineresis.....	93
Lampiran 7. Data Hasil Analisis Volume Pengembangan	93
Lampiran 8. Data Hasil Analisis Warna.....	95
Lampiran 9. Data Hasil Analisis Viskositas	96
Lampiran 10. Hasil SPSS Analisis Rendemen.....	97
Lampiran 11. Hasil SPSS Analisis Kadar Air	98
Lampiran 12. Hasil SPSS Analisis <i>Swelling Power</i>	99
Lampiran 13. Hasil SPSS Analisis Kelarutan	100
Lampiran 14. Hasil SPSS Analisis <i>Bulk Density</i>	101
Lampiran 15. Hasil SPSS Analisis Sineresis.....	102
Lampiran 16. Hasil SPSS Analisis Volume Pengembangan	103
Lampiran 17. Hasil SPSS Analisis Warna (L^* , a^* , dan b^*).....	104
Lampiran 18. Hasil SPSS Analisis Viskositas	107
Lampiran 19. Jadwal Bimbingan Skripsi	108
Lampiran 20. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Umbi suweg atau (*Amorphophallus campanulatus*) merupakan salah satu tanaman liar di Indonesia yang sering tumbuh di pekarangan rumah, hutan, tumbuh dibawah pohon yang rindang dan lahan yang tidak dikelola secara intensif. Saat ini telah ada upaya budidaya umbi suweg di berbagai daerah seperti tumpang sari dengan tanaman hutan (Aji *et al.*, 2018). Pemanfaatan suweg dalam kehidupan sehari-hari biasanya masyarakat hanya mengkonsumsi umbi tersebut dengan cara direbus. Suweg mengandung getah yang menyebabkan rasa gatal karena tingginya kadar kalsium oksalat membuat umbi ini kurang diminati. Adanya kalsium oksalat pada umbi suweg menyebabkan rasa gatal ketika kontak langsung dengan lidah, bibir, dan langit-langit mulut ketika dikunyah. Oleh karena itu diperlukan perlakuan khusus seperti perendaman yang lama dan pemasakan yang intensif untuk menurunkan bahkan menghilangkan kandungan kalsium oksalat pada umbi suweg (Waisnawi *et al.*, 2019).

Tepung suweg merupakan salah satu bahan pangan yang banyak digunakan di Indonesia, khususnya sebagai bahan baku makanan tradisional seperti dodol, cenil, dan jenang (Dwikandana *et al.*, 2018). Pengolahan umbi suweg menjadi tepung menghasilkan tepung suweg yang memiliki warna krem, hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi pencoklatan pada saat pengupasan umbi yang dilakukan sehingga chips yang dihasilkan tidak berwarna cerah (Faridah, 2005). Tepung umbi suweg merupakan produk setengah jadi yang dapat

diaplikasikan pada produk pangan (Hasbullah dan Umiyati, 2017). Namun tepung suweg memiliki beberapa kelemahan misalnya tingginya kadar kalsium oksalat berkisar 0,01-0,08% (b/b), solubilitas (1,58 %-4,92 %) dan *swelling power* yang rendah (3,50-4,50 g/g) serta tidak stabil terhadap panas (Setiyoko dan Yuliani, 2021). Untuk memperoleh kualitas tepung suweg yang lebih baik dan dapat menyerupai tepung terigu maka perlu adanya modifikasi tepung suweg (Waisnawi *et al.*, 2019).

Modifikasi merupakan salah satu upaya perlakuan yang diberikan pada suatu bahan pangan agar diperoleh sifat yang lebih baik atau dengan cara mengubah beberapa sifat tertentu. Modifikasi tepung pada prinsipnya ialah modifikasi terhadap pati yang menjadi komponen paling banyak di dalam tepung tersebut (Fajri *et al.*, 2016). Pati alami dapat dimodifikasi dengan cara fisika, kimia dan menggunakan enzim. Modifikasi pati secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, oksidasi, *crosslinking*, *starch ester*, *starch eter*, dan kationik (Siregar *et al.*, 2012). Ciri modifikasi kimia adalah dengan menambahkan gugus fungsional baru pada molekul pati sehingga mempengaruhi sifat fisika-kimia dari pati tersebut (Rakhmawati *et al.*, 2014). Modifikasi pati secara asetilasi, *crosslinking*, *hydroxypropylation*, atau kombinasi dari dua macam modifikasi (contoh: gabungan asetilasi dan *hydroxypropylation* pada pati beras) adalah empat metode modifikasi yang banyak diterapkan di industri pangan (Teja *et al.*, 2018).

Asetilasi dan *crosslinking* merupakan teknik modifikasi kimia yang dapat meningkatkan sifat fisikokimia dari tepung suweg. Asetilasi dapat meningkatkan daya ikat air dan stabilitas termal dari tepung suweg, sementara *crosslinking* dapat meningkatkan kekuatan gel dan viskositas dari tepung suweg. Namun, pengaruh

dari modifikasi ini tergantung pada kondisi reaksi dan konsentrasi reagen yang digunakan. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh modifikasi tepung suweg dengan metode asetilasi dan *crosslinking* terhadap sifat fisikokimia tepung suweg. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Fransiska dan Panjaitan (2020) menunjukkan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 5% dapat meningkatkan daya ikat air dan stabilitas termal dari tepung suweg. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Setiyoko dan Yuliani (2021) menunjukkan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP) 1% dapat meningkatkan *swelling power*, *bulk density*, dan volume pengembangan dari tepung suweg. Metode asetilasi merupakan metode yang sangat penting untuk memodifikasi karakteristik pati karena metode ini dapat memberikan efek pengentalan (sebagai *thickening agent*) pada berbagai makanan. Reagen yang biasa digunakan pada metode asetilasi adalah vinil asetat, asam asetat, dan asetat anhidrat (Teja *et al.*, 2018). *Crosslinking* merupakan metode lain yang dapat digunakan untuk memodifikasi pati selain asetilasi. Prinsip dari metode ini hampir sama dengan metode asetilasi yaitu sama-sama mengganti gugus OH- dengan gugus fungsi yang lain. Metode *crosslinking* dilakukan dengan cara menambahkan granula pati dengan reagen *crosslinking*. Contoh reagen *crosslinking* yaitu monosodium fosfat (MSP), sodium trimetafosfat (STMP), sodium tripolifosfat (STPP), epichlorohydrin, phosphoryl chloride, dan glutaraldehida (Shah *et al.*, 2016).

Penelitian tentang modifikasi tepung suweg telah banyak dilakukan, namun belum banyak penelitian yang menggunakan modifikasi secara kimia dengan perbedaan konsentrasi di setiap jenis modifikasi. Penelitian ini

menggunakan modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking* dengan perbedaan konsentrasi reagen disetiap jenis modifikasi yaitu asetilasi (5%, 10% dan 15%) serta *crosslinking* (1%, 2% dan 3%). Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui karakteristik fisika-kimia tepung suweg yang dimodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* dan dapat memperbaiki karakteristik fisika-kimia tepung suweg sebagai bahan pangan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking* terhadap karakteristik fisik tepung umbi suweg yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking* terhadap karakteristik kimia tepung umbi suweg yang dihasilkan?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking* terhadap karakteristik fisik tepung umbi suweg yang dihasilkan
2. Mengetahui pengaruh modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan *crosslinking* terhadap karakteristik kimia tepung umbi suweg yang dihasilkan

1.4 Manfaat

1. Mengembangkan produk lokal dari tepung suweg sebagai upaya untuk meningkatkan nilai ekonomi tepung suweg
2. Diversifikasi pangan olahan tepung suweg
3. Memperbaiki karakteristik fisik dan kimia tepung suweg

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*)

Tanaman suweg atau lebih dikenal dengan nama latin *Amorphophallus campanulatus* adalah salah satu jenis umbi yang bertunas pada awal musim kemarau sehingga umbinya dapat dipanen di akhir tahun musim kemarau (Aji *et al.*, 2018). Tanaman suweg berasal dari daerah Asia tropis. Umbi suweg termasuk dalam jenis umbi batang yaitu terjadi perubahan bentuk dari awalnya batang kemudian berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan sumber karbohidrat (Purwantoyo, 2007). Taksonomi tanaman suweg menurut Aji *et al.* (2018) diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi : Spermatophyte
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledoneae
Sub Kelas : Arales
Ordo : Arceae
Marga : *Amorphophallus*
Jenis : *Amorphophallus campanulatus*



Gambar 2.2 Umbi suweg utuh (Dokumentasi pribadi, 2022)



Gambar 2.1 *Amorphophallus campanulatus* (Aji *et al.*, 2018)

Umbi suweg (*Amorphophallus campanulatus*) merupakan salah satu jenis tanaman liar yang tumbuh baik pada tempat-tempat yang lembab atau terlindung dari sinar matahari. Umbi suweg dapat tumbuh subur di dataran rendah hingga 800 m di atas permukaan laut. Suhu ideal untuk pertumbuhannya adalah 25-35°C dengan curah hujan 1000-1500 mm/tahun. Tanaman suweg akan menghasilkan umbi siap panen ketika umbi suweg memasuki umur 18 bulan (Aji *et al.*, 2018). Sebagai sumber karbohidrat, umbi suweg dapat dimanfaatkan dengan cara diolah menjadi tepung maupun pati yaitu produk olahan setengah jadi untuk dapat memaksimalkan potensi dari umbi tersebut (Hasbullah dan Umiyati, 2017b). Menurut Pramesti *et al.* (2015), suweg dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan karena memiliki total pati sebanyak 83,86% dengan perbandingan kadar amilosa : amilopektin sebesar 24,91% : 58,95%.

2.2 Tepung Suweg

Tepung suweg dibuat sebagai salah satu cara pemanfaatan bahan pangan lokal guna mengurangi penggunaan bahan pangan impor. Pembuatan tepung dari umbi suweg dilakukan dengan cara membersihkan kulit umbi, kemudian dikupas dan dicuci dengan air bersih lalu dikeringkan. Umbi dapat dikeringkan dengan dua cara yaitu, dioven dengan suhu 50°C selama 18 jam atau dijemur sampai kering dan dilanjutkan dengan proses penggilingan serta pengayakan (Faridah, 2005). Tepung suweg berbentuk butiran kecil, lembut, berwarna krim. Tepung suweg beraroma lemah spesifik, berkadar air rendah. Hasil olahan tepung suweg cenderung membentuk hasil olahan bertekstur keras. Tekstur keras disebabkan karena daging umbi yang kering memiliki sifat padat dan keras, sehingga olahan

kering cenderung menjadi keras (Purwantoyo, 2007). Tepung suweg juga menjadi alternatif pilihan sebagai pangan fungsional, karena memiliki nilai indeks glikemik (IG) rendah (Faridah, 2005). Kandungan gizi tepung suweg yang mengacu pada penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Tepung Suweg

Parameter	(Dwikandana <i>et al.</i> , 2018)	(Faridah, 2005)	(Hasbullah dan Umiyati, 2017)	(Richana dan Sunarti, 2004)
Air (wb%)	11,98	4,74	6,54	9,4
Abu (db%)	4,32	4,60	5,13	3,18
Protein (db%)	5,44	7,20	6,45	5,22
Lemak (db%)	1,80	0,28	1,02	1,64
Karbohidrat by difference (db%)	76,42	83,18	80,85	79,93
Serat kasar (db%)	-	-	-	4,74
Serat pangan (db%)	-	13,71	-	-
Pati (db%)	56,07	-	88,7	39,36
Amilosa (db%)	-	28,98	-	7,57

Tabel 2.1 menunjukkan rerata kadar air pada tepung suweg yaitu 8,165%. Nilai kadar air tepung suweg terkecil ada pada penelitian yang dilakukan oleh Faridah (2005) yaitu 4,74%. Kadar air merupakan salah satu parameter akan mutu dari produk pangan. Kadar air pada tepung dipengaruhi oleh tingginya suhu pengeringan yang digunakan pada pembuatan tepung. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka jumlah air dalam tepung akan berkurang. Menurut Richana dan Sunarti (2004) menyatakan bahwa jumlah air yang terkandung dalam bahan pangan akan mempengaruhi daya tahan suatu bahan terhadap kerusakan.

Kandungan kimia lain pada tepung suweg ialah kadar abu. Nilai rata-rata kadar abu pada tepung suweg yaitu 4,3075 %. Kadar abu tertinggi merujuk tabel 2.1 ada pada penelitian Hasbullah dan Umiyati (2017) yaitu 5,31 %. Kadar abu menunjukkan adanya mineral yang terkandung dalam bahan pangan (Richana dan Sunarti, 2004). Kemudian kadar protein rata-rata pada tepung suweg yaitu 6,0775%. Hasil tertinggi kadar protein ada pada penelitian Faridah (2005) yaitu 7,20 %. Kadar protein dalam tepung memiliki sifat fungsional sebagai sumber energi tubuh dan pembawa oksigen dalam darah (Susilawati *et al.*, 2018).

Selanjutnya kandungan kimia yang ada pada tepung ialah lemak. Mengetahui kadar lemak dalam bahan pangan berguna untuk menghitung persentase kandungan lemaknya, melalui kadar lemak suatu makanan dapat diketahui aman untuk dikonsumsi atau tidak (Susilawati *et al.*, 2018). Kadar lemak tertinggi ada pada penelitian yang dilakukan oleh Dwikandana *et al* (2018) yaitu 1,80 %. Rara-rata kadar lemak pada tepung suweg yaitu 1,185%. Kemudian untuk kandungan karbohidrat pada tepung suweg, didapatkan hasil tertinggi pada penelitian Faridah (2005) yaitu 83,18 %. Nilai rata-rata karbohidrat pada tepung suweg yaitu 80,095 %. Nilai karbohidrat yang tinggi pada tepung suweg menandakan bahwa tepung suweg dapat menjadi sumber penghasil energi yang potensial. Selanjutnya ada serat kasar dan serat pangan pada tepung suweg. Kadar serat kasar menurut Richana dan Sunarti (2004) ialah 4,74 % sedangkan kadar serat pangan menurut Faridah (2005) ialah 13,71 %.

Kadar pati yang ada pada tepung menunjukkan adanya komponen karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air. Kadar pati umbi dipengaruhi oleh umur panennya (Hasbullah dan Umiyati, 2017) . Sifat pada pati tergantung

panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang rantai molekulnya (Anggraeni dan Yuwono, 2014). Nilai rata-rata kadar pati pada tepung suweg ialah 61,377 %. Selanjutnya adalah kandungan amilosa pada tepung suweg. Kadar amilosa pada penelitian Faridah (2005) ialah 28,98 % sedangkan pada penelitian Richana dan Sunarti (2004) ialah 7,57 %. Kadar amilosa yang tinggi mempunyai ikatan hidrogen yang lebih kuat karena jumlah rantai lurus yang besar dalam granula, sehingga memerlukan energi yang lebih banyak untuk proses gelatinisasi (Richana dan Sunarti, 2004).

2.3 Modifikasi Asetilasi

Asetilasi merupakan salah satu modifikasi kimia dengan menyisipkan gugus asetil pada gugus OH pada pati melalui reaksi asetilasi. Reagen yang diperbolehkan FDA pada metode asetilasi adalah vinil asetat, suksinat anhidrida, asam asetat dan asetat anhidrida (Nurhayati, 2019). Mengenai reaksi reagen yang disebutkan di atas dengan pati, bagian dari gugus hidroksil pada gugus anhidroglukosa diganti dengan gugus asetil yang mengakibatkan terbentuknya ester (pati asetat). Jumlah gugus asetil yang dimasukkan ke dalam molekul pati tergantung pada konsentrasi reaktan, pH, waktu reaksi dan keberadaan katalis (Bello-Pérez *et al.*, 2010). Beberapa kondisi reaksi modifikasi asetilasi pada berbagai sumber pati dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kondisi Reaksi Modifikasi Asetilasi pada Berbagai Sumber Pati

Sumber Pati	Reagen	Katalis	pH reaksi	Waktu reaksi	Suhu (°C)	Referensi
Pati Kastanye/ <i>Chestnut</i>	Asetat anhidrida 12% (b/b)	1N NaOH	8.0- 8.5	1 jam	30	Oh <i>et al.</i> (2019)
Pati Aren	Asetat anhidrida 5% (b/b)	3% NaOH	8.0- 8.5	1 jam	-	Rahim <i>et al.</i> (2016)
Pati Sorgum	Asetat Anhidrida 2% (b/b)	3% NaOH	8.0- 8.5	1 jam	-	Mehboob <i>et al.</i> (2020)
Tepung Gadung	Asam asetat 1:3 (b/b)	1M NaOH	8.0	1 jam	-	Amalia dan Kumoro (2016)
Pati Talas	Asetat Anhidrida (2,5 gr)	3% NaOH	8.0- 8.4	10 menit	25	Rincon-Aguirre <i>et al.</i> (2017)
Pati Sorgum	Asam asetat	NaOH	8.0- 8.4	1 jam	-	Harianingsih dan Wibowo (2016)
Pati Singkong	Asam asetat	0,3M NaOH	7.0	1 jam	45	Artiani dan Avrelina (2009)
Pati Jagung	Asetat Anhidrida 8% (b/b)	1M NaOH	8.0	1 jam	-	Ayucitra (2012)
Pati Beras	Vinil asetat 4% (b/b)	3% NaOH	8.0	-	25	Raina <i>et al.</i> (2006)
Pati Beras	Asetat anhidrida 600mL	50% NaOH (20 gr)	-	30 menit	90	Colussi <i>et al.</i> (2014)

Berdasarkan Tabel 2.2 rata-rata kondisi reaksi modifikasi asetilasi pada penelitian terdahulu menggunakan reagen asetat anhidrida dengan NaOH sebagai katalisnya. Rata-rata waktu reaksi yang digunakan selama 1 jam dengan pH 8.0 pada suhu ruang. Kondisi basa diperoleh dengan menggunakan sodium hidroksida sebagai katalis (Paulos *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Rincon-Aguirre *et al.* (2017), menghasilkan presentase substitusi dan derajat substitusi paling kecil masing-masing 34,5%

dan 1,96 dengan waktu reaksi 10 menit. Perbedaan derajat substitusi yang diperoleh mungkin disebabkan oleh faktor yang berbeda seperti kandungan amilosa dan karena adanya berbagai senyawa seperti polifenol, ukuran granula, sumber pati yang digunakan, suhu, konsentrasi reagen dan katalis yang digunakan (Guerra-Dellavalle *et al.*, 2008).

Keunggulan sifat fisika-kimia yang dimiliki oleh pati asetilasi seperti suhu gelatenisasi, *swelling power*, solubility, dan tingkat kejernihan pasta yang tinggi serta memiliki stabilitas penyimpanan dan pemasakan yang lebih baik jika dibandingkan dengan pati asalnya (Teja *et al.*, 2018). Dengan adanya distribusi gugus asetil yang menggantikan gugus OH⁻ maka akan mengurangi kekuatan hidrogen di antara pati dan menyebabkan granula pati menjadi lebih mengembang (banyak menahan air), mudah larut dalam air (Teja *et al.*, 2018).

2.4 Modifikasi *Crosslinking*

Modifikasi pati dengan metode *crosslinking* pada prinsipnya adalah mengganti gugus hidroksil pada pati dengan gugus eter, gugus ester, atau gugus fosfat (W *et al.*, 2018). Metode *crosslinking* dilakukan dengan mereaksikan pati dengan senyawa bi- atau polifungsional yang dapat bereaksi dengan gugus OH pada struktur amilosa atau amilopektin sehingga membentuk ikatan silang yang menghubungkan satu molekul pati dengan molekul lainnya. Apabila pati terikat silang dipanaskan di dalam air, granula akan mengembang dan ikatan hidrogennya akan melemah namun ikatan silang tidak terpengaruh, sehingga granula pati yang mengembang dapat dipertahankan (Rahmawati *et al.*, 2014). Modifikasi pati

crosslinking dengan menggunakan *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP), yaitu menggantikan gugus hidroksil pati dengan gugus fosfat dari STPP (Novitasari *et al.*, 2016).

Metode *crosslinking* dilakukan dengan cara menambahkan reagen *crosslink* dalam granula pati. Banyak reagen pengikat silang yang dikenal untuk modifikasi tersebut. Zat pengikat silang food grade yang diizinkan oleh FDA yaitu fosforil klorida (POCl_3), natrium trimetafosfat (STMP), dan natrium tripolifosfat (STPP) (Shah *et al.*, 2016). Ikatan silang pati tergantung pada faktor-faktor seperti sumber pati, komposisi dan konsentrasi reagen pengikat silang, tingkat substitusi, waktu reaksi, suhu, dan pH (Blennow, 2015). Menurut Gunaratne dan Corke (2007), berdasarkan reagen yang digunakan untuk *crosslinking*, produk akhir umumnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu :

- a. Fosfat mono-starch yang dihasilkan oleh esterifikasi pati dengan asam orto-fosfat, natrium atau kalium orto-fosfat, atau STPP
- b. Fosfat di-starch yang dihasilkan ketika pati alami direaksikan dengan STMP atau POCl_3 .
- c. Fosfat di-starch yang dihasilkan dari perlakuan kombinasi fosfat mono-starch dan di-starch.

Tabel 2.3 Kondisi Reaksi Modifikasi *Crosslinking* pada Berbagai Sumber Pati

Sumber Pati	Reagen	Katalis	pH reaksi	Waktu Reaksi	Suhu	Referensi
Pati Sorgum	STMP/STPP (99:1) 3% (b/b)	Natrium sulfat anhidrat	11.0	3 jam	45°C	Mehboob <i>et al.</i> (2020)
Pati Kentang	STMP/STPP (99:1) 0.01-10% (b/b)	Natrium sulfat	11.5	3 jam	45°C	Kou dan Gao (2018)
Pati Jagung	STMP/STPP (99:1)	NaOH	11.0	3 Jam	40°C	Shah <i>et al.</i> (2016)
Pati Talas Kimpul	Monosodium fosfat 2,5%	NaOH	10.0	1 Jam	45°C	Iswadi <i>et al.</i> (2019)
Pati Ganyong	STPP 2,5% (b/b)	NaOH	10.5-11.0	2 Jam	-	(Fatkhayah <i>et al.</i> (2020)
Pati Sagu	STPP 1,5% (b/b)	NaOH	10.0	2 Jam	-	Hasibuan <i>et al.</i> (2016)
Pati Kimpul	STPP 2% (b/b)	NaOH	10.0	1 Jam	-	Candra <i>et al.</i> (2020)
Pati Suweg	STPP 2% (b/b)	NaOH	10.0	1 Jam	-	Setiyoko dan Yuliani (2021)

Berdasarkan Tabel 2.3 rata-rata kondisi reaksi modifikasi *crosslinking* menggunakan reagen STPP dan NaOH sebagai katalisnya. Kondisi reaksi dipertahankan pada pH 10.0 dengan waktu reaksi rata-rata 2 jam. Penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan *et al.*, (2016) menggunakan konsentrasi STPP 1,5% (b/b) dapat meningkatkan nilai *swelling power* dan kelarutan pada pati sagu. Modifikasi kimia ini meningkatkan karakteristik fungsional, stabilitas freeze-thaw dan penyimpanan suhu dingin. Karakteristik yang paling penting dari pati hasil modifikasi ikatan silang yaitu mestabilkan dan memperkuat granula pati. Penguatan granula pati disebabkan oleh fakta bahwa ikatan silang memperkuat ikatan hidrogen yang sudah ada dalam granula pati dengan ikatan kovalen baru.

Akibatnya, pati ikatan silang lebih tahan terhadap asam, panas dan gesekan dibandingkan pati alami (Jyothi *et al.*, 2006).

Modifikasi kimia dengan menggunakan *crosslinking* STPP (*Sodium Tripoly Phosphate*) juga memberikan dampak yang nyata pada viskositas tepung hasil modifikasi. Oleh karena STPP memiliki pH yang tinggi maka hal ini akan mempengaruhi nilai pH produk tepung modifikasi. Perlakuan modifikasi *crosslinking* dengan STPP memberikan dampak yang signifikan pada peningkatan kadar amilosa dalam tepung hasil modifikasi. Pati yang dimodifikasi dengan *crosslinking* lebih sulit mengalami gelatinisasi tetapi lebih stabil dalam pemanasan (tidak mengalami *viscosity breakdown*). Pati termodifikasi *crosslinking* lebih tahan kondisi asam, pemanasan, dan pengadukan sehingga sesuai digunakan untuk produk yang diproses dengan suhu tinggi, kondisi asam atau pengadukan yang kuat (Novitasari *et al.*, 2016).

2.5 Hipotesis

1. Proses modifikasi kimia yang dilakukan secara asetilasi dan *crosslinking* akan berpengaruh terhadap karakteristik fisik tepung suweg yang dihasilkan
2. Proses modifikasi kimia yang dilakukan secara asetilasi dan *crosslinking* akan berpengaruh terhadap karakteristik kimia tepung suweg yang dihasilkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret 2021 sampai dengan Februari 2022. Tempat penelitian yang digunakan adalah Laboratorium Rekayasa dan Pengolahan serta Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, pisau, ember, parut, baskom, pengaduk, sendok, blender kering, ayakan *stainless steel* 60 mesh, plastik kemas dan *sealer*, timbangan analitik (Shimadzu ATX224), *cabinet dryer* (A06-SA069, CV. Wangdi Wusono), oven (Digital Oven Bf-201), desikator, Erlenmeyer 600 ml, cawan porselen, *beaker glass* (Iwaki), gelas ukur (Iwaki), *hot plate* (Daihan HP 0707V2), sentrifuge (Gemmy PLC-05) tabung sentrifuse (Iwaki), tabung reaksi (Iwaki), corong, cawan aluminium, kertas saring, stopwatch, stirrer, thermometer, pipet tetes, pH meter (EZ-9908), *Refrigerator* (Samsung), *freezer* (Samsung), botol spray, Loyang, *Colourimeter* (WR-10 FRU), *viscometer* (NDJ-8S).

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi suweg varietas hortensis yang sudah memasuki masa dorman berumur 6-7 bulan yang memiliki rata-rata berat 4kg diperoleh dari Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Beberapa bahan yang digunakan untuk modifikasi dan analisis kimia antara lain asam asetat anhidrida (Teknis, Merck), *Sodium Tripoli Phosphate*

(STPP) (Teknis, Petrocentral), NaOH (Teknis, Merck), HCl (Pro analisis, Merck), NaHCO₃ (Teknis, Merck), aquades, parafin, alumunium foil.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial dimana masing-masing rancangan terdapat 2 faktor yaitu jenis modifikasi dan variasi perlakuan berupa tingkat konsentrasi dari tiap modifikasi. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Tabel 3.1 Matrik Model Rancangan Acak Lengkap Pola Faktorial

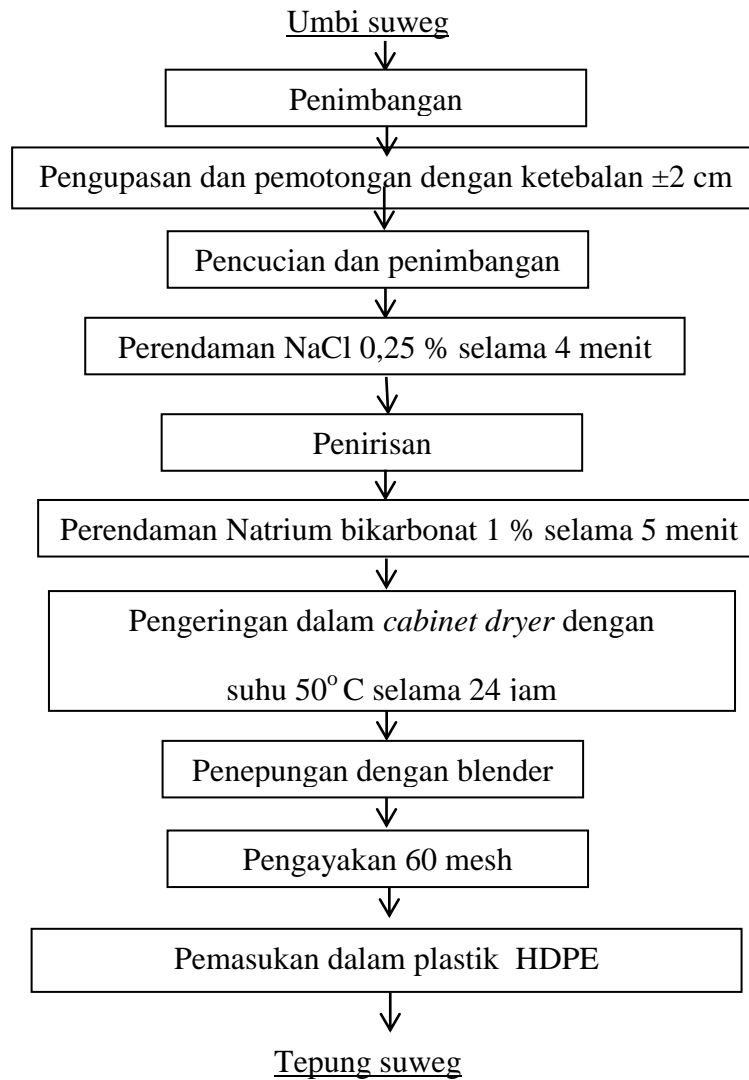
Jenis modifikasi	Tingkat Konsentrasi		
	1	2	3
Crosslinking	1 %	2 %	3 %
	CL 1	CL 2	CL 3
Asetilasi	5 %	10 %	15 %
	AS 5	AS 10	AS 15
Tanpa modifikasi	Kontrol		

3.4 Tahap Penelitian

3.4.1 Pembuatan Tepung Suweg (Hasbullah dan Umiyati, 2017a)

Proses pembuatan tepung suweg mengikuti penelitian Hasbullah dan Umiyati (2017a) dengan modifikasi mengikuti Waisnawi *et al.* (2019) bertujuan menghilangkan kalsium oksalat dari umbi suweg. Umbi suweg dengan berat rata-rata 4 kg dikupas dan dipotong-potong setebal \pm 2 cm. Umbi direndam dalam larutan NaCl 0,25% kemudian ditiriskan. Kemudian rendam lagi selama 5 menit dalam soda kue 1% untuk menghilangkan sisa asam. Setelah dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam, selanjutnya chips dihaluskan menjadi tepung dengan blender dan saring melalui saringan 60 mesh. Kemudian simpan plastik HDPE

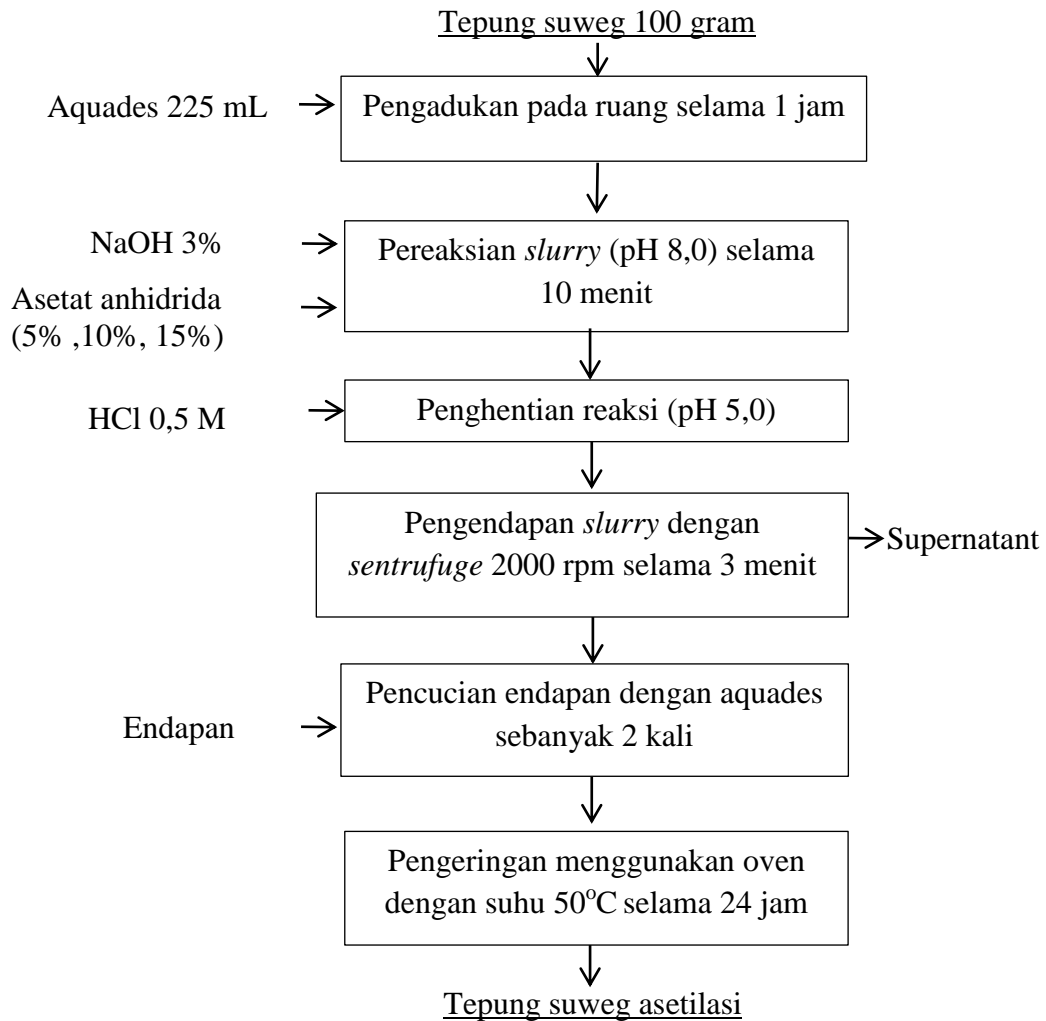
pada suhu ruangan untuk penyimpanan sebelum dilakukan analisis. Diagram alir pembuatan tepung suweg dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Proses Pembuatan Tepung Suweg

3.4.2 Modifikasi Asetilasi (Rincon-Aguirre *et al.*, 2017)

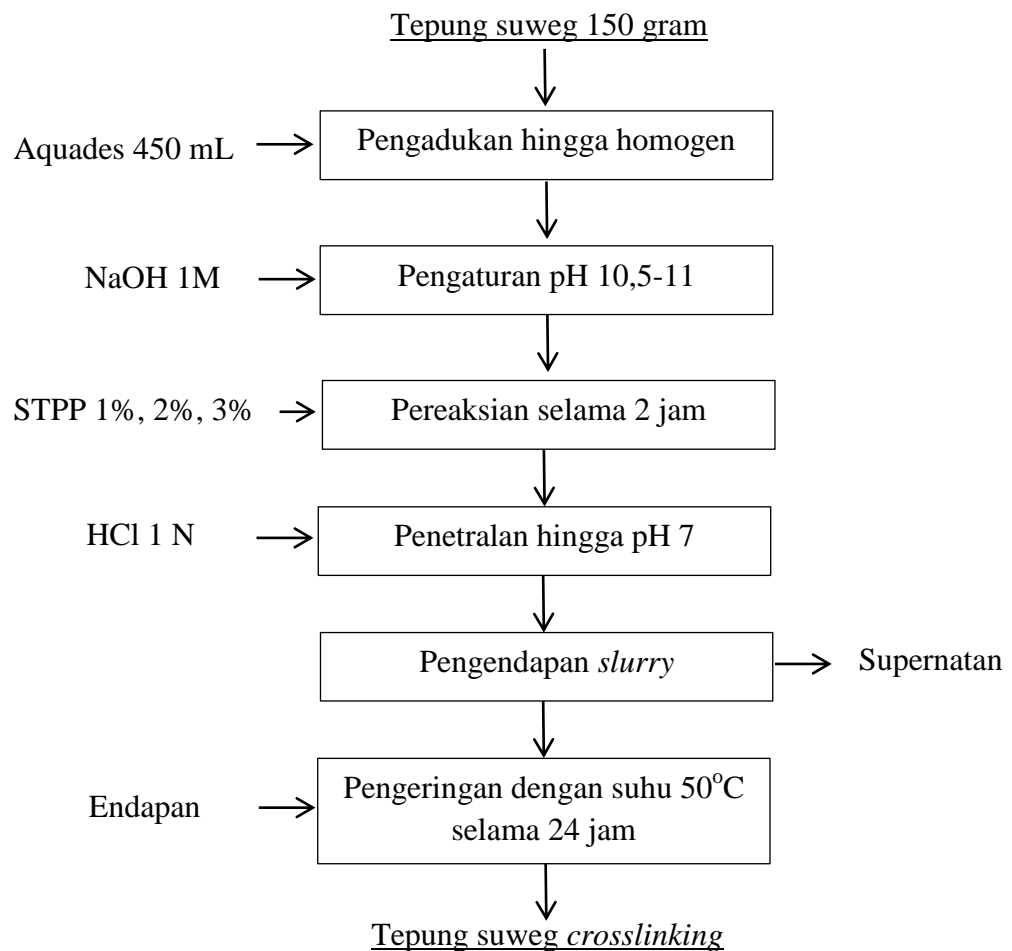
Sebanyak 100 gram tepung suweg dilarutkan dalam 225 ml aquades dan diaduk pada suhu ruang selama 1 jam. Larutan dikondisikan dalam pH 8,0 menggunakan NaOH 3% kemudian asetat anhidrida (5%, 10%, 15%) secara bertahap ditambahkan ke larutan pati. Setelah penambahan anhidrida asetat, reaksi dilanjutkan selama 10 menit, kemudian pH diatur menjadi 5,0 dengan larutan HCl 0,5 M. Larutan disentrifugasi pada 2000 rpm selama 3 menit. Setelah sentrifugasi, endapan pati dicuci dua kali dengan air suling dan kemudian dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam.



Gambar 3.2 Proses Modifikasi Asetilasi

3.4.3 Modifikasi *Crosslinking* (Hasibuan *et al.*, 2016)

Tepung suweg ditimbang 150 gram kemudian dimasukkan dalam gelas beaker dilarutkan dengan aquades 450 mL diaduk hingga homogen. Dilakukan pengadukan dengan stirrer selama 2 jam dengan mempertahankan pH 10,5-11 menggunakan NaOH 1 M. Kemudian ditambahkan *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP) (1%,2%,3%) (b/b) untuk proses pereaksian. Selanjutnya penetralan menggunakan larutan HCl 1N hingga pH 7. *Slurry* kemudian diendapkan, hasil endapan dicuci dua kali dengan aquades dan dikeringkan dengan suhu 50°C selama 24 jam.



Gambar 3.3 Proses Modifikasi *Crosslinking*

3.4.4 Analisis Fisik Tepung Suweg

A. Rendemen (AOAC, 2005)

Rendemen didapatkan dengan menimbang berat akhir setelah modifikasi kemudian dibandingkan dengan berat awal sebelum modifikasi.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa akhir setelah modifikasi}}{\text{massa awal sebelum modifikasi}} \times 100\%$$

B. *Swelling power* (Amalia dan Kumoro, 2016)

Sampel sebanyak 0,1 gram dilarutkan dalam 10 ml aquadest dan dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Sampel disentrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan pasta dari supernatannya dan timbang berat pastanya.

Swelling power dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Swelling Power (g/g)} = \frac{\text{massa pasta}}{\text{massa sampel}}$$

C. Kelarutan (Amalia dan Kumoro, 2016)

Sampel 0,1 gram dilarutkan dalam 10 ml aquadest dan dipanaskan pada *waterbath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Sampel disentrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Selanjutnya supernatant diambil dan diletakkan dalam cawan petri yang telah diketahui beratnya. Supernatant dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 105°C.

Kelarutan dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\text{massa padatan terlarut di supernatan}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

D. Densitas kamba (Tejasari, 2007)

Pengukuran densitas kamba mengacu pada (Tejasari, 2007), dengan sedikit modifikasi. Sampel dimasukkan dalam gelas ukur 50 ml. Kemudian berat sampel dalam gelas ukur dihitung dan dicatat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Densitas kamba (\%)} = \frac{\text{massa sampel dalam gelas ukur (g)}}{\text{volume gelas ukur (mL)}} \times 100\%$$

E. Sineresis (Singh *et al.*, 2004)

Analisis sineresis dilakukan secara *freeze-thaw* mengacu pada penelitian Singh *et al* (2004). Pengujian ini diawali dengan pembuatan larutan suspensi dengan konsentrasi 2%. Selanjutnya suspensi digelatinisasikan pada suhu 85°C selama 30 menit. Selanjutnya sampel didinginkan pada suhu ruang dan ditimbang sebanyak 20 gram. Sampel disimpan pada *refrigerator* pada suhu 4°C selama 7 hari. Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3200 rpm selama 10 menit. Sineresis dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Sineresis (\%)} = \frac{\text{massa awal sampel (g)} - \text{massa setelah disimpan 7 hari (g)}}{\text{massa awal sampel (g)}} \times 100\%$$

F. Volume pengembangan/ *baking expansion* (Demiate *et al.*, 2000)

Sampel sebanyak 12 gram ditambahkan dengan aquadest panas. Kemudian sampel digelatinisasikan di atas *waterbath* sambil dilakukan pengadukan secara kontinyu. Sampel dibagi rata menjadi 3 adonan dan dioven pada suhu 180°C selama 25 menit. Hasil pangangan kemudian didinginkan, ditimbang dan dicelupkan pada parafin. Volume adonan

panggang ditentukan dengan mencelupkan sampel dalam gelas ukur yang berisi air sampai seluruh bagian terendam dan peningkatan volume dicatat. Nilai volume spesifik atau volume pengembangan (*baking expansion*) dapat ditentukan dengan perbandingan antara volume adonan (ml) dan massa adonan panggang (g). Rumus dari volume pengembangan :

$$\text{Volume pengembangan (mL/g)} = \frac{\text{volume adonan sampel (ml)}}{\text{massa sampel hasil panggang (g)}}$$

G. Warna

Pengukuran warna menggunakan alat *Colourimeter*. Sampel diletakkan pada cawan petri. Kemudian nyalakan alat *colourimeter* dan tembakkan pada sampel. Selanjutnya tekan tombol pembacaan warna L*, a* dan b* pada bagian sisi belakang alat. Parameter L* menunjukkan kecerahan (*lightness*), a* menunjukkan (merah-hijau) dan b* menunjukkan (kuning-biru).

H. Viskositas

Pengukuran viskositas menggunakan alat *Viscometer* merek NDJ-8S. Suspensi tepung 4% (b/b) dipanaskan dalam hotplate pada suhu 80° C selama 20 menit. Kemudian sampel didinginkan pada suhu ruang dan dapat diukur menggunakan alat viscometer dengan jarum spindlr RV 02 dengan kecepatan 60 rpm.

3.4.5 Analisis Kimia Tepung Suweg

A. Kadar air (AOAC, 2005)

Cawan alumunium dimasukkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 105°C, kemudian dimasukkan dalam desikator 10 menit dan ditimbang berat cawan tersebut. Sampel sebanyak 2 gram ditimbang dan dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C atau sampai dicapai berat konstan. Sampel dikeluarkan dalam oven dan dimasukkan dalam desikator selama 10 menit kemudian ditimbang.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{massa cawan kosong} + \text{berat sampel}) - \text{berat konstan}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

3.5 Analisis Data

Pengujian Data yang diperoleh dianalisis dengan metode *One Way Analysis of Variances* (ANOVA) dengan software komputer aplikasi SPSS versi 26. Apabila terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikan 5% ($p \leq 0,05$).

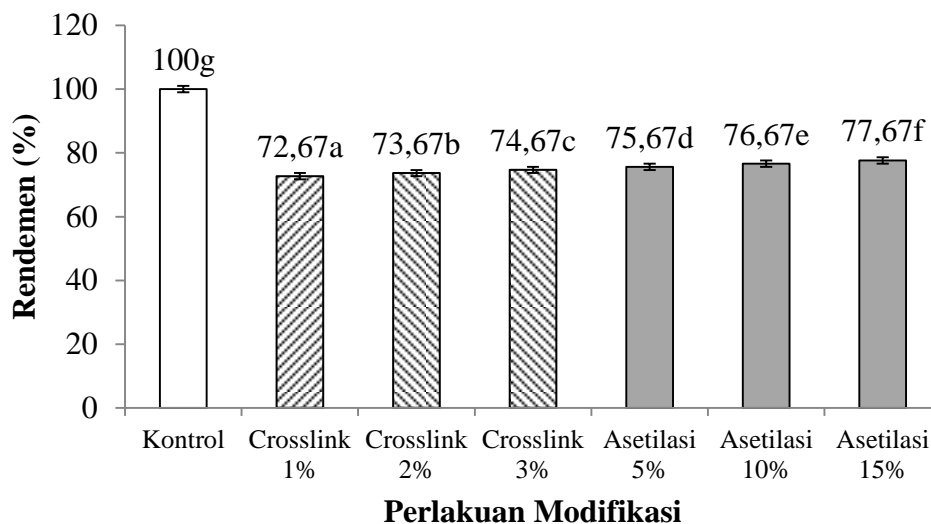
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sifat Fisik

4.1.1 Nilai Rendemen

Analisis rendemen pada tepung suweg digunakan untuk mengetahui kehilangan berat selama proses pengolahan. Analisis rendemen juga bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari proses pembuatan tepung tersebut (Susilawati *et al.*, 2018). Menurut Kusumaningrum *et al.* (2013) nilai rendemen dihitung melalui perbandingan berat akhir dengan berat awal, oleh sebab itu perhitungan rendemen dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi proses yang dilakukan. Rendemen tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rendemen Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.1 rendemen tepung suweg kontrol dengan tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* yang dihasilkan berbeda

nyata. Rendemen tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* berkisar antara 72,67% - 77,67%. Rendemen tepung suweg asetilasi lebih besar dari tepung suweg *crosslinking*. Hal ini disebabkan oleh penambahan reagen asetilasi (5%-15%) menggunakan konsentrasi yang lebih besar dari reagen *crosslinking* (1%-3%) sehingga berpengaruh pada pertambahan berat tepung suweg hasil modifikasi yang berkontribusi pada nilai rendemen. Nilai rendemen yang berbeda nyata dipengaruhi kehilangan berat selama proses modifikasi (Spiraliga *et al.*, 2017). Kehilangan berat pada tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* diduga karena tepung suweg mengalami degradasi (Guerra-Dellavalle *et al.*, 2008). Proses asetilasi dan *crosslinking* yang agresif dapat menyebabkan kerusakan atau degradasi tepung (Teja *et al.*, 2018). Reaksi kimia yang terjadi selama asetilasi dan *crosslinking* dapat memecah struktur pati, mengubah sifat fisik dan kimia pati, serta mengurangi jumlah pati dan kandungan lain seperti kadar protein dan serat pada tepung termodifikasi. Faktor lain yang menyebabkan kehilangan berat pada tepung ialah pada saat proses pencucian endapan tepung termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* dengan kain saring meloloskan butiran tepung yang lebih kecil ukurannya. Hasilnya adalah rendemen tepung yang lebih rendah (Gutiérrez, 2012). Penelitian Amalia dan Kumoro (2016) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 25% pada tepung suweg menurunkan rendemen tepung suweg kontrol dari 100% menjadi 84%. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 3% pada tepung buru hotong menurunkan rendemen tepung kontrol dari 100% menjadi 90,35%.

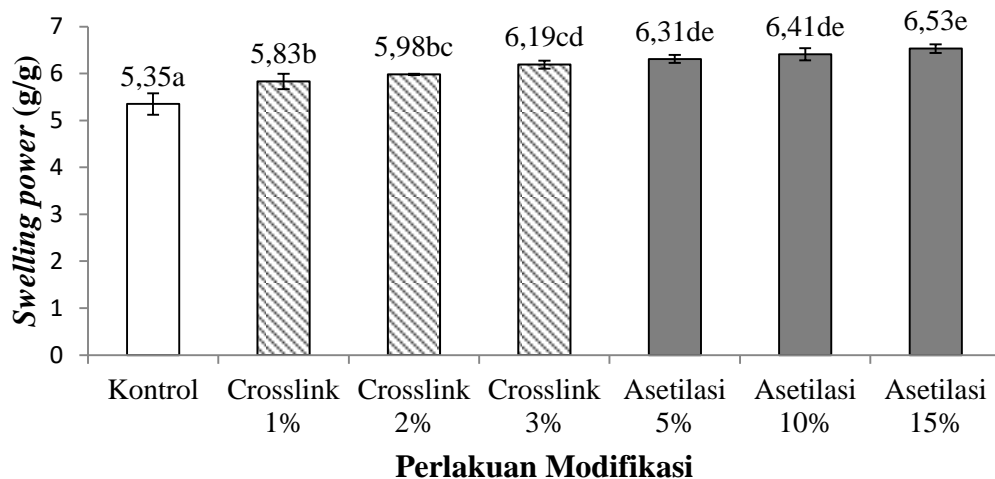
Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dalam modifikasi asetilasi menyebabkan kenaikan rendemen yang berbeda nyata. Hal ini disebabkan penambahan konsentrasi asetat anhidrida memberikan penambahan berat pada tepung yang bisa meningkatkan rendemen tepung suweg asetilasi. Ini berarti, modifikasi asetilasi dengan konsentrasi reagen 5% sampai 15% mempengaruhi kenaikan nilai rendemen yang dihasilkan. Kenaikan konsentrasi natrium asetat dari 11,5% sampai 23,5% pada asetilasi pati ganyong penelitian Khikmah *et al.* (2021) menyebabkan kenaikan rendemen dari 82% hingga 87,5%. Kenaikan konsentrasi STPP dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan kenaikan rendemen yang berbeda nyata. Hal ini disebabkan penambahan konsentrasi STPP memberikan penambahan berat pada tepung yang bisa meningkatkan rendemen tepung suweg *crosslinking*. Ini berarti, modifikasi *crosslinking* dengan konsentrasi reagen 1% sampai 3% mempengaruhi kenaikan nilai rendemen yang dihasilkan. Kenaikan konsentrasi STPP 1% sampai 3% pada *crosslinking* pati kimpul penelitian Candra *et al.* (2020) menyebabkan kenaikan rendemen dari 66,13% hingga 68,7%. Semakin tinggi tingkat konsentrasi yang diberikan maka semakin besar hasil rendemen yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai rendemen maka semakin efisien perlakuan modifikasi yang digunakan dalam pembuatan tepung tersebut. Hal ini karena semakin sedikit kandungan yang terbuang dari bahan pembuat tepung (Susilawati *et al.*, 2018).

Rendemen tepung suweg modifikasi pada penelitian ini lebih rendah dari tepung suweg *native* sebesar 76,42% (Dwikandana *et al.*, 2018); 79,93% (Richana dan Sunarti, 2004); 83,18% (Faridah, 2005). Rendemen tepung suweg modifikasi pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Novita *et al.* (2023) tepung suweg

modifikasi iradiasi UV-C 10 menit-30 menit menghasilkan rendemen 95% hingga 95,33%. Penelitian Susilawati *et al.* (2018) tepung jagung modifikasi asam asetat 2,5% sampai 5% menghasilkan rendemen 85% hingga 88%. Rendemen lebih rendah didapat pada penelitian Candra *et al.* (2020) pati kimpul modifikasi *crosslinking* dengan reagen STPP 1% sampai 3% memiliki rendemen sebesar 66,13% hingga 68,7%.

4.1.2 Swelling Power

Swelling power atau daya kembang merupakan kemampuan granula pati untuk membengkak yang disebabkan oleh aktivitas penyerapan air selama proses pemanasan (Triwitono *et al.*, 2017). *Swelling power* juga diartikan sebagai kemampuan pati untuk dapat mengembang apabila dipanaskan pada suhu dan waktu tertentu (Santosa *et al.*, 2015). Bahan pangan yang memiliki nilai *swelling power* yang tinggi akan memberikan pengaruh lebih mengenyangkan, namun volume yang besar dengan massa yang ringan akan menyumbang jumlah energi dan asupan gizi yang lebih sedikit (Santosa *et al.*, 2015). *Swelling power* tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 *Swelling Power* Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.2 *Swelling power* tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Peningkatan *swelling power* tepung suweg *crosslinking* diduga karena penggunaan reagen berupa *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP). Menurut Hasibuan *et al.* (2016) hubungan antara reagen *crosslinking* dari kelompok fosfat dapat meningkatkan *swelling power* karena adanya gugus positif fosfat pada proses fosforilasi menyebabkan adanya penghubung ikatan antar rantai pati yang berdekatan hingga menyebabkan pati lebih kuat dan mengembang. Peningkatan *swelling power* tepung suweg asetilasi diduga karena penggunaan asetat anhidrida yang mengubah gugus OH pada pati menjadi gugus asetil. Masuknya gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mempermudah masuknya air ke bagian pati yang amorf (Mbougoung *et al.*, 2012). Inilah yang menjadikan daya kembang tepung suweg menjadi naik. Penelitian Amalia dan Kumoro (2016) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 25% pada tepung suweg

meningkatkan *swelling power* tepung suweg kontrol dari 6,9 g/g menjadi 8,4 g/g. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 3% pada tepung buru hotong meningkatkan *swelling power* tepung kontrol dari 9,34 g/g menjadi 10,16 g/g.

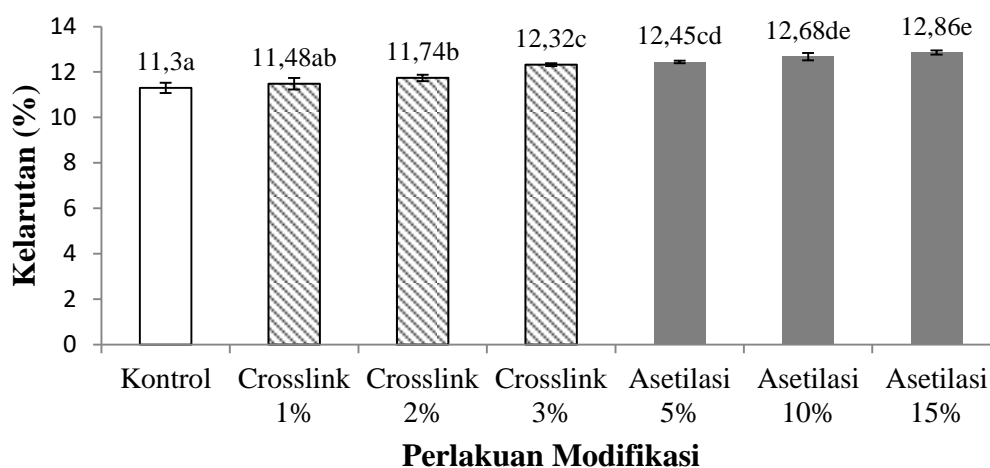
Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% dalam tepung suweg *crosslinking* menyebabkan kenaikan *swelling power* yang signifikan. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Candra *et al.* (2020) dengan kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% dalam *crosslinking* pati kimpul menghasilkan kenaikan *swelling power* yang signifikan dari 16,1 g/g hingga 17,2 g/g. Semakin tinggi konsentrasi STPP yang digunakan akan semakin banyak gugus fosfat pada pati STPP yang menggantikan gugus OH pada pati. Substitusi gugus fosfat pada pati menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen pada pati yang menjadikan air lebih mudah berpenetrasi kedalam granula pati. Selain itu penelitian Nursanty dan Sugiarty (2018) menyatakan kenaikan konsentrasi STPP dari 1% menjadi 2% menyebabkan kenaikan *swelling power* pati talas dari 15,88 g/g menjadi 16,08 g/g. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% hingga 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan kenaikan *swelling power* yang tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pati maupun tepung terasetilasi memiliki ikatan hidrogen yang lemah, sehingga menyebabkan air yang masuk pada granula pati menjadi lebih banyak, itulah mengapa *swelling power* semakin meningkat (Raina *et al.*, 2006). Modifikasi asetilasi pati ganyong menggunakan asetat anhidrida dengan kenaikan konsentrasi dari 10% sampai 20% yang dilakukan oleh Putri *et al.* (2016) menyebabkan peningkatan *swelling power* yang signifikan dari 6,2 g/g hingga 6,8 g/g. Hasil *swelling power* tepung suweg asetilasi pada penelitian ini juga lebih

rendah dari penelitian Widiawan *et al.* (2018) pati talas kimpul dengan kenaikan konsentrasi asetat anhidrat dari 1% sampai 3% menyebabkan peningkatan *swelling power* yang tidak signifikan dari 10,92 g/g hingga 11,17 g/g.

Swelling power tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari tepung suweg penelitian Amalia dan Kumoro (2016) dengan nilai *swelling power* kontrol sebesar 6,9 g/g kemudian tepung suweg dengan penambahan asetat anhidrida 16,67-25% dengan nilai *swelling power* sebesar 7,9 g/g hingga 8,4 g/g. Lalu pada penelitian Candra *et al.* (2020) pati ganyong *crosslinking* STPP 1%-3% mempunyai nilai *swelling power* sebesar 16,1 g/g hingga 17,2 g/g. Penelitian Fatkhayah *et al.* (2020) pati ganyong *crosslinking* STPP 1%-2,5% menghasilkan *swelling power* sebesar 13,27 g/g hingga 16,31 g/g. Kemudian *swelling power* tepung suweg pada penelitian ini juga lebih rendah dari pati sente *crosslinking* STPP 1%-3% hasil penelitian Yang *et al.* (2014) dengan nilai *swelling power* sebesar 10,47 g/g hingga 10,64 %.

4.1.3 Kelarutan/ Solubility

Kelarutan atau *solubility* merupakan indikator tingkat penyebaran granula pati setelah pemasakan. *Solubility* didefinisikan sebagai kemampuan pati atau tepung untuk dapat larut dalam air. Menurut Zavareze dan Dias (2011) kelarutan pada pati terjadi karena adanya molekul amilosa yang keluar dari granula (*leaching* amilosa) selama proses pemanasan dengan air yang secara berlebihan. Kelarutan tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kelarutan Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.3 kelarutan tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Modifikasi tepung suweg dapat meningkatkan kelarutan dibanding kontrol. Hal ini disebabkan karena modifikasi dengan *crosslinking* dan asetilasi menyebabkan penurunan ukuran partikel tepung suweg. Partikel-partikel pati yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan kontak dengan air dan memfasilitasi kelarutan yang lebih baik. Kelarutan tepung suweg asetilasi juga berbeda nyata dengan tepung suweg *crosslinking*. Nilai kelarutan tepung suweg modifikasi asetilasi cenderung lebih tinggi dibandingkan modifikasi *crosslinking*. Kelarutan tepung suweg asetilasi lebih tinggi dan berbeda nyata dengan modifikasi *crosslinking*. Hal ini disebabkan adanya gugus asetil pada pati terasetilasi menyebabkan ikatan hidrogen pada pati terasetilasi lebih lemah dibandingkan pati *crosslinking*. Hal ini mengakibatkan air menjadi lebih mudah berpenetrasi pada pati asetilasi dibandingkan *crosslinking* (Teja *et al.*, 2018).

Penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 10% pada tepung buru hotong meningkatkan kelarutan tepung kontrol dari 20,54% menjadi 29,22%. Penelitian Khikmah *et al.* (2021) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan natrium asetat 11,5% pada pati ganyong meningkatkan kelarutan pati ganyong kontrol dari 14,23% menjadi 15,52%.

Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% dalam tepung suweg *crosslinking* menyebabkan kenaikan kelarutan yang signifikan dari 11,48% hingga 12,32%. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Candra *et al.* (2020) dengan kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% dalam *crosslinking* pati kimpul menyebabkan kenaikan kelarutan yang signifikan dari 11,8% hingga 13,7%. Hal ini diduga karena penambahan konsentrasi reagen *crosslinking* berakibat pada peningkatan hidrofilitas dengan mengubah sifat permukaannya. Molekul-molekul pati yang termodifikasi *crosslinking* memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap air, sehingga memungkinkan molekul-molekul air untuk berinteraksi dengan lebih baik dengan tepung dan meningkatkan kelarutan (Luo dan Shi, 2012). Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% sampai 15% dalam tepung suweg asetilasi menyebabkan kenaikan kelarutan yang signifikan dari 12,45% hingga 12,86%. Ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi reagen asetilasi memberi pengaruh terhadap peningkatan kelarutan tepung suweg. Kelarutan pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian Widiawan *et al.* (2018) dengan kenaikan konsentrasi asetat anhidrat dari 1% sampai 2,5% dalam pati talas kimpul asetilasi menyebabkan kenaikan kelarutan yang signifikan dari 11,53% hingga 12,04%. Penambahan gugus asetil pada pati terasetilasi menyebabkan ikatan hidrogen pada

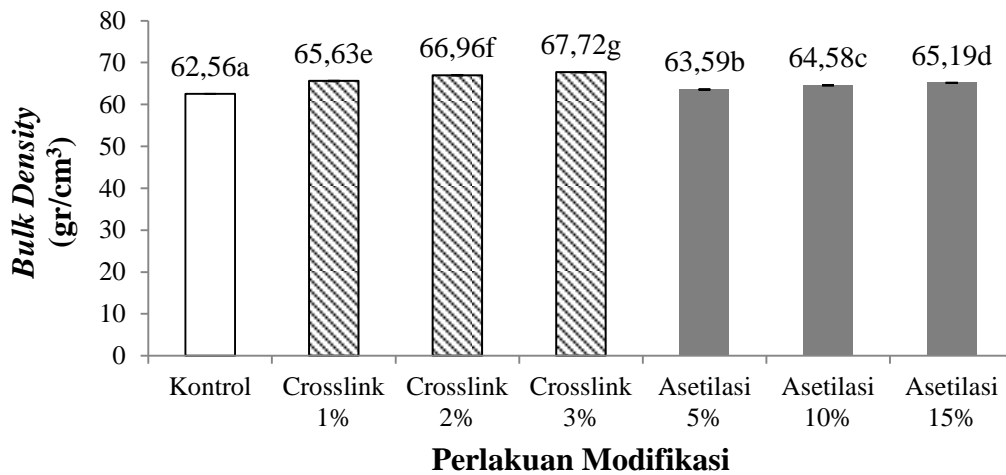
pati terasetilasi lebih lemah, hal ini mengakibatkan air menjadi lebih mudah berpenetrasi pada pati asetilasi sehingga berpotensi meningkatkan kelarutan. Nilai kelarutan yang tinggi mengindikasikan bahwa pati asetat mudah larut dalam air sehingga pati asetat pada kondisi ini cocok untuk diaplikasikan pada industri pangan seperti pada industri pembuatan salad cream, mayones dan saus kental (Artiani dan Avrelina, 2009).

Kelarutan tepung suweg pada penelitian ini lebih tinggi dari tepung suweg kontrol dan *crosslinking* 2% penelitian Setiyoko dan Yuliani (2021) dengan nilai kelarutan 1,55% hingga 4,92%. Kelarutan pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Erezka *et al.* (2018) pati ganyong termodifikasi iradiasi UV-C dan penambahan asam laktat 0,5%-1,5% yaitu 16,59% hingga 23,35%. Pati ganyong *crosslinking* STPP 1%-2,5% penelitian Fatkhiyah *et al.* (2020) menghasilkan kelarutan lebih rendah sebesar 2% hingga 5%. Pati sente dengan penambahan STPP 1%-3% penelitian Yang *et al.* (2014) menghasilkan kelarutan lebih rendah sebesar 8,29% hingga 9,10%. Kemudian kelarutan lebih tinggi didapatkan pada penelitian Widiawan *et al.* (2018) menyatakan bahwa pati talas kimpul dengan konsentrasi asetat anhidrat 1%-3% menghasilkan kelarutan sebesar 11,53% hingga 17,60%.

4.1.4 Bulk Density

Bulk Density atau densitas kamba merupakan salah satu karakteristik fisik yang ditentukan oleh berat serbuk yang diketahui volumenya (Ruben *et al.*, 2016). *Bulk Density* atau densitas kamba pada tepung atau pati menunjukkan nilai dari perbandingan bobot bahan dengan volume yang ditempati, termasuk ruang

kosong diantara butiran bahan. Volume yang ditempati butir tepung atau pati juga dipengaruhi oleh kandungan air bahan. Semakin tinggi kandungan air bahan maka akan semakin besar pula volume ruang yang akan ditempati (Tejasari, 2007). Salah satu fungsi dari pengukuran densitas kamba/*bulk density* yaitu dapat digunakan dalam merencanakan volume pengukuran alat, kemasan, sarana transportasi, maupun sebagai konversi harga satuan (Pangastuti *et al.*, 2013). *Bulk density* tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Bulk Density* Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.4 *bulk density* tepung suweg kontrol lebih rendah dan berbeda nyata dengan modifikasi asetilasi dan modifikasi *crosslinking*. Modifikasi tepung suweg dapat meningkatkan *bulk density* dibanding kontrol. Hal ini diduga karena proses asetilasi pada tepung suweg dapat mengubah struktur dan tekstur partikel tepung. Penambahan gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mengubah sifat fisik dan interaksi antar partikel. Hal ini dapat menghasilkan

partikel tepung yang lebih padat dan lebih rapat, yang pada gilirannya meningkatkan *bulk density* (Atmaka dan Amanto, 2010). *Bulk density* tepung suweg kontrol lebih rendah dan berbeda nyata dengan modifikasi *crosslinking*. Hal ini diduga karena proses *crosslinking* dapat menyebabkan penurunan ukuran partikel dalam tepung. Partikel-partikel pati yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar, yang dapat memperkecil ruang antara partikel dan meningkatkan kepadatan massa tepung, sehingga meningkatkan *bulk density* (Atmaka dan Amanto, 2010). Hasil modifikasi *crosslinking* memiliki *bulk density* yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibanding asetilasi. Hal ini diduga disebabkan proses modifikasi *crosslinking* lebih kuat dalam mengikat air. Reagen *crosslinking* dapat berinteraksi dengan molekul air dan membentuk kompleks yang stabil. Kompleks ini dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi air di sekitar partikel-partikel tepung, sehingga menghasilkan partikel tepung yang lebih rapat dibanding modifikasi asetilasi. Penelitian Khikmah *et al.* (2021) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan Natrium asetat 11,5% pada pati ganyong meningkatkan *bulk density* pati ganyong kontrol dari 66,1 g/cm³ menjadi 72,1 g/cm³. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 10% pada tepung buru hotong meningkatkan *bulk density* tepung kontrol dari 66,34 g/cm³ menjadi 70,16 g/cm³.

Bulk density tepung suweg termodifikasi asetilasi dengan kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% sampai 15% menyebabkan kenaikan yang signifikan dari 63,59 g/cm³ hingga 65,19 g/cm³. Hal ini dikarenakan modifikasi dengan asetat anhidrida dapat menyebabkan agregasi atau penggumpalan partikel-partikel pati. Interaksi antar partikel yang lebih kuat setelah modifikasi dapat

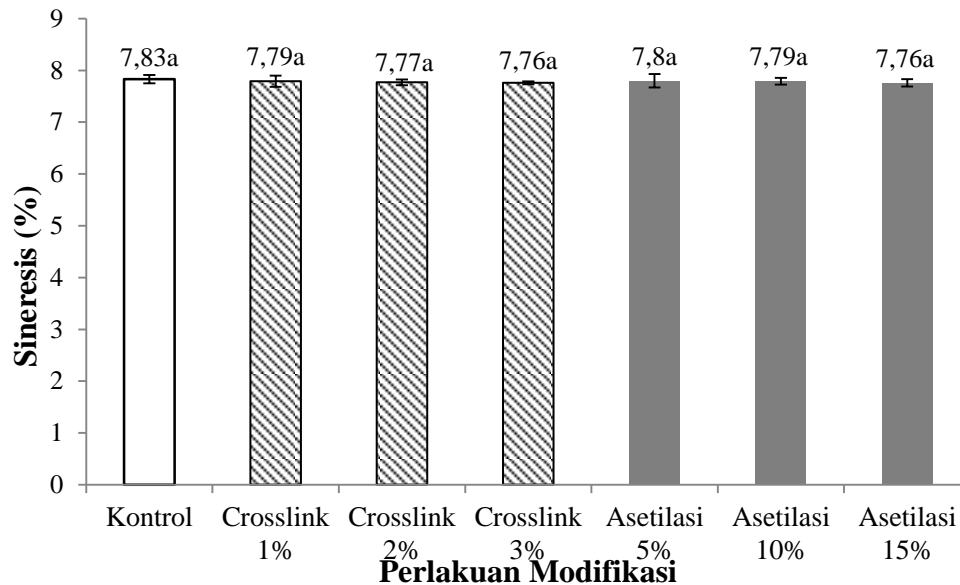
menghasilkan partikel-partikel yang saling berdekatan dan padat, sehingga meningkatkan *bulk density* tepung (Teja *et al.*, 2018). *Bulk density* tepung suweg asetilasi pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Khikmah *et al.* (2021). Kenaikan konsentrasi natrium asetat dari 11,5% sampai 23,5% pada asetilasi pati ganyong menyebabkan kenaikan *bulk density* dari 64,4 g/cm³ hingga 66,1 g/cm³. Menurut Khikmah *et al.* (2021) densitas kamba berhubungan erat dengan ukuran partikel, dimana semakin halus ukuran partikel pati maka semakin besar nilai *bulk density*. Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% pada *crosslinking* tepung suweg menyebabkan kenaikan *bulk density* yang signifikan dari 65,63 g/cm³ hingga 67,72 g/cm³. Hal ini dikarenakan efek pengikatan air. *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP) sebagai reagen *crosslinking* dapat berinteraksi dengan molekul air dan membentuk kompleks yang stabil. Kompleks ini dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi air di sekitar partikel-partikel tepung, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepadatan dan *bulk density* tepung (Luo dan Shi, 2012). *Bulk density* tepung suweg *crosslinking* pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Widhaswari *et al.* (2014). Kenaikan konsentrasi STPP dari 0,5% sampai 2% pada *crosslinking* tepung ubi jalar ungu menyebabkan kenaikan *bulk density* dari 67,32 g/cm³ hingga 68,19 g/cm³. Menurut Widhaswari *et al.* (2014) peningkatan densitas kamba tepung *crosslinking* erat kaitannya dengan ukuran granula pati akibat proses *crosslinking*, semakin bertambahnya konsentrasi reagen *crosslinking* menyebabkan meningkatnya densitas kamba.

Bulk density tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Hasbullah dan Umiyati (2017) tepung suweg tanpa modifikasi yaitu 65,9 g/cm³. *Bulk density* pada penelitian ini lebih rendah juga dari penelitian Faridah (2005)

tepung suweg *native* sebesar 78 g/cm^3 . Tepung suweg dengan modifikasi fisik mealui HMT 4 sampai 6 jam penelitian Novita *et al.* (2023) menghasilkan *bulk density* lebih tinggi sebesar $64,19 \text{ g/cm}^3$ hingga $66,06 \text{ g/cm}^3$. Kemudian *bulk density* lebih rendah didapatkan pada penelitian Widiawan *et al.* (2018) menyatakan bahwa pati talas kimpul dengan konsentrasi asetat anhidrat 1%-3% menghasilkan *bulk density* sebesar $58,73 \text{ g/cm}^3$ hingga $60,15 \text{ g/cm}^3$.

4.1.5 Sineresis

Sineresis tepung adalah fenomena di mana air dikeluarkan dari partikel-partikel tepung, menyebabkan partikel-partikel tersebut saling berdekatan dan membentuk gumpalan (Haryanti *et al.*, 2014). Sineresis berkaitan erat dengan retrogradasi pati. Retrogradasi pati adalah proses dimana pati yang terdapat dalam bahan pangan mengalami perubahan struktur setelah pemanasan dan pendinginan ulang (Sunyoto *et al.*, 2016). Selama retrogradasi, air yang terikat dalam pati akan dilepaskan, dan ini dapat mengakibatkan sineresis tepung (Muchlisyyah *et al.*, 2016). Sineresis tepung terjadi saat air yang dikeluarkan dari partikel tepung membentuk gumpalan atau mengumpul bersama, meninggalkan cairan yang lebih jernih di sekitarnya. (Haryanti *et al.*, 2014). Sineresis tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Sineresis Tepung Suweg Termodifikasi Secara Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada One Way Anova.

Berdasarkan Gambar 4.5 sineresis tepung suweg kontrol tidak berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Hal ini diduga karena tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi memiliki sifat hidrokoloid yang mengakibatkan terjadinya retensi air, sehingga sineresis menjadi kurang signifikan. Meskipun hasilnya tidak berbeda nyata, namun terjadi penurunan pada sineresis tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking*. Menurut Ajjiah *et al.* (2019) semakin rendah nilai sineresis menunjukkan bahwa pati tersebut semakin stabil terhadap penyimpanan suhu beku. Penurunan sineresis pada tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* menunjukkan bahwa tepung suweg tidak mudah mengalami retrogradasi dan membuat tepung suweg lebih stabil terhadap penyimpanan dingin dibandingkan kontrol. Retrogradasi akan terjadi karena kecenderungan terbentuknya ikatan hidrogen yang berasal dari molekul-molekul amilosa dan amilopektin selama pendinginan yang

mengakibatkan air menjadi terpisah dari struktur gelnya (Haryanti *et al.*, 2014). Penelitian Fransiskha dan Panjaitan (2020) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 5% pada pati sagu menurunkan sineresis pati sagu kontrol dari 6,41% menjadi 6,31%. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 10% pada tepung buru hotong menurunkan sineresis tepung kontrol dari 6,34% menjadi 6,16%.

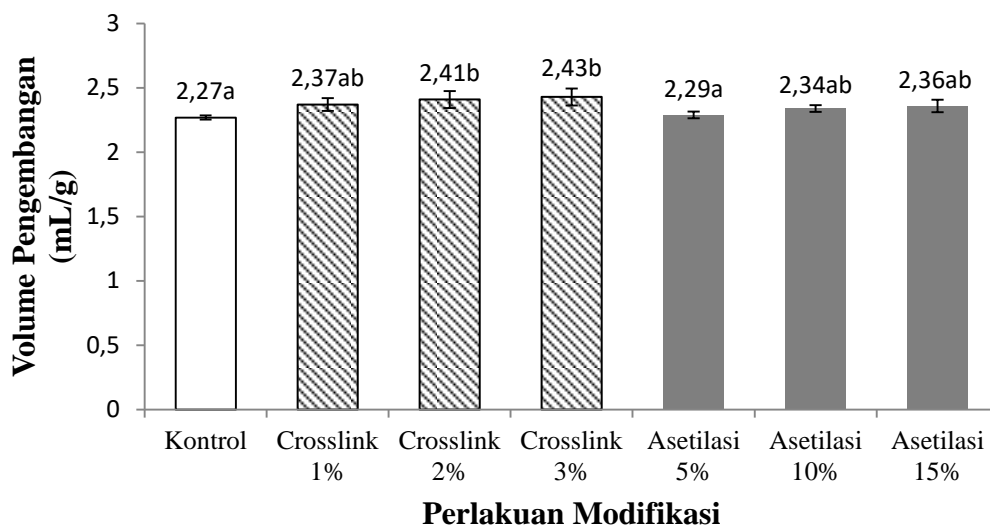
Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% pada *crosslinking* tepung suweg menyebabkan penurunan sineresis yang tidak signifikan dari 7,79% hingga 7,76%. Hal ini diduga disebabkan karena konsentrasi STPP yang ditambahkan tidak cukup tinggi untuk memberikan pengaruh signifikan pada sineresis. Menurut Breemer *et al.* (2020) kenaikan konsentrasi STPP dari 10% sampai 20% dapat menurunkan sineresis tepung buru hotong termodifikasi *crosslinking* dari 6,16% menjadi 5,84%. Penurunan sineresis selama penyimpanan diakibatkan interaksi rantai amilosa dan amilopektin yang keluar lalu berkembang di area *junction*. Sineresis dapat terjadi bila amilosa mengalami retrogradasi atau saling berikatannya molekul amilosa satu sama lain. Hal ini sejalan dengan penelitian Haryanti *et al.* (2014). Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% sampai 15% pada asetilasi tepung suweg menyebabkan penurunan sineresis yang tidak signifikan dari 7,8% hingga 7,76%. Hal ini diduga disebabkan karena konsentrasi asetat anhidrida yang ditambahkan tidak cukup tinggi untuk memberikan pengaruh signifikan pada sineresis tepung suweg. Menurut Khikmah *et al.* (2021) pati ganyong dengan perlakuan kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 11,5% sampai 23,5% pada asetilasi pati ganyong menyebabkan penurunan sineresis yang

signifikan dari 5,51% hingga 5,42%. Penurunan sineresis dapat terjadi bila amilosa mengalami retrogradasi atau saling berikatannya molekul amilosa satu sama lain. Sineresis digunakan sebagai indikator kecenderungan pati untuk retrogradasi (Sunyoto *et al.*, 2016).

Sineresis tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari tepung suweg tanpa modifikasi penelitian Novita *et al.* (2023) yaitu 7,04%. Tepung suweg dengan modifikasi fisik melalui iradiasi UV-C 10 sampai 30 menit penelitian Novita *et al.* (2023) menghasilkan sineresis lebih rendah sebesar 6,97% hingga 6,95%. Pati ganyong *crosslinking* STPP 1%-2,5% penelitian Fatkhiyah *et al.* (2020) menghasilkan sineresis lebih rendah sebesar 4,2% hingga 5,4%. Kemudian sineresis lebih rendah juga didapatkan pada penelitian Khikmah *et al.* (2021) menyatakan bahwa pati ganyong dengan konsentrasi natrium asetat 11,5%-23,5% menghasilkan sineresis sebesar 5,41% hingga 5,51%.

4.1.6 Volume Pengembangan

Volume pengembangan merupakan nilai perbandingan antara volume spesifik dengan berat adonan panggang (Erezka *et al.*, 2018). Volume pengembangan pada tepung memiliki peran penting dalam berbagai proses pengolahan makanan. Pengukuran volume pengembangan menjadi tolok ukur dalam menentukan kualitas seberapa besar tepung dapat mengembang saat dipanggang pada suhu tinggi (Suiloningsih *et al.*, 2018). Volume pengembangan tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Volume pengembangan tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai volume pengembangan pada tepung suweg kontrol secara umum tidak berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* 1%. Hal ini diduga disebabkan konsentrasi asetat anhidrida tidak cukup tinggi untuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap volume pengembangan tepung suweg. Nilai volume pengembangan pada tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* 2% dan 3%. Hal ini diduga terjadi karena tepung *crosslinking* cenderung memiliki sifat yang lebih tahan terhadap suhu tinggi. Ketika dipanaskan selama proses pemanggangan, struktur *crosslinking* dalam tepung dapat menahan tekanan dari gas yang terbentuk oleh pengembang, seperti ragi. Ini memungkinkan produk untuk mengembang lebih baik selama proses pemanasan, menghasilkan volume yang lebih tinggi dan tekstur yang lebih ringan (Suiloningsih *et al.*, 2018). Penelitian Fransiska dan Panjaitan (2020) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 5% pada pati sagu

meningkatkan volume pengembangan pati sagu kontrol dari 2,45 mL/g menjadi 2,51 mL/g. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 10% pada tepung buru hotong meningkatkan volume pengembangan tepung kontrol dari 3,04 mL/g menjadi 3,11 mL/g.

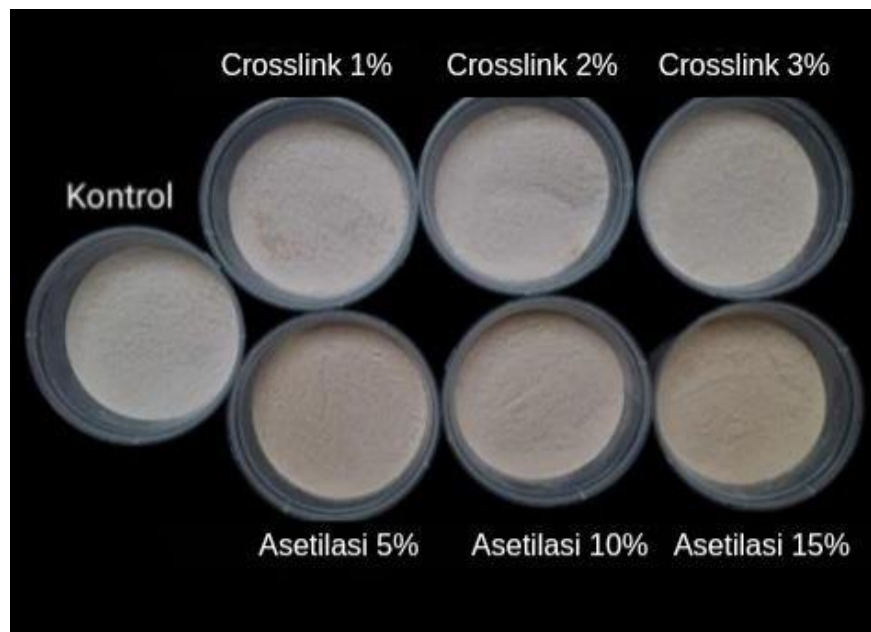
Volume pengembangan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dengan kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan kenaikan volume pengembangan yang tidak signifikan. Hal ini diduga karena STPP dapat meningkatkan stabilitas adonan terhadap panas. Dalam proses pemanggangan, suhu yang tinggi dapat mempengaruhi struktur adonan dan menyebabkan pengembangan yang berlebihan terjadi terlalu cepat. STPP membantu menjaga kestabilan adonan dalam suhu tinggi, memungkinkan adonan untuk secara bertahap mengembang selama proses pemanasan, dan menghasilkan volume pengembangan yang lebih besar (Suiloningsih *et al.*, 2018). Penelitian ini sejalan dengan penelitian Suiloningsih *et al.* (2018) tepung suweg modifikasi *crosslinking* STPP 1% sampai 3% mengalami kenaikan volume pengembangan dari 2,43 mL/g hingga 2,55 mL/g. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% hingga 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan kenaikan volume pengembangan yang tidak signifikan. Namun jika dilihat *trend* data angkanya, antara tepung suweg termodifikasi asetilasi 5% (2,29 mL/g), asetilasi 10% (2,34 mL/g), dan asetilasi 15% (2,36 mL/g) cenderung mengalami kenaikan. Hal ini diduga karena asetat anhidrida dapat memperlambat proses pengerasan adonan. Ketika asetat anhidrida bereaksi dengan air dalam adonan akan menghasilkan asam asetat yang bersifat asam lemah. Asam asetat ini dapat memperlambat reaksi

enzimatik yang menyebabkan pengerasan adonan. Dengan demikian, adonan memiliki waktu yang lebih lama untuk mengembangkan gas sebelum struktur adonan benar-benar mengeras. Ini menghasilkan volume pengembangan yang lebih besar (Tethool *et al.*, 2017). Volume pengembangan lebih tinggi didapatkan penelitian Siregar *et al.* (2012) tepung gandum dengan perlakuan penambahan asam laktat 1%-3% menghasilkan volume pengembangan sebesar 3,03 mL/g hingga 3,26 mL/g. Penambahan asam laktat menghasilkan volume pengembangan yang lebih tinggi bila digabungkan dengan proses oksidasi. Terjadi perubahan struktur molekul pati hasil dari kombinasi penambahan asam laktat dan proses oksidasi bahkan setelah sampel pati dicuci (Siregar *et al.*, 2012).

Volume pengembangan tepung suweg pada penelitian ini lebih tinggi dibanding tepung suweg *native* penelitian Novita *et al.* (2023) sebesar (1,85 mL/g). Penelitian Richana dan Sunarti (2004) dengan tepung suweg *native* menghasilkan volume pengembangan sebesar 1,96 mL/g. Volume pengembangan lebih rendah didapatkan pada penelitian Erezka *et al.* (2018) pati ganyong termodifikasi iradiasi UV-C dan penambahan asam laktat 0,5%-1,5% yaitu 0,41 mL/g hingga 0,95 mL/g. Volume pengembangan lebih tinggi didapatkan penelitian Siregar *et al.* (2012) tepung gandum dengan perlakuan H₂O₂ 2% sebesar (3,26 mL/g). Penambahan H₂O₂ secara signifikan berpengaruh pada penurunan degradasi amilosa sehingga pasta yang terbentuk semakin banyak dan meningkatkan volume pengembangan.

4.1.7 Warna (L^* , a^* , dan b^*)

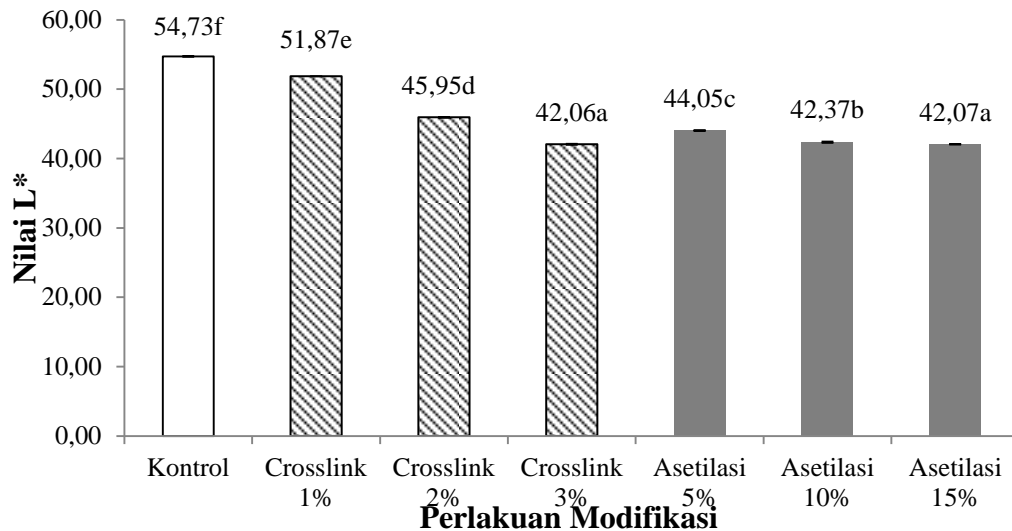
Salah satu indikator penerimaan produk pangan adalah warna. Warna merupakan sifat sensoris pertama yang diamati pada saat konsumen melihat produk pangan (Kusumaningrum *et al.*, 2013). Pengukuran warna tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* ada tiga yaitu L^* , a^* , dan b^* .



Gambar 4.7 Kenampakan Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking* dengan Berbagai Perbedaan Perlakuan.
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

4.1.7a Nilai L^* (Kecerahan)

Nilai L^* atau kecerahan menunjukkan gelap terangnya suatu warna. Notasi L menyatakan parameter kecerahan (*lightness*) yang mempunyai nilai 0 (gelap) sampai dengan 100 (terang) (Kusumaningrum *et al.*, 2013). Berikut disajikan nilai L^* pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai L* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4. 8 nilai L* tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Modifikasi *crosslinking* dan asetilasi menurunkan nilai L* tepung suweg. Hal ini menunjukkan bahwa kecerahan tepung suweg menurun. Hal ini diduga karena proses *crosslinking* melibatkan reaksi pada gugus fosfat untuk membentuk ikatan silang antara molekul dalam tepung. Reaksi tersebut dapat mengakibatkan pencoklatan yang membuat warna lebih gelap atau berbeda daripada tepung asli (Setyadjit *et al.*, 2016). Proses asetilasi melibatkan reaksi kimia antara molekul asetil dan komponen tepung, seperti gugus hidroksil pada karbohidrat. Reaksi ini dapat menghasilkan senyawa baru dengan sifat fisik dan warna yang berbeda. Perubahan ini dapat mempengaruhi penurunan nilai L* dari tepung modifikasi asetilasi (Rincon-Aguirre *et al.*, 2017). Nilai L* pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan tepung suweg kontrol penelitian Daeli dan Gusriani (2016) sebesar (65,21) dan tepung labu kuning tanpa modifikasi penelitian Mayasari *et al.* (2017)

sebesar (56,44). Penelitian Mayasari *et al.* (2017) menyatakan bahwa modifikasi aetilasi dengan asam asetat 10% pada tepung labu kuning menurunkan nilai L* tepung kontrol dari 56,44 menjadi 53,45. Selain itu penelitian Breemer *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 10% pada tepung buru hotong menurunkan nilai L* tepung kontrol dari 53,04 menjadi 48,11.

Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan penurunan kecerahan yang ditunjukkan dengan penurunan nilai L* yang signifikan. Semakin tinggi tingkat konsentrasi reagen *crosslinking* yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan data nilai L* yang cenderung menurun dan dihasilkan tepung suweg yang tingkat kecerahannya menurun disetiap perlakuannya (Gambar 4.7). Hal ini diduga karena penambahan *Sodium Tripoly Phospate* (STPP). STPP dapat menghasilkan ikatan silang antara molekul-molekul tepung melalui reaksi *crosslinking*. Menurut Setyadjit *et al.* (2016) ikatan silang ini dapat menyebabkan perubahan pada struktur tepung, termasuk perubahan dalam ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel. Perubahan tersebut berdampak pada sifat optik tepung. STPP dapat menyebabkan dispersi cahaya pada permukaan tepung menjadi lebih rendah, yang berarti jumlah cahaya yang memantul dari permukaan tepung menjadi lebih sedikit. Akibatnya, nilai L* tepung menurun, dan tepung mungkin tampak lebih gelap atau kurang cerah setelah penambahan STPP. Nilai L* pada tepung suweg *crosslinking* pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Candra *et al.* (2020). Kenaikan konsentrasi STPP dari 1 % ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* pati kimpul menyebabkan penurunan kecerahan yang ditunjukkan dengan penurunan nilai L* yang

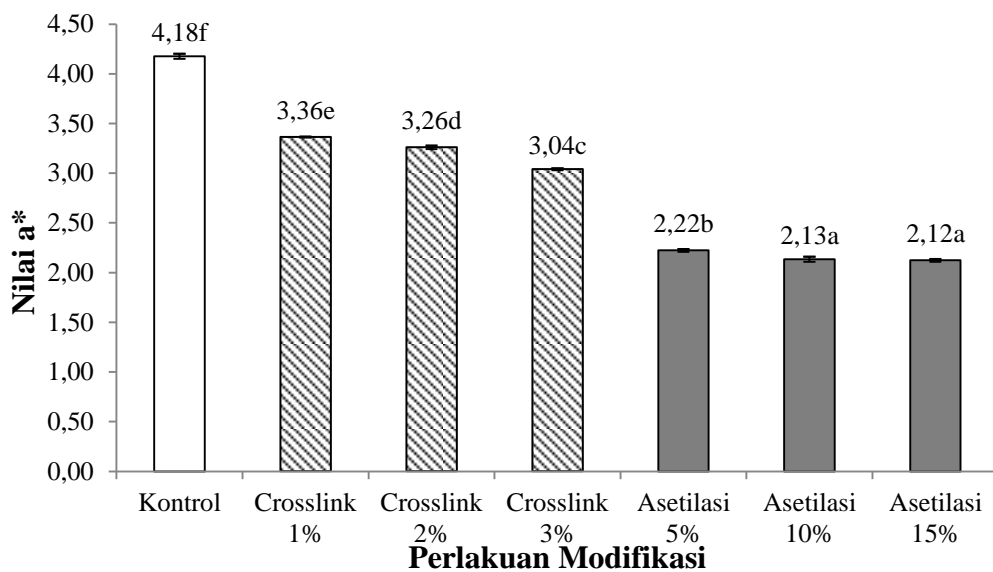
signifikan dari 47,8 hingga 44,5. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% hingga 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan penurunan kecerahan yang ditunjukkan penurunan nilai L^* yang signifikan. Semakin tinggi tingkat konsentrasi reagen asetilasi yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan data nilai L^* yang cenderung menurun dan dihasilkan tepung suweg yang tingkat kecerahannya menurun disetiap perlakuannya (Gambar 4.7). Hal ini diduga terjadi karena reaksi asetilasi yang terjadi antara asetat anhidrida dengan komponen-komponen tepung. Menurut Rincon-Aguirre *et al.* (2017) salah satu efek dari reaksi asetilasi adalah perubahan dispersi cahaya pada permukaan tepung. Dalam reaksi ini, jumlah cahaya yang dipantulkan dari permukaan tepung dapat berkurang, sehingga nilai L^* tepung menurun. Secara visual, tepung mungkin tampak lebih gelap atau kurang cerah setelah penambahan reagen asetilasi. Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Mayasari *et al.* (2017) dimana kenaikan konsentrasi asam asetat dari 10% sampai 20% dalam asetilasi tepung labu kuning menyebabkan penurunan kecerahan yang ditunjukkan penurunan nilai L^* yang signifikan dari 53,45 hingga 52,86

Penelitian Richana dan Sunarti (2004) dengan tepung suweg *native* menghasilkan nilai L^* sebesar 58,22. Nilai L^* tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari tepung suweg *crosslinking* STPP 1%-2% penelitian Setiyoko dan Yuliani (2021) dengan nilai L^* 85,58 hingga 90,75. Penelitian Novita *et al.* (2023) tepung suweg termodifikasi UV-C 10 menit sampai 30 menit mengalami penurunan nilai L^* yang signifikan seiring lama waktu perlakuan dari 56,37 hingga 55,77. Nilai L^* penelitian ini lebih rendah dari penelitian Erezka *et al.* (2018) pati ganyong termodifikasi iradiasi UV-C dan penambahan asam laktat

0,5%-1,5% yaitu 76,67 hingga 75,67. Kecerahan (nilai L*) yang lebih tinggi juga didapatkan penelitian Siregar *et al.* (2012) tepung gandum dengan perlakuan H₂O₂ 2% sebesar 61,83. Penelitian Widhaswari *et al.* (2014) menyatakan bahwa penurunan tingkat kecerahan tepung ubi jalar dengan STPP 0,5 % sampai 1% ditunjukkan dengan menurunnya nilai L* dari 61,2 hingga 57,8.

4.1.7b Nilai a*

Nilai a* ialah warna kromatik antara +0 sampai +100 dengan intensitas warna merah dan -0 sampai -100 intensitas warna hijau (Noviana *et al.*, 2018). Semakin tinggi nilai a* (positif) maka warna merah semakin pekat dan semakin rendah nilai a* (negatif) maka warna hijau semakin pekat. Berikut disajikan nilai a* pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Nilai a* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.9 nilai a* tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Modifikasi

crosslinking dan asetilasi menurunkan nilai a^* tepung suweg. Ini menunjukkan bahwa warna kemerahan pada tepung suweg menurun. Hal ini terjadi diduga karena modifikasi *crosslinking* mengubah pigmen dan senyawa yang memberikan warna kemerahan pada tepung. Menurut Setiyoko dan Yuliani (2021) proses *crosslinking* dapat mengubah struktur pati dalam tepung, yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia tepung, termasuk warna kemerahan. Namun, perubahan warna yang terjadi akibat *crosslinking* dapat bervariasi tergantung pada jenis tepung, kondisi *crosslinking*, dan penggunaan tepung yang dimodifikasi (Blennow, 2015). Modifikasi asetilasi dapat mengubah sifat fisik dan kimia tepung. Menurut Rincon-Aguirre *et al.* (2017) gugus asetil yang ditambahkan pada molekul tepung dapat mempengaruhi interaksi antara tepung dengan air, protein, dan senyawa pigmen lainnya yang memberikan warna merah pada tepung. Penelitian Mayasari *et al.* (2017) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asam asetat 10% pada tepung labu kuning menurunkan tingkat kemerahan (nilai a^*) tepung kontrol dari 5,24 menjadi 3,45. Selain itu penelitian Widhaswari *et al.* (2014) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 1% pada tepung ubi jalar ungu menurunkan tingkat kemerahan (nilai a^*) secara signifikan tepung kontrol dari 15 menjadi 3,31.

Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan penurunan tingkat kemerahan yang ditunjukkan dengan penurunan nilai a^* tepung suweg yang signifikan. Semakin tinggi tingkat konsentrasi reagen *crosslinking* yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan data nilai a^* yang cenderung menurun dan dihasilkan tepung suweg yang tingkat kemerahannya menurun disetiap perlakuannya (Gambar 4.7). Hal ini bisa terjadi

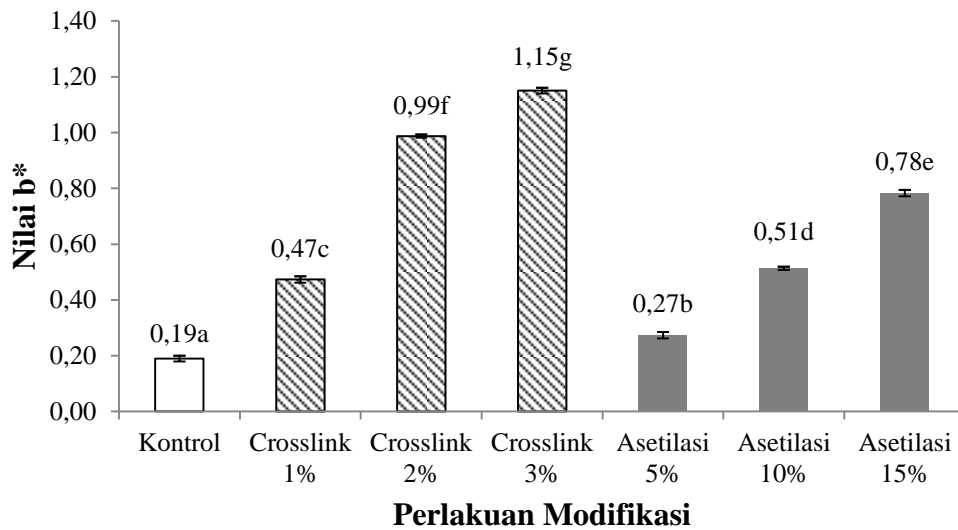
karena STPP sebagai reagen *crosslinking* dapat mempengaruhi stabilitas warna dan pigmen yang ada dalam tepung. STPP memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks dengan ion logam seperti besi (Fe) yang dapat mempengaruhi warna tepung (Shah *et al.*, 2016). Kenaikan konsentrasi STPP dari 0,5% ke 1% dalam modifikasi *crosslinking* Widhaswari *et al.* (2014) menyebabkan penurunan tingkat kemerahan tepung ubi jalar ungu dari 7,5 menjadi 3,31. Konsentrasi STPP menyebabkan degradasi senyawa antosianin akibat STPP yang bersifat basa. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% ke 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan penurunan tingkat kemerahan yang ditunjukkan dengan penurunan nilai a^* tepung suweg yang tidak signifikan.. Berdasarkan Rincon-Aguirre *et al.* (2017) hal ini bisa terjadi karena penambahan asetat anhidrida dapat mengubah pigmentasi tepung. Reaksi asetat anhidrida dengan komponen seperti karotenoida, flavonoida, atau senyawa fenolik dapat menghasilkan perubahan warna dan mengurangi nilai a^* pada sistem warna Lab* (Guerra-Dellavalle *et al.*, 2008). Kenaikan konsentrasi asam asetat dari 5% ke 10% dalam modifikasi asetilasi Mayasari *et al.* (2017) menyebabkan penurunan tingkat kemerahan tepung labu kuning dari 3,87 menjadi 3,45. Konsentrasi asam asetat dapat mempengaruhi pigmen senyawa antosianin karena sifat asam yang bisa menguraikan antosianin dalam tepung sehingga kemerahan tepung dapat menurun.

Nilai a^* pada penelitian ini lebih rendah dari tepung suweg perlakuan *blanching* selama 5 menit sampai 15 menit dengan nilai a^* sebesar 8,88 hingga 8,36 (Daeli dan Gusriani, 2016). Nilai a^* tepung suweg pada penelitian ini lebih tinggi dari tepung suweg *crosslinking* STPP 1%-2% penelitian Setiyoko dan

Yuliani (2021) dengan nilai a^* 1,77 hingga 2,08. Tepung ganyong *native* pada penelitian Purwaningsih (2013) menghasilkan nilai a^* 15,77. Nilai a^* tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Kholifah *et al.* (2018) pati jagung dengan penyinaran UV-C 5 menit sampai 15 menit sebesar 3,49 hingga 3,65. Pati ganyong penelitian Erezka *et al.* (2018) termodifikasi iradiasi UV-C dan penambahan asam laktat 0,5%-1,5% menghasilkan nilai a^* lebih rendah yaitu -15,33 hingga 17. Menurut Daeli dan Gusriani (2016) semakin rendah nilai a^* maka warna hijau semakin pekat dan semakin tinggi nilai a^* maka warna merah semakin pekat.

4.1.7c Nilai b^*

Nilai b^* ialah warna kromatik +0 sampai +100 intensitas warna kuning dan -0 sampai -80 dengan intensitas warna biru (Noviana *et al.*, 2018). Semakin tinggi nilai b^* (positif) maka warna kuning semakin pekat dan semakin rendah nilai b^* (negatif) maka warna biru semakin pekat. Berikut disajikan nilai a^* pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Nilai b* Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.10 nilai b* tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan asetilasi. Modifikasi *crosslinking* dan asetilasi menaikkan nilai b* tepung suweg. Ini menunjukkan bahwa warna kekuningan pada tepung suweg meningkat. Hal ini terjadi diduga karena modifikasi *crosslinking* dapat meningkatkan kestabilan pigmen kuning, seperti karotenoida, yang ada dalam tepung. Karotenoida adalah pigmen alami yang memberikan warna kuning hingga oranye pada banyak bahan pangan, termasuk tepung. Menurut Candra *et al.* (2020) ketika tepung mengalami proses *crosslinking*, pigmen kuning ini dapat mengalami perlindungan dari degradasi atau perubahan warna yang disebabkan oleh panas, oksidasi, atau reaksi kimia lainnya. Modifikasi asetilasi memberi pengaruh pada peningkatan nilai b* (kekuningan) tepung suweg. Hal ini terjadi diduga karena asetilasi pada tepung terkait dengan interaksi antara molekul tepung dan pigmen alami yang ada dalam tepung, seperti karotenoida. Menurut Oh *et al.* (2019) asetilasi juga dapat

mempengaruhi reaksi maillard yang terjadi dalam tepung. Reaksi maillard adalah reaksi antara karbohidrat dan senyawa amino yang berperan dalam pembentukan warna dan aroma pada produk pangan. Proses asetilasi dapat mempengaruhi dinamika reaksi maillard, yang juga dapat berkontribusi pada peningkatan warna kuning pada tepung. Penelitian Mayasari *et al.* (2017) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asam asetat 10% pada tepung labu kuning menaikkan tingkat kekuningan (nilai b^*) tepung kontrol secara signifikan dari 16,42 menjadi 18,35. Selain itu penelitian Widhaswari *et al.* (2014) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 1% pada tepung ubi jalar ungu menaikkan tingkat kekuningan (nilai b^*) secara signifikan tepung kontrol dari -4,5 menjadi 1,77.

Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan kenaikan tingkat kekuningan yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai b^* tepung suweg yang signifikan. Semakin tinggi tingkat konsentrasi reagen *crosslinking* yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan data nilai b^* yang cenderung naik dan dihasilkan tepung suweg yang tingkat kekuningannya meningkat disetiap perlakuannya (Gambar 4.7). Hal ini bisa terjadi karena STPP sebagai reagen *crosslinking* yang digunakan pada penelitian ini digunakan dalam proses pengolahan yang melibatkan karotenoida, pigmen kuning alami yang terdapat dalam tepung. Kenaikan konsentrasi STPP dari 0,5% ke 1% dalam modifikasi *crosslinking* Widhaswari *et al.* (2014) menyebabkan kenaikan tingkat kekuningan tepung ubi jalar ungu dari -0,8 menjadi 1,77. Menurut Fatkhayah *et al.* (2020) STPP dapat membantu mempertahankan stabilitas dan kecerahan warna kuning karotenoida tersebut. Dengan demikian,

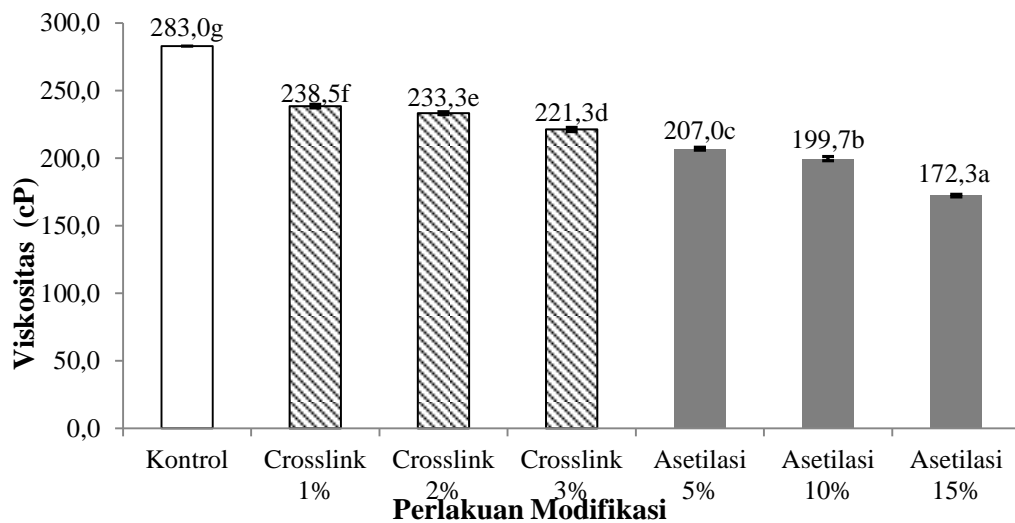
STPP dapat memberikan kesan peningkatan warna kuning pada tepung karena mengoptimalkan keberadaan pigmen yang ada. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% ke 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan kenaikan tingkat kekuningan yang ditunjukkan dengan kenaikan nilai b^* tepung suweg yang signifikan. Semakin tinggi tingkat konsentrasi reagen asetilasi yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan data nilai b^* yang cenderung naik dan dihasilkan tepung suweg yang tingkat kekuningannya meningkat disetiap perlakuannya (Gambar 4.7). Hal ini diduga karena asetat anhidrida sebagai reagen asetilasi dapat mempengaruhi stabilitas pigmen alami seperti karotenoida yang ada dalam tepung. Menurut Ayucitra (2012) asetat anhidrida dapat membantu mempertahankan atau meningkatkan stabilitas warna kuning karotenoida dalam tepung. Kenaikan konsentrasi asam asetat dari 5% ke 10% dalam modifikasi asetilasi Mayasari *et al.* (2017) menyebabkan kenaikan tingkat kekuningan tepung labu kuning dari 27,44 menjadi 28,56. Reaksi asetat anhidrida dengan komponen seperti karotenoida, flavonoida, atau senyawa fenolik dapat menghasilkan perubahan warna dan menaikkan nilai b^* pada sistem warna Lab* (Guerra-Dellavalle *et al.*, 2008).

Nilai b^* tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan tepung suweg penelitian Daeli dan Gusriani (2016) dengan perlakuan *blanching* 5 menit sampai 15 menit yaitu 23,56 hingga 24,59. Tepung suweg *crosslinking* STPP 1%-2% penelitian Setiyoko dan Yuliani (2021) menghasilkan nilai b^* 4,52 hingga 5,43. Penelitian Novita *et al.* (2023) tepung suweg dengan modifikasi fisik HMT 4 jam-6 jam menghasilkan nilai b^* sebesar 2,85 hingga 4,61. Kemudian penelitian Kholifah *et al.* (2018) pati jagung perlakuan penyinaran UV-C 5 menit

sampai 15 menit dengan nilai b^* sebesar 12,67 hingga 13,01. Pati ganyong penelitian Erezka *et al.* (2018) termodifikasi iradiasi UV-C dan penambahan asam laktat 0,5%-1,5% menghasilkan nilai b^* lebih tinggi yaitu 15,33 hingga 18.

4.1.8 Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan resistensi atau ketahanan suatu aliran fluida yang disebabkan adanya gesekan suatu bahan terhadap perubahan bentuk apabila bahan tersebut dikenai gaya tertentu (Ayu *et al.*, 2020). Viskositas menjadi salah satu indikator kualitas dari beberapa produk pangan. Viskositas tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Viskositas tepung suweg termodifikasi secara asetilasi dan *crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.12 viskositas tepung suweg kontrol berbeda nyata dengan tepung suweg termodifikasi *crosslinking* dan termodifikasi asetilasi. Modifikasi *crosslinking* dan asetilasi menurunkan viskositas tepung suweg.

Viskositas yang rendah dapat disebabkan oleh nilai *swelling power* yang tinggi. Menurut Shah *et al.* (2016) pada *swelling power* yang tinggi, molekul pati menjadi cukup rentan. Setelah pemanasan atau agitasi yang berkepanjangan, mereka cenderung terfragmentasi. Karena fragmentasi tersebut, viskositasnya turun dengan cepat. Sesuai dengan nilai *swelling power* pada penelitian ini, pada tepung suweg modifikasi asetilasi dan *crosslinking* didapatkan hasil *swelling power* berbeda nyata dengan kontrol yang cenderung mengalami kenaikan. Hal ini yang mengakibatkan viskositas tepung suweg modifikasi asetilasi dan *crosslinking* mengalami penurunan. Viskositas tepung suweg pada penelitian ini lebih rendah dari tepung labu kuning kontrol penelitian Triyani *et al.* (2013) sebesar 350 cP, dan pati kimpul *native* penelitian Candra *et al.* (2020) sebesar 1478 cP. Penelitian Fransiskha dan Panjaitan (2020) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 5% pada pati sagu menurunkan viskositas pati sagu kontrol dari 530 cP menjadi 490 cP. Selain itu penelitian Candra *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 3% pada pati kimpul menurunkan viskositas tepung kontrol dari 2815 cP menjadi 2640 cP.

Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan penurunan viskositas yang signifikan. Hal ini diduga disebabkan karena STPP memiliki sifat pengikatan air yang tinggi. Ketika STPP larut dalam air akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air disekitarnya. Ikatan hidrogen ini menyebabkan molekul air saling terhubung dan membentuk rantai polimer yang mengurangi gaya tarik antar molekul air dan memungkinkan kekentalan akan menurun (Luo dan Shi, 2012). Semakin tinggi konsentrasi reagen

yang ditambahkan, maka viskositas cenderung semakin menurun. Hal ini terjadi karena penambahan reagen *crosslinking* menaikkan nilai *swelling power* tepung suweg. Tingginya nilai *swelling power* akan menyebabkan rendahnya viskositas (Shah *et al.*, 2016). Viskositas tepung suweg *crosslinking* pada penelitian ini lebih rendah dari pati kimpul dengan reagen dan variasi konsentrasi yang sama pada penelitian Candra *et al.* (2020) dimana kenaikan konsentrasi STPP dari 1% ke 3% dalam modifikasi *crosslinking* menyebabkan penurunan viskositas dari 2232,5 cP hingga 1516,5 cP. Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dari 5% hingga 15% dalam modifikasi asetilasi menyebabkan penurunan viskositas yang signifikan. Hal ini diduga disebabkan karena asetat anhidrida memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap air dibandingkan dengan molekul pelarut organik lainnya. Ketika konsentrasinya meningkat, molekul air akan lebih mudah berinteraksi dengan molekul asetat anhidrida yang pada gilirannya akan mempermudah aliran dan menurunkan viskositas (Teja *et al.*, 2018). Semakin tinggi konsentrasi reagen yang ditambahkan, maka viskositas cenderung semakin menurun. Hal ini terjadi karena penambahan reagen asetilasi menaikkan nilai *swelling power* tepung suweg. Tingginya nilai *swelling power* akan menyebabkan rendahnya viskositas (Shah *et al.*, 2016). Kenaikan konsentrasi asam asetat dari 0,05% hingga 0,15% dalam modifikasi asetilasi penelitian Triyani *et al.* (2013) menyebabkan penurunan viskositas dari 11600 cP hingga 1895 cP. Pada perlakuan dengan penambahan asam asetat akan meningkatkan nilai viskositas tepung labu kuning dibandingkan kontrol. Menurut Triyani *et al.* (2013) semakin tinggi konsentrasi asam asetat maka semakin menurun viskositas tepung labu kuning. Hal ini diduga karena asam memecah ikatan pati yang terdiri dari amilosa dan amilopektin yang

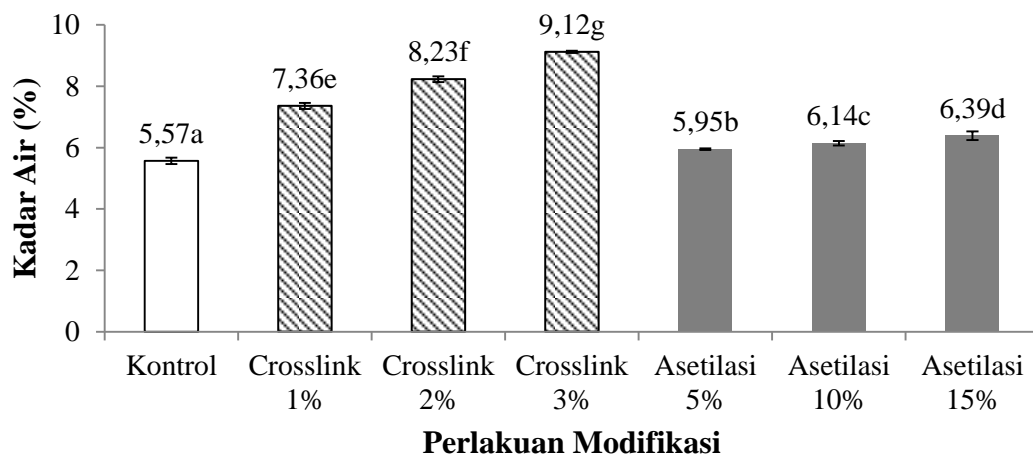
menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen yang selanjutnya akan menyebabkan perubahan lebih lanjut seperti peningkatan molekul air sehingga terjadi penurunan viskositas.

Penelitian Richana dan Sunarti (2004) dengan tepung suweg *native* menghasilkan viskositas sebesar 570 cP. Penelitian Novita *et al.* (2023) dengan modifikasi iradiasi UV-C 10 menit-30 menit menghasilkan viskositas tepung suweg yang cenderung menurun dari 435,3 cP hingga 352,5 cP. Penelitian Khikmah *et al.* (2021) pati ganyong dengan natrium asetat 11,5-23,5% mengalami kenaikan viskositas seiring penambahan konsentrasi natrium asetat dari 472 cP hingga 524 cP. Penelitian Kou dan Gao (2018) pati kentang perlakuan STPP 1% dan 2% menghasilkan viskositas sebesar 415 cP hingga 419 cP. Viskositas lebih tinggi didapatkan pada penelitian Dewi *et al.* (2012) tepung bengkuang modifikasi asetilasi asam asetat 0,1%-0,25% memiliki viskositas sebesar 815 cP hingga 460 cP.

4.2 Analisis Sifat Kimia

4.2.1 Kadar Air

Kadar air memiliki peran penting pada bahan pangan yang sangat berpengaruh terhadap penampakan, penerimaan (*acceptability*), dan daya simpan (Fajri *et al.*, 2016). Tepung merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung kadar air rendah, sehingga tepung mempunyai umur simpan yang cukup lama dibandingkan bahan pangan lainnya. Kadar air tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking* disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Kadar Air Tepung Suweg Termodifikasi Asetilasi dan *Crosslinking*. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada taraf signifikan ($P < 0,05$) yang diujikan pada Oneway Anova.

Berdasarkan Gambar 4.12 kadar air tepung suweg kontrol lebih rendah dan berbeda nyata dengan tepung suweg modifikasi asetilasi dan *crosslinking*. Kadar air mengalami kenaikan diduga karena sifat hidrofilik pati yang meningkat pada modifikasi asetilasi. Proses asetilasi dapat mengubah sifat permukaan molekul pati menjadi lebih hidrofilik, yaitu lebih mudah menyerap air (Rincon-Aguirre *et al.*, 2017). Dengan adanya gugus asetil tambahan, tepung termodifikasi asetilasi memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap air, sehingga dapat menyerap

dan mempertahankan lebih banyak air yang menyebabkan peningkatan kadar air tepung (Garnida *et al.*, 2019). Kadar air tepung suweg *crosslinking* mengalami kenaikan yang signifikan diduga karena peningkatan kapasitas penyerapan air. *Crosslinking* dapat meningkatkan kapasitas tepung untuk menyerap air. Hal ini terjadi karena perubahan struktur pati yang dapat meningkatkan ruang kosong dalam matriks pati dan kemampuan untuk menahan air. Dengan peningkatan kapasitas penyerapan air, tepung termodifikasi *crosslinking* dapat menyerap dan mempertahankan lebih banyak air, sehingga meningkatkan kadar air tepung (Teja *et al.*, 2018). Dugaan lain meningkatnya kadar air pada tepung *crosslink* disebabkan beberapa faktor. Menurut Blennow (2015) perubahan pada tepung *crosslink* tergantung pada faktor-faktor seperti sumber pati, komposisi dan konsentrasi reagen pengikat silang, tingkat substitusi, waktu reaksi, suhu, dan pH. Hasil kadar air tepung suweg pada penelitian ini lebih tinggi dari tepung suweg *native* pada penelitian Faridah (2005) yaitu 4,74%. Kadar air pada penelitian ini lebih besar dari penelitian Hasbullah dan Umiyati (2017) tepung suweg *native* yaitu 6,54%. Penelitian Fransiskha dan Panjaitan (2020) menyatakan bahwa modifikasi asetilasi dengan asetat anhidrida 5% pada pati sagu meningkatkan kadar air pati sagu kontrol dari 9,42% menjadi 9,53%. Selain itu penelitian Candra *et al.* (2020) menyatakan bahwa modifikasi *crosslinking* dengan STPP 3% pada pati kimpul meningkatkan kadar air tepung kontrol dari 7,94% menjadi 9,11%.

Kenaikan konsentrasi asetat anhidrida dalam modifikasi asetilasi dari 5% hingga 15% menyebabkan kenaikan kadar air yang berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena asetat anhidrida bersifat higroskopis yaitu kemampuan untuk menyerap atau menarik air dari lingkungan sekitarnya (Teja *et al.*, 2018). Kadar

air tepung suweg asetilasi pada penelitian ini lebih rendah dari kadar air pati sagu asetilasi konsentrasi 2,5%-5% pada penelitian Fransiskha dan Panjaitan (2020) yaitu 9,42% hingga 9,78% dan pati suweg penambahan asetat anhidrat 1%-2% pada penelitian Richana dan Sunarti (2004) yaitu 9,38% hingga 9,43% serta tepung labu kuning asetilasi 1%-3% pada penelitian Triyani *et al.* (2013) sebesar 9,05% hingga 9,22%. Kenaikan konsentrasi STPP dalam modifikasi *crosslinking* dari 1% hingga 3% menyebabkan kenaikan kadar air yang berbeda nyata. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Candra *et al.* (2020). Kenaikan konsentrasi STPP dari 1% sampai 3% pada modifikasi *crosslinking* tepung kimpul menyebabkan kenaikan kadar air dari 8,2% menjadi 9,1%. Hal ini disebabkan oleh pengikatan gugus fosfat pada pati oleh penambahan STPP menyebabkan kemampuan pati untuk mengikat air menjadi lebih tinggi. Meskipun kadar air pada tepung suweg *crosslinking* terbilang tinggi, akan tetapi jika ditinjau dari segi kualitas, daya terima (*acceptability*), dan daya simpan produk bahan pangan berupa tepung masih tergolong aman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lisa *et al* (2015) bahwa kadar air yang kurang dari 14% cukup aman untuk mencegah pertumbuhan kapang, sedangkan kadar air maksimum pada bahan pangan kering seperti tepung dan pati adalah 10%.

Penelitian Richana dan Sunarti (2004) dengan tepung suweg *native* menghasilkan kadar air sebesar 9,4%. Tepung suweg *crosslinking* STPP 1%-2% penelitian Setiyoko dan Yuliani (2021) menghasilkan kadar air sebesar 13,78% hingga 16,24%. Penelitian Novita *et al.* (2023) dengan modifikasi iradiasi UV-C 10 menit-30 menit menghasilkan kadar air lebih rendah dari 5,63% hingga 5,85%. Penelitian Khikmah *et al.* (2021) pati ganyong dengan natrium asetat 11,5-23,5%

mengalami kenaikan kadar air seiring penambahan konsentrasi natrium asetat dari 9,3% hingga 10,36%. Kadar air lebih tinggi juga didapatkan penelitian Fatkhiyah *et al.* (2020) pati ganyong *crosslinking* dengan perlakuan STPP 1%-2,5% memiliki kadar air sebesar 9,08% hingga 11,57%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Modifikasi kimia secara asetilasi dan *crosslinking* dengan tingkat konsentrasi reagen yang berbeda berpengaruh terhadap karakteristik fisik tepung suweg yang dihasilkan. Modifikasi asetilasi dan *crosslinking* mampu meningkatkan nilai *swelling power*, *bulk density*, kelarutan, volume pengembangan, menurunkan rendemen dan viskositas. Sineresis mengalami sedikit penurunan seiring penambahan reagen asetilasi dan *crosslinking*. Modifikasi asetilasi dan *crosslinking* menurunkan nilai L^* , a^* dan meningkatkan nilai b^* pada kenampakan warna tepung suweg.
2. Modifikasi kimia secara asetilasi dan *crosslinking* dengan tingkat konsentrasi reagen yang berbeda berpengaruh terhadap karakteristik kimia tepung suweg yang dihasilkan. Modifikasi asetilasi dan *crosslinking* mampu meningkatkan kadar air tepung suweg seiring penambahan reagen asetilasi dan *crosslinking*.

5.2 Saran

Proses pencucian tepung suweg termodifikasi kimia perlu dilakukan dengan cermat dan berhati-hati agar hasil rendemen tidak banyak menurun karena banyak kehilangan berat. Kemudian perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait kandungan total pati, amilosa dan amilopektin, sifat fisikokimia amilografi, serta uji sensoris dan daya cerna tepung suweg termodifikasi asetilasi dan *crosslinking*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, I. M. L., Wahyuningsih, E., & Patoni. (2018). Identifikasi Hasil Hutan Bukan Kayu Genus *Amorphophallus* di Desa Santong, Kecamatan Kayangan Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Belantara*, 1(2), 107–114. <https://doi.org/10.29303/jbl.v1i2.71>
- Ajjjah, M. S., Djali, M., & Mardawati, E. (2019). Karakteristik Sifat Kimia Tepung Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Atlantik Dan Hasil Modifikasi Yang Ditanam Di Dataran Medium. *Pontianak Nutrition Journal*, 2(2), 48–52.
- Amalia, R., & Kumoro, A. C. (2016). Analisis Sifat Fisikokimia dan Uji Korelasi Regresi Antara Nilai Derajat Substitusi dengan Swelling Power dan Solubility Pada Tepung Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) Terasetilasi. *Jurnal Novasi Teknik Kimia*, 1(1), 17–26.
- Anggraeni, Y. P., & Yuwono, S. S. (2014). Pengaruh Fermentasi Alami pada Chips Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) terhadap Sifat Fisik Tepung Ubi Jalar Terfermentasi. *Pangan Dan Agroindustri*, 2(2), 59–69.
- AOAC. (2005). *Association of Officiating Analytical Chemists (AOAC)*.
- Artiani, P. Ayu, & Avrelina, Y. R. (2009). Modifikasi Cassava Starch dengan Proses Acetylation Asam Asetat untuk Produk Pangan. *Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, 024, 1–7.
- Atmaka, W., & Amanto, B. S. (2010). Kajian Karakteristik Fisikokimia Tepung Instan Beberapa Varietas Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13614>
- Ayu, D. F., Lumban Gaol, T. S., & Diharmi, A. (2020). Stabilitas Emulsi dan Sensori Mayones Campuran Minyak Abdomen Ikan Patin dan Minyak Sawit Merah dengan Penambahan HPMC SS12 Sebagai Penstabil. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 12(2), 63–70. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v12i2.16285>
- Ayucitra, A. (2012). Preparation and Characterisation of Acetylated Corn Starches. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 3(3), 156–159. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2012.v3.178>
- Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Zamudio-Flores, P. B., Mendez-Montealvo, G., & Rodriguez-Ambriz, S. L. (2010). Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1434–1440. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.003>
- Blennow, A. (2015). Starch: Metabolism and structure. *Starch: Metabolism and Structure*, 1–451. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55495-0>
- Bremer, R., Sigmarlatu, T., & Polnaya, F. J. (2020). Pengaruh Penambahan Sodium Tripoly-Phosphate Terhadap Karakteristik Tepung Buru Hotong (*Setaria italica* L Beauv.) Fosfat. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 88–95. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.2.88>
- Candra, K., Hendra, S., & Gunawan, A. (2020). Agrotek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian. *Agrotek*, 14(2), 67–74.
- Colussi, R., Pinto, V. Z., El Halal, S. L. M., Vanier, N. L., Villanova, F. A., Marques E Silva, R., Da Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G. (2014). Structural, morphological, and physicochemical properties of acetylated

- high-, medium-, and low-amylose rice starches. *Carbohydrate Polymers*, 103(1), 405–413. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.070>
- Daeli, N. A., & Gusriani, I. (2021). Pengaruh Lama Blanching Terhadap Karakteristik Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus Campanulatus*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 1(2), 1-8.
- Demiate, I. M., Dupuy, N., Huvenne, J. P., Cereda, M. P., & Wosiacki, G. (2000). Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 42(2), 149–158. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00152-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00152-6)
- Dewi, N. S., Riyadi Parnanto, N. H., & A, A. R. (2012). Karakteristik Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) Dimodifikasi Secara Asetilasi Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat Selama Perendaman. *Teknologi Hasil Pertanian*, 5(2), 104–112.
- Dwikandana, I. A. S., Damiaty, & Suriani, N. M. (2018). Studi Eksperimen Pengolahan Tepung Umbi Suweg. *Bosaparis : Pendidikan Kesejahteraan Keluarga*, 9(3), 166–177.
- Erezka, V. C., Muflihati, I., Nurlaili, E. P., & Ferdiansyah, M. K. (2018). Karakteristik Pati Ganyong Termodifikasi Melalui Iradiasi UV-C (Ultraviolet C) Dan Hidrolisis Asam Laktat. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(2), 140–149.
- Fajri, F., Tamrin, & Asyik, D. N. (2016). Pengaruh Modifikasi HMT (Heat Moisture Treatment) Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Nilai Organoleptik Tepung Sagu (*Metroxylon* sp). *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 1(1), 37–44.
- Faridah, D. N. (2005). Sifat Fisiko Kimia Tepung Suweg (*Amorphophallus campanulatus* B1.) Dan Indeks Glisemiknya. In *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 16(3), 254–259.
- Fatkhiyah, N., Kurniasari, L., & Riwayati, I. (2020). Modifikasi Pati Umbi Ganyong (*Canna edulis* Kerr) Secara Ikatan Silang Menggunakan Sodium Tripoliphosphat (STPP). *Inovasi Teknik Kimia*, 3(2), 41–47.
- Fransiskha, T., & Panjaitan, C. (2020). Modifikasi Pati Sagu Papua dalam Pembuatan Beras Artifisial. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 5(4), 3047–3053.
- Garnida, Y., Hervelly, & Rahma, R. N. (2019). Modifikasi Tepung Ganyong (*Canna edulis* Kerr.) Metode Heat Moisture Treatment Pada Suhu Dan Waktu Pemanasan Berbeda Dan Aplikasi Tepung Pada Pembuatan CookieS. *Pasundan Food Technology Journal*, 6(1), 65–72. <https://doi.org/10.23969/pftj.v6i1.1508>
- Guerra-Dellavalle, D., Bello-Pérez, L. A., González-Soto, R. A., Solorza-Ferial, J., & Arámbula-Villa, G. (2008). Effect of Reaction Time on The Acetylation of Plantain Starch. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica*, 7(3), 283–291.
- Gunaratne, A., & Corke, H. (2007). Influence of Prior Acid Treatment on Acetylation of Wheat, Potato and Maize Starches. *Food Chemistry*, 105(3), 917–925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.042>
- Harianingsih, & Wibowo, W. A. (2016). Ketahanan Pati terhadap Suhu Rendah (Freeze Thaw Stability) untuk Pati Sorgum yang Dimodifikasi secara Asetilasi. *Momentum*, 12, 26–29.
- Haryanti, P., Setyawati, R., & Wicaksono, R. (2014). Pengaruh Suhu Dan Lama

- Pemanasan Suspensi Pati Serta Konsentrasi Butanol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa Dari Tapioka. *Agritech*, 34(3), 308–315.
- Hasbullah, U. H. A., & Umiyati, R. (2017). Perbedaan Sifat Fisik, Kimia dan Sensoris Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus campamulatus* BI) pada Fase Dorman dan Vegetatif. *Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 5(2), 70–78. <https://doi.org/10.18196/pt.2017.066.70-78>
- Hasibuan, E., Hamzah, F., & Rahmayuni. (2016). Sifat Kimia Dan Organoleptik Pati Sagu (*Metroxylon sago* Rottb) Modifikasi Kimia dengan Perlakuan Sodium Tripolyphosphate (STPP). *Jurnal Online Mahasiswa Faperta*, 3(1), 1-8..
- Iswadi, D., Wibisana, A., & Jufrinaldi. (2019). Modifikasi Pati Talas Kimpul dengan Monosodium Fosfat untuk Bahan Pengental Makanan. *Journal of Proceedings*, 1(1), 1–7.
- Jyothi, A. N., Moorthy, S. N., & Rajasekharan, K. N. (2006). Effect of cross-linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch. *Starch/Staerke*, 58(6), 292–299. <https://doi.org/10.1002/star.200500468>
- Khikmah, N., Muflihati, I., Affandi, A. R., & Nurdyansyah, F. (2021). *Sifat Fisik Pati Ganyong Hasil Modifikasi Cross Linking Menggunakan Natrium Asetat*. 17(1), 35–40.
- Kholifah, N., Muflihati, I., & Nurlaili, E. P. (2018). Modifikasi Pati Jagung Melalui Reaksi Oksidasi Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Dan Sinar Ultraviolet-C (UV-C). *Jurnal Pangan dan Gizi*, 8(2), 91–104.
- Kou, T., & Gao, Q. (2018). New Insight in Crosslinking Degree Determination for Crosslinked Starch. *Carbohydrate Research*, 458–459, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2018.01.009>
- Lisa, M., Lutfi, M., & Susilo, B. (2015). Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Mutu Tepung Jamur Tiram Putih (*Plaeotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 270–279.
- Luo, Z. G., & Shi, Y. C. (2012). Preparation Of Acetylated Waxy, Normal, and High-Amylose Maize Starches with Intermediate Degrees of Substitution in Aqueous Solution and Their Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(37), 9468–9475. <https://doi.org/10.1021/jf301178c>
- Mayasari, A., Ishartani, D., & Siswanti. (2017). The Study Of Sensory , Physical And Chemical Characteristic Pound Cake. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, X(1).
- Mbougoung, P. D., Tenin, D., Scher, J., & Tchiégang, C. (2012). Influence of Acetylation on Physicochemical, Functional and Thermal Properties of Potato and Cassava Starches. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.006>
- Mehboob, S., Ali, T. M., Sheikh, M., & Hasnain, A. (2020). Effects of Cross Linking and/or Acetylation on Sorghum Starch and Film Characteristics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 786–794. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.144>
- Muchlisyyah, J., Prasmita, H. S., Estiasih, T., & Laeliocattleya, R. A. (2016). Sifat Fungsional Tepung Ketan Merah Prigelatinisasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(3), 195–202.
- Novita, D., Hafidz, U., Nurdyansyah, F., & Muflihati, I. (2023). Modifikasi Fisik

- Tepung Suweg (*Amorphophallus campanulatus*) dengan Iradiasi Sinar Ultraviolet-C (UV-C) dan Heat Moisture Treatment (HMT). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(1), 182–192. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i1.13555>
- Novitasari, S., Widarta, I. W. R., & Wiadnyani, A. A. I. S. (2016). Effect of Substitution Sodium Tripoliphosphate (STPP) on Characteristics of Modified Sente Starch (*alocasia macrorrhiza* (L.) shoot) by Cross-Linked Method. *Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 5(2), 103–110.
- Nurhayati, N. (2019). Modifikasi Pati Secara Asetilasi Dan Aplikasinya Pada Pembentukan Film. *Jurnal Agrotek Ummat*, 6(2), 100. <https://doi.org/10.31764/agrotek.v6i2.1659>
- Nursanty, Y. S. (2018). The Effect of Addition of STPP on Starch, Amylose Swelling Power And Solubility In Starch of Canna, Cassava And Taro. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 1(2), 35–48.
- Oh, S. M., Kim, H. yun, Bae, J. E., Ye, S. J., Kim, B. Y., Choi, H. D., Choi, H. W., & Baik, M. Y. (2019). Physicochemical and Retrogradation Properties of Modified Chestnut Starches. *Food Science and Biotechnology*, 28(6), 1723–1731. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00622-8>
- Pangastuti, H. A., Affandi, D. R., & Ishartani, D. (2013). Karakterisasi Sifat Fisik Dan Kimia Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(1), 20–29.
- Paulos, G., Mrestani, Y., Heyroth, F., Gebre-Mariam, T., & Neubert, R. H. H. (2016). Fabrication of Acetylated Dioscorea Starch Nanoparticles: Optimization of Formulation and Process Variables. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 31, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2015.11.009>
- Pramesti, H. A., Siadi, K., & Cahyono, E. (2015). Analisis Rasio Kadar Amilosa/Amilopektin Dalam Amilum Dari Beberapa Jenis Umbi. *IJCS - Indonesia Journal of Chemical Science*, 4(1), 27–30.
- Purwaningsih, H. (2013). Karakteristik Fisiko Kimia Tepung Ganyong Sebagai Pangan Alternatif Pengganti Beras. 788–792. *Available online at www.ilmupangan.fp.uns.ac.id*. 2(2), 17–18.
- Putri, A. P., Octari, T., Annisa, N., Gadri, A., & Aprilia, H. (2016). Evaluasi Fisikokimia Pati *Canna indica* L Modifikasi Esterifikasi dan Hidrolisis Asam. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 78. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9361>
- Rahim, V. S., Liputo, S. A., & Maspeke, P. N. S. (2016). Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Mie Basah Dengan Substitusi Tepung Ketan Hitam Termodifikasi Heat Moisture Treatment (HMT). *Jambura Journal of Food Technology*, 33(1), 42–56. <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjft/article/view/7295>
- Raina, C. S., Singh, S., Bawa, A. S., & Saxena, D. C. (2006). Some Characteristics of Acetylated, Cross-Linked and Dual Modified Indian Rice Starches. *European Food Research and Technology*, 223(4), 561–570. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0239-z>
- Rakhmawati, P., Octaviani, R. D., & Santosa, H. (2014). Pengaruh Variabel Operasi Pada Proses Modifikasi Pati Garut Dengan Metode Cross Linking Pengganti Tepung Terigu Sebagai Bahan Baku Pada Industri Bakery. *Teknik*,

- 35(1), 56–60. <https://doi.org/10.14710/teknik.v35i1.7047>
- Richana, N., & Sunarti, T. Chandra. (2004). Karakteristik Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati Dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen*, 1(1), 29–37.
- Rincon-Aguirre, A., Mendoza-Diaz, S. O., Real, A. del, & Garcia, M. E. R. (2017). Research Article Physicochemical Studies of Taro Starch Chemically Modified by Acetylation, Phosphorylation, and Succinylation †. *Starch*, 70(3–4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201700066>
- Ruben, E., Wisaniyasa, N. W., & Pratiwi, I. D. P. K. (2016). Studi Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Tepung Kacang Merah dan Tepung Tempe Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Elisabet. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i02>
- Santosa, H., Handayani, N. A., Bastian, H. A., & Kusuma, I. M. (2015). Modifikasi Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L . Poir) Dengan Metode Heat Moisture Treatment (HMT) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mi Instan. *Metana*, 11(01), 37–46.
- Setiyoko, A., & Yuliani, F. A. (2021). Pengaruh Lama Pengadukan Dan Konsentrasi STPP Terhadap Karakteristik Pati Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(2), 108–116.
- Shah, N., Mewada, R. K., & Mehta, T. (2016). Crosslinking of starch and its effect on viscosity behaviour. *Reviews in Chemical Engineering*, 32(2), 265–270. <https://doi.org/10.1515/revce-2015-0047>
- Singh, N., Chawla, D., & Singh, J. (2004). Influence of Acetic Anhydride on Physicochemical, Morphological and Thermal Properties of Corn and Potato Starch. *Food Chemistry*, 86(4), 601–608. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.008>
- Siregar, D. M., Sari, D. P., Sumardiono, S. (2012). Peroksida Untuk Meningkatkan Daya Kembang. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), 433–438.
- Spiraliga, R., Darmanto, Y., & Amalia, U. (2017). Karakteristik Nasi Analog Tepung Mocaf Dengan Penambahan Tepung Rumput Laut *Gracilaria Verrucosa* Dan Tiga Jenis Kolagen Tulang Ikan. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 1–10.
- Suiloningsih, E.K.B., Sarofa, U., & Unut, G. (2018). Penggunaan Gliserol Monostearat pada Proposi Tepung Kacang Hijau dengan Tepung Beras Dalam Pembuatan Cake. *Teknologi Pangan FTI UPN*, 1(1), 48–54.
- Sunyoto, M., R. Andoyo, H., A. R., & C.T, M. (2016). Kajian Sifat Fungsional Pati Ubi Jalar Melalui Perlakuan Modifikasi Heat Moisture Treatment sebagai Sediaan Pangan Darurat. *Sains Dan Teknologi*, 5(2), 846–854.
- Susilawati, B., Syam, H., & Fadilah, R. (2018). Pengaruh Modifikasi Tepung Jagung Prigelatinisasi Terhadap Kualitas Cookies. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 4(September), 27–48. <https://doi.org/10.26858/jptp.v4i0.6911>
- Teja, A., Sindi, I., Ayucitra, A., & Setiawan, L. E. K. (2018). Karakteristik Pati Sagu dengan Metode Modifikasi Asetilasi dan Cross-Linking. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(3), 836. <https://doi.org/10.5614/jtki.2008.7.3.4>
- Tejasari. (2007). Nilai Gizi dan Karakteristik Fisik Serta Fisikokimia Pati Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). *Jurnal Agroteknologi*, 1(2), 181–

192.

- Tethool, E. F., Dewi, A. M. P., & Jading, A. (2017). Pengaruh Fotooksidasi UV-C Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Baking Expansion Pati Sagu (Metroxylon sago). *Agrointek*, 11(2), 45–52. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v11i2.2917>
- Triwitono, P., Marsono, Y., Murdiati, A., & Marseno, D. W. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Sifat Pati Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Beberapa Varietas Lokal Indonesia. *Jurnal Agritech*, 37(2), 192. <https://doi.org/10.22146/agritech.10659>
- Waisnawi, P. A. G., Yusasrini, N. L. A., & Ina, P. T. (2019). Pengaruh Perbandingan Tepung Suweg (*Amorphophallus campanulatus*) dan Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata*) Terhadap Karakteristik Cookies. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 8(1), 48–56.
- Widhaswari, V. A., Dwi, W., & Putri, R. (2014). Pengaruh Modifikasi Kimia dengan STPP terhadap Karakteristik Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), 121–128.
- Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2011). Impact of Heat-Moisture Treatment and Annealing in Starches : A Review. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 317–328. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Analisis Rendemen

Jenis Modifikasi		Berat sebelum modifikasi (g)	Berat setelah modifikasi (g)	Rendemen (%)	Rata-rata (%)	Standar deviasi
Kontrol	U1	100	100	100	100	0
	U2	100	100	100		
	U3	100	100	100		
Crosslink 1%	U1	100	73	73	72,67	0,58
	U2	100	72	72		
	U3	100	73	73		
Crosslink 2%	U1	100	74	74	73,67	0,58
	U2	100	74	74		
	U3	100	73	73		
Crosslink 3%	U1	100	75	75	74,67	0,58
	U2	100	74	74		
	U3	100	75	75		
Asetilasi 5%	U1	100	76	76	75,67	0,58
	U2	100	75	75		
	U3	100	76	76		
Asetilasi 10%	U1	100	77	77	76,67	0,58
	U2	100	76	76		
	U3	100	77	77		
Asetilasi 15%	U1	100	77	77	77,67	0,58
	U2	100	78	78		
	U3	100	78	78		

Lampiran 2. Data Hasil Analisis Kadar Air

Jenis Modifikasi		Berat Cawan Kosong (g)	Berat Sampel (g)	Berat Sampel Setelah Dioven 4 jam (g)	Berat Sampel +1 jam (g)	Kadar Air (%)	Rata-rata (%)	Standar Deviasi
Kontrol	U1	3,4562	2,0023	5,349	5,3531	5,5280	5,57	0,11
	U2	3,0968	2,0024	4,9826	4,9875	5,6910		
	U3	3,5437	2,0025	5,4379	5,4422	5,4860		
Crosslink 1%	U1	3,4882	2,0079	5,3495	5,3453	7,2516	7,76	0,10
	U2	3,5255	2,0048	5,3851	5,3804	7,4308		
	U3	3,1197	2,0087	4,9914	4,9861	7,4022		
Crosslink 2%	U1	3,9714	2,0011	5,8339	5,8299	8,1859		

	U2	3,26	2,0044	5,1039	5,0987	8,3399	8,23	0,09
	U3	3,8414	2,0026	5,6943	5,6891	8,1705		
Crosslink 3%	U1	3,1901	2,0048	5,0149	5,0104	9,1122	9,12	0,04
	U2	3,616	2,0056	5,4639	5,4588	9,1590		
	U3	3,5387	2,0020	5,3637	5,3589	9,0900		
Asetilasi 5%	U1	3,1146	2,0020	5,0249	5,0215	5,9203	5,95	0,03
	U2	3,4955	2,0035	5,3788	5,3768	5,9444		
	U3	3,5206	2,0032	5,4158	5,4131	5,9814		
Asetilasi 10%	U1	3,167	2,0045	5,0548	5,0503	6,0557	6,14	0,07
	U2	3,5602	2,0027	5,4653	5,4616	6,1917		
	U3	4,0825	2,0031	5,9886	5,9842	6,1676		
Asetilasi 15%	U1	3,5495	2,0023	5,4382	5,4362	6,3021	6,39	0,14
	U2	3,1432	2,0056	5,054	5,0505	6,3166		
	U3	3,5733	2,0043	5,4739	5,4702	6,5474		

Lampiran 3. Data Hasil Analisis Swelling Power

Jenis Modifikasi		Berat Tabung Sentrifuse (g)	Berat Sampel (g)	Berat Endapan+Tabung Sentrifuse (g)	Berat Endapan (g)	Swelling Power (g/g)	Rata-rata(g/g)	Standar deviasi
Kontrol	U1	6,9911	0,1082	7,5439	0,5528	5,109	5,35	0,23
	U2	6,9871	0,1028	7,5338	0,5517	5,3667		
	U3	6,9708	0,1005	7,5302	0,5594	5,5661		
Crosslink 1%	U1	6,9223	0,1089	7,5636	0,6413	5,8888	5,83	0,16
	U2	6,9193	0,1038	7,5056	0,5863	5,6483		
	U3	6,979	0,1095	7,5316	0,6526	5,9598		
Crosslink 2%	U1	6,9742	0,1084	7,6108	0,6466	5,9649	5,98	0,01
	U2	6,944	0,1065	7,5816	0,6376	5,9868		
	U3	6,9453	0,102	7,5557	0,6104	5,9843		
Crosslink 3%	U1	7,0459	0,1029	7,6786	0,6327	6,1486	6,19	0,09
	U2	6,9892	0,1051	7,6341	0,6449	6,136		
	U3	6,9636	0,1005	7,596	0,6324	6,2925		
Asetilasi 5%	U1	6,9343	0,107	7,5018	0,6675	6,2383	6,31	0,09
	U2	7,0447	0,1015	7,6945	0,6498	6,4019		
	U3	7,0577	0,104	7,7103	0,6526	6,275		
Asetilasi 10%	U1	6,9229	0,1096	7,6128	0,6899	6,2947	6,41	0,13
	U2	6,9591	0,1073	7,6435	0,6844	6,3783		
	U3	6,9828	0,1026	7,6552	0,6724	6,5536		
Asetilasi 15%	U1	6,9635	0,104	7,652	0,6885	6,6202	6,53	0,09
	U2	6,9787	0,1028	7,6522	0,6735	6,5515		
	U3	6,9206	0,1049	7,5854	0,6748	6,4327		

Lampiran 4. Data Hasil Analisis Kelarutan

Jenis Modifikasi		Berat Cawan Petri (g)	Berat Sampel (g)	Berat Sampel Dioven 24 jam (g)	Berat Endapan Kering (g)	Kelarutan (%)	Rata-rata (%)	Standar deviasi
Kontrol	U1	93,9746	0,1082	93,9868	0,0122	11,2754	11,3	0,23
	U2	88,8958	0,1028	88,9072	0,0114	11,0894		
	U3	89,585	0,1005	89,5926	0,0116	11,5422		
Crosslink 1%	U1	90,377	0,1089	90,3892	0,0122	11,2029	11,48	0,25
	U2	91,41	0,1038	91,422	0,012	11,5607		
	U3	90,5312	0,1095	90,544	0,0128	11,6895		
Crosslink 2%	U1	96,203	0,1084	96,2158	0,0128	11,8081	11,74	0,15
	U2	95,3809	0,1065	95,3935	0,0126	11,8309		
	U3	89,649	0,102	89,6608	0,0118	11,5686		
Crosslink 3%	U1	92,7654	0,1029	92,778	0,0126	12,2449	12,32	0,06
	U2	91,6274	0,1051	91,6404	0,013	12,3692		
	U3	89,3106	0,1005	89,323	0,0124	12,3383		
Asetilasi 5%	U1	92,3186	0,107	92,3319	0,0133	12,4299	12,45	0,06
	U2	89,6445	0,1015	89,6572	0,0127	12,5123		
	U3	94,7959	0,104	94,8088	0,0129	12,4038		
Asetilasi 10%	U1	96,2275	0,1096	96,2413	0,0138	12,5912	12,68	0,16
	U2	92,8567	0,1073	92,8702	0,0135	12,5815		
	U3	89,6414	0,1026	89,6546	0,0132	12,8655		
Asetilasi 15%	U1	93,5198	0,104	93,5331	0,0133	12,7884	12,86	0
	U2	94,1658	0,1028	94,179	0,0132	12,8404		
	U3	92,2118	0,1049	92,2254	0,0136	12,9647		

Lampiran 5. Data Hasil Analisis *Bulk Density*

Jenis Modifikasi		Berat Sampel +Tabung (g)	Berat Tabung (g)	berat sampel (g)	Volume Tabung (ml)	Bulk Density (g/cm ³)	Rata-rata (g/cm ³)	Standar deviasi
Kontrol	U1	120,3784	89,1047	31,2737	50	62,5474	62,65	0,02
	U2	120,3918	89,1047	31,2871	50	62,5742		
	U3	120,3903	89,1047	31,2856	50	62,5712		
Crosslink 1%	U1	121,883	89,1047	32,7783	50	65,5566	65,63	0,07
	U2	121,9426	89,1047	32,8379	50	65,6758		
	U3	121,9388	89,1047	32,8341	50	65,6682		
Crosslink 2%	U1	122,5553	89,1047	33,4506	50	66,9012	66,96	0,06
	U2	122,5871	89,1047	33,4824	50	66,9648		
	U3	122,6162	89,1047	33,5115	50	67,023		
Crosslink 3%	U1	122,9893	89,1047	33,8846	50	67,7692	67,72	0,05
	U2	122,963	89,1047	33,8583	50	67,7166		
	U3	122,9365	89,1047	33,8318	50	67,6636		
Asetilasi 5%	U1	120,8865	89,1047	31,7818	50	63,5636	63,59	0,03
	U2	120,9014	89,1047	31,7967	50	63,5934		
	U3	120,9181	89,1047	31,8134	50	63,6268		
Asetilasi 10%	U1	121,3885	89,1047	32,2838	50	64,5676	64,58	0,01
	U2	121,4024	89,1047	32,2977	50	64,5954		
	U3	121,3967	89,1047	32,292	50	64,584		
Asetilasi 15%	U1	121,7233	89,1047	32,6186	50	65,2372	65,19	0,04
	U2	121,7013	89,1047	32,5966	50	65,1932		
	U3	121,6816	89,1047	32,5769	50	65,1538		

Lampiran 6. Data Hasil Analisis Sineresis

Jenis Modifikasi		Berat Tabung (g)	Berat Sampel (g)	Berat Tabung+Berat Sampel (g)	Berat Sampel Setelah Disimpan 7 Hari (g)	Sineresis (%)	Rata-rata (%)	Standar deviasi
Kontrol	U1	6,9581	2,0103	8,9684	16,8363	7,8679	7,83	0,08
	U2	6,9475	2,0103	8,9578	16,8332	7,8754		
	U3	6,9735	2,0103	8,9838	16,7174	7,7336		
Crosslink 1%	U1	6,9512	2,0134	8,9646	16,8783	7,9137	7,79	0,11
	U2	6,9378	2,0134	8,9512	16,6943	7,7431		
	U3	6,9367	2,0134	8,9501	16,6657	7,7156		
Crosslink 2%	U1	6,9728	2,0025	8,9753	16,6804	7,7051	7,77	0,06
	U2	6,967	2,0025	8,9695	16,786	7,8165		
	U3	6,9562	2,0025	8,9587	16,7335	7,7748		
Crosslink 3%	U1	6,9604	2,0114	8,9718	16,7015	7,7297	7,76	0,03
	U2	6,94	2,0114	8,9514	16,7338	7,7824		
	U3	6,9508	2,0114	8,9622	16,7282	7,766		
Asetilasi 5%	U1	6,9689	2,0159	8,9848	16,6952	7,7104	7,8	0,13
	U2	6,975	2,0159	8,9909	16,8841	7,8932		
	U3	6,9701	2,0159	8,986	16,7887	7,8027		
Asetilasi 10%	U1	6,9838	2,0146	8,9984	16,8517	7,8533	7,79	0,07
	U2	6,9543	2,0146	8,9689	16,6911	7,7222		
	U3	6,9466	2,0146	8,9612	16,7532	7,792		
Asetilasi 15%	U1	6,9884	2,0138	9,0022	16,8413	7,8391	7,76	0,07
	U2	6,9907	2,0138	9,0045	16,7096	7,7051		
	U3	6,9476	2,0138	8,9614	16,694	7,7326		

Lampiran 7. Data Hasil Analisis Volume Pengembangan

Jenis Modifikasi		Berat Tepung (g)	Berat Gelatinisasi (g)	Berat Adonan Panggang (g)	Berat Dilapisi Lilin (g)	Vol. Dichelup Air (mL)	Vol. kembang (mL/g)	Rata-rata (mL/g)	Standar deviasi
Kontrol	U1	12,0376	8,9166	6,6297	6,8587	15	2,2625	2,27	0,08
	U2		9,3988	7,0526	7,5268	16	2,2687		
	U3		8,4221	6,2546	6,4648	15	2,3982		
Crosslink 1%	U1	12,0263	8,2873	6,0245	6,4798	14	2,3238	2,37	0,05
	U2		8,1424	5,7798	6,3682	14	2,4222		
	U3		8,7881	6,3561	6,9295	15	2,3599		
Crosslink 2%	U1	12,1226	8,6136	5,6373	5,7546	14	2,4835	2,41	0,07
	U2		8,0132	5,8308	5,7795	14	2,4010		
	U3		8,4075	5,9527	6,5789	14	2,3519		
Crosslink	U1	12,0358	8,0077	5,7155	6,06	14	2,4495	2,43	0,07
	U2		8,2424	5,9298	6,4274	14	2,3610		

3%	U3		8,3757	6,0228	6,5026	15	2,4905		
Asetilasi 5%	U1	12,0286	8,0584	5,9842	6,3958	14	2,3395	2,29	0,03
	U2		8,8154	6,76	7,0831	15	2,2189		
	U3		8,1712	6,083	6,5366	14	2,3015		
Asetilasi 10%	U1	12,0176	8,1886	5,9105	6,5177	14	2,3687	2,34	0,03
	U2		8,2058	5,9944	6,5508	14	2,3355		
	U3		8,0782	6,0435	6,5792	14	2,3165		
Asetilasi 15%	U1	12,0329	8,0531	5,8497	6,4118	14	2,3933	2,36	0,05
	U2		8,3823	6,0835	6,6611	14	2,3013		
	U3		8,0373	5,8885	6,5762	14	2,3775		

Lampiran 8. Data Hasil Analisis Warna

Modifikasi	Ulangan	Warna			Rata-rata			Standar Deviasi		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	U1	54,68	4,15	0,18	54,73	4,18	0,19	0,05	0,03	0,01
	U2	54,72	4,2	0,19						
	U3	54,78	4,18	0,2						
Crosslink 1%	U1	51,89	3,36	0,48	51,87	3,36	0,47	0,02	0,01	0,01
	U2	51,85	3,36	0,46						
	U3	51,86	3,37	0,48						
Crosslink 2%	U1	45,94	3,25	0,98	45,95	3,26	0,99	0,03	0,02	0,01
	U2	45,93	3,28	0,99						
	U3	45,98	3,25	0,99						
Crosslink 3%	U1	42,12	3,05	1,14	42,06	3,04	1,15	0,05	0,01	0,01
	U2	42,04	3,04	1,16						
	U3	42,02	3,03	1,15						
Asetilasi 5%	U1	44,06	2,24	0,28	44,05	2,22	0,27	0,02	0,02	0,01
	U2	44,05	2,21	0,26						
	U3	44,03	2,22	0,28						
Asetilasi 10%	U1	42,48	2,13	0,51	42,37	2,13	0,51	0,09	0,03	0,01
	U2	42,32	2,16	0,52						
	U3	42,32	2,11	0,51						
Asetilasi 15%	U1	42,09	2,11	0,77	42,07	2,12	0,78	0,03	0,02	0,01
	U2	42,08	2,14	0,79						
	U3	42,04	2,12	0,79						

Lampiran 9. Data Hasil Analisis Viskositas

Modifikasi	Ulangan	Berat sampel (g)	Viskositas (cP)	Rata-rata (cP)	Percent (%)	Standar deviasi
Kontrol	U1	4,0208	283	283	56,6	0
	U2	4,0208	283		56,6	
	U3	4,0208	283		56,6	
Crosslink 1%	U1	4,0262	237	238,5	47,4	1,32
	U2	4,0262	239,5		47,9	
	U3	4,0262	239		47,8	
Crosslink 2%	U1	4,0269	233	233,3	46,6	1,04
	U2	4,0269	234,5		46,9	
	U3	4,0269	232,5		46,5	
Crosslink 3%	U1	4,0333	223	221,3	44,6	1,53
	U2	4,0333	220		44	
	U3	4,0333	221		44,2	
Asetilasi 5%	U1	4,0128	208	207	41,6	1
	U2	4,0128	207		41,4	
	U3	4,0128	206		41,2	
Asetilasi 10%	U1	4,0071	201	199,7	40,2	1,53
	U2	4,0071	200		40	
	U3	4,0071	198		39,6	
Asetilasi 15%	U1	4,022	172	172,3	34,4	1,04
	U2	4,022	173,5		34,7	
	U3	4,022	171,5		34,3	

Lampiran 10. Hasil SPSS Analisis Rendemen

Descriptives

Rendemen	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	1.0000E2	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Crosslink 1%	3	72.6667	.57735	.33333	71.2324	74.1009	72.00	73.00
Crosslink 2%	3	73.6667	.57735	.33333	72.2324	75.1009	73.00	74.00
Crosslink 3%	3	74.6667	.57735	.33333	73.2324	76.1009	74.00	75.00
Asetilasi 5%	3	75.6667	.57735	.33333	74.2324	77.1009	75.00	76.00
Asetilasi 10%	3	76.6667	.57735	.33333	75.2324	78.1009	76.00	77.00
Asetilasi 15%	3	77.6667	.57735	.33333	76.2324	79.1009	77.00	78.00
Total	21	78.7143	9.06169	1.97742	74.5895	82.8391	72.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

Rendemen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.667	6	14	.061

ANOVA

Rendemen	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1638.286	6	273.048	955.667	.000
Within Groups	4.000	14	.286		
Total	1642.286	20			

Rendemen

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Crosslink 1%	3	72.6667						
Crosslink 2%	3		73.6667					
Crosslink 3%	3			74.6667				
Asetilasi 5%	3				75.667			
Asetilasi 10%	3					76.6667		
Asetilasi 15%	3						77.6667	
Kontrrol	3							1.0000E2
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 11. Hasil SPSS Analisis Kadar Air

Descriptives

Kadar Air	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	5.5700	.10583	.06110	5.3071	5.8329	5.49	5.69
Croslink 1%	3	7.3600	.09644	.05568	7.1204	7.5996	7.25	7.43
Croslink 2%	3	8.2333	.09292	.05364	8.0025	8.4641	8.17	8.34
Croslink 3%	3	9.1200	.03606	.02082	9.0304	9.2096	9.09	9.16
Asetilasi 5%	3	5.9467	.03055	.01764	5.8708	6.0226	5.92	5.98
Asetilasi 10%	3	6.1400	.07000	.04041	5.9661	6.3139	6.06	6.19
Asetilasi 15%	3	6.3900	.13892	.08021	6.0449	6.7351	6.30	6.55
Total	21	6.9657	1.25140	.27308	6.3961	7.5353	5.49	9.16

Test of Homogeneity of Variances

Kadar Air

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.652	6	14	.062

ANOVA

Kadar Air	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31.209	6	5.201	655.258	.000
Within Groups	.111	14	.008		
Total	31.320	20			

Kadar Air

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	3	5.5700						
Asetilasi 5%	3		5.9467					
Asetilasi 10%	3			6.1400				
Asetilasi 15%	3				6.3900			
Croslink 1%	3					7.3600		
Croslink 2%	3						8.2333	
Croslink 3%	3							9.1200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Lampiran 12. Hasil SPSS Analisis Swelling Power

Descriptives

Swelling Power	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	5.3500	.23065	.13317	4.7770	5.9230	5.11	5.57
Croslink 1%	3	5.8333	.16258	.09387	5.4295	6.2372	5.65	5.96
Croslink 2%	3	5.9767	.01528	.00882	5.9387	6.0146	5.96	5.99
Croslink 3%	3	6.1933	.08386	.04842	5.9850	6.4017	6.14	6.29
Asetilasi 5%	3	6.3067	.08327	.04807	6.0998	6.5135	6.24	6.40
Asetilasi 10%	3	6.4067	.13204	.07623	6.0787	6.7347	6.29	6.55
Asetilasi 15%	3	6.5333	.09609	.05548	6.2946	6.7720	6.43	6.62
Total	21	6.0857	.39893	.08705	5.9041	6.2673	5.11	6.62

Test of Homogeneity of Variances

Swelling Power

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.808	6	14	.169

ANOVA

Swelling Power	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.942	6	.490	28.483	.000
Within Groups	.241	14	.017		
Total	3.183	20			

Swelling Power

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Kontrol	3	5.3500				
Croslink 1%	3		5.8333			
Croslink 2%	3		5.9767	5.9767		
Croslink 3%	3			6.1933	6.1933	
Asetilasi 5%	3				6.3067	6.3067
Asetilasi 10%	3				6.4067	6.4067
Asetilasi 15%	3					6.5333
Sig.		1.000	.202	.063	.079	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 13. Hasil SPSS Analisis Kelarutan

Descriptives

Kelarutan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	11.3033	.22591	.13043	10.7422	11.8645	11.09	11.54
Crosslink 1%	3	11.4833	.25384	.14655	10.8528	12.1139	11.20	11.69
Croslink 2%	3	11.7367	.14468	.08353	11.3773	12.0961	11.57	11.83
Crosslink 3%	3	12.3167	.06807	.03930	12.1476	12.4858	12.24	12.37
Asetilasi 5%	3	12.4467	.05686	.03283	12.3054	12.5879	12.40	12.51
Asetilasi 10%	3	12.6800	.16462	.09504	12.2711	13.0889	12.58	12.87
Asetilasi 15%	3	12.8633	.08737	.05044	12.6463	13.0804	12.79	12.96
Total	21	12.1186	.59373	.12956	11.8483	12.3888	11.09	12.96

Test of Homogeneity of Variances

Kelarutan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.011	6	14	.132

ANOVA

Kelarutan	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.692	6	1.115	43.618	.000
Within Groups	.358	14	.026		
Total	7.050	20			

Kelarutan

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Kontrol	3	11.3033				
Crossslink 1%	3	11.4833	11.4833			
Croslink 2%	3		11.7367			
Crosslink 3%	3			12.3167		
Asetilasi 5%	3			12.4467	12.4467	
Asetilasi 10%	3				12.6800	12.6800
Asetilasi 15%	3					12.8633
Sig.		.190	.073	.336	.096	.182

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 14. Hasil SPSS Analisis *Bulk Density*

Descriptives

<i>Bulk Density</i>	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	62.5633	.01155	.00667	62.5346	62.5920	62.55	62.57
Crosslink 1%	3	65.6367	.06658	.03844	65.4713	65.8021	65.56	65.68
Croslink 2%	3	66.9600	.06000	.03464	66.8110	67.1090	66.90	67.02
Crosslink 3%	3	67.7167	.05508	.03180	67.5799	67.8535	67.66	67.77
Asetilasi 5%	3	63.5933	.03512	.02028	63.5061	63.6806	63.56	63.63
Asetilasi 10%	3	64.5833	.01528	.00882	64.5454	64.6213	64.57	64.60
Asetilasi 15%	3	65.1933	.04509	.02603	65.0813	65.3053	65.15	65.24
Total	21	65.1781	1.71211	.37361	64.3988	65.9574	62.55	67.77

Test of Homogeneity of Variances

Bulk Density

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.401	6	14	.281

ANOVA

<i>Bulk Density</i>	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	58.597	6	9.766	4.651E3	.000
Within Groups	.029	14	.002		
Total	58.626	20			

Bulk Density

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	3	62.5633						
Asetilasi 5%	2		63.5750					
Asetilasi 10%	3			64.2667				
Asetilasi 15%	3				65.0033			
Crosslink 1%	3					65.6367		
Crosslink 2%	3						66.9600	
Crosslink 3%	3							67.7167
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 15. Hasil SPSS Analisis Sineresis

Descriptives

Sineresis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	7.8267	.08386	.04842	7.6183	8.0350	7.73	7.88
Crosslink 1%	3	7.7900	.10440	.06028	7.5306	8.0494	7.72	7.91
Crosslink 2%	3	7.7667	.05508	.03180	7.6299	7.9035	7.71	7.82
Crosslink 3%	3	7.7600	.02646	.01528	7.6943	7.8257	7.73	7.78
Asetilasi 5%	3	7.8000	.09000	.05196	7.5764	8.0236	7.71	7.89
Asetilasi 10%	3	7.7867	.06506	.03756	7.6250	7.9483	7.72	7.85
Asetilasi 15%	3	7.7600	.07000	.04041	7.5861	7.9339	7.71	7.84
Total	21	7.7843	.06653	.01452	7.7540	7.8146	7.71	7.91

Test of Homogeneity of Variances

Sineresis

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.039	6	14	.441

ANOVA

Sineresis	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.011	6	.002	.321	.915
Within Groups	.078	14	.006		
Total	.089	20			

Sineresis

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Crosslink 3%	3	7.7600	
Asetilasi 15%	3	7.7600	
Crosslink 2%	3	7.7667	
Asetilasi 10%	3	7.7867	
Crosslink 1%	3	7.7900	
Asetilasi 5%	3	7.8000	
Kontrol	3	7.8267	
Sig.			.343

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 16. Hasil SPSS Analisis Volume Pengembangan

Descriptives

Volume Pengembangan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	2.2733	.01528	.00882	2.2354	2.3113	2.26	2.29
Crosslink 1%	3	2.3667	.05033	.02906	2.2416	2.4917	2.32	2.42
Crosslink 2%	3	2.4100	.06557	.03786	2.2471	2.5729	2.35	2.48
Crosslink 3%	3	2.4333	.06658	.03844	2.2679	2.5987	2.36	2.49
Asetilasi 5%	3	2.2867	.06110	.03528	2.1349	2.4384	2.22	2.34
Asetilasi 10%	3	2.3433	.02517	.01453	2.2808	2.4058	2.32	2.37
Asetilasi 15%	3	2.3567	.04933	.02848	2.2341	2.4792	2.30	2.39
Total	21	2.3529	.07030	.01534	2.3209	2.3849	2.22	2.49

Test of Homogeneity of Variances

Volume Pengembangan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.194	6	14	.365

ANOVA

Volume Pengembangan	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.062	6	.010	3.967	.016
Within Groups	.037	14	.003		
Total	.099	20			

Volume Pengembangan

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Kontrol	3	2.2733	
Asetilasi 5%	3	2.2867	
Asetilasi 10%	3	2.3433	2.3433
Asetilasi 15%	3	2.3567	2.3567
Crosslink 1%	3	2.3667	2.3667
Crosslink 2%	3		2.4100
Crosslink 3%	3		2.4333
Sig.		.061	.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 17. Hasil SPSS Analisis Warna (L*, a*, dan b*)

Descriptives

Nilai L*	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	54.7267	.05033	.02906	54.6016	54.8517	54.68	54.78
Crosslink 1%	3	51.8667	.02082	.01202	51.8150	51.9184	51.85	51.89
Crosslink 2%	3	45.9500	.02646	.01528	45.8843	46.0157	45.93	45.98
Crosslink 3%	3	42.0600	.05292	.03055	41.9286	42.1914	42.02	42.12
Asetilasi 5%	3	44.0467	.01528	.00882	44.0087	44.0846	44.03	44.06
Asetilasi 10%	3	42.3733	.09238	.05333	42.1439	42.6028	42.32	42.48
Asetilasi 15%	3	42.0700	.02646	.01528	42.0043	42.1357	42.04	42.09
Total	21	46.1562	4.87368	1.06352	43.9377	48.3747	42.02	54.78

Test of Homogeneity of Variances

Nilai L*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.927	6	14	.016

ANOVA

Nilai L*	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	475.023	6	79.170	3.478E4	.000
Within Groups	.032	14	.002		
Total	475.055	20			

Nilai L*

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Crosslink 3%	3	42.0600					
Asetilasi 15%	3	42.0700					
Asetilasi 10%	3		42.3733				
Asetilasi 5%	3			44.0467			
Crosslink 2%	3				45.9500		
Crosslink 1%	3					51.8667	
Kontrol	3						54.7267
Sig.		.801	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Descriptives

Nilai a*	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	4.1767	.02517	.01453	4.1142	4.2392	4.15	4.20
Crosslink 1%	3	3.3633	.00577	.00333	3.3490	3.3777	3.36	3.37
Crosslink 2%	3	3.2600	.01732	.01000	3.2170	3.3030	3.25	3.28
Crosslink 3%	3	3.0400	.01000	.00577	3.0152	3.0648	3.03	3.05
Asetilasi 5%	3	2.2233	.01528	.00882	2.1854	2.2613	2.21	2.24
Asetilasi 10%	3	2.1333	.02517	.01453	2.0708	2.1958	2.11	2.16
Asetilasi 15%	3	2.1233	.01528	.00882	2.0854	2.1613	2.11	2.14
Total	21	2.9029	.73932	.16133	2.5663	3.2394	2.11	4.20

Test of Homogeneity of Variances

Nilai a*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.120	6	14	.400

ANOVA

Nilai a*	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.928	6	1.821	5.884E3	.000
Within Groups	.004	14	.000		
Total	10.932	20			

Nilai a*

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Asetilasi 15%	3	2.1233					
Asetilasi 10%	3	2.1333					
Asetilasi 5%	3		2.2233				
Crosslink 3%	3			3.0400			
Crosslink 2%	3				3.2600		
Crosslink 1%	3					3.3633	
Kontrol	3						4.1767
Sig.		.498	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Descriptives

Nilai b*	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	.1900	.01000	.00577	.1652	.2148	.18	.20
Crosslink 1%	3	.4733	.01155	.00667	.4446	.5020	.46	.48
Crosslink 2%	3	.9867	.00577	.00333	.9723	1.0010	.98	.99
Crosslink 3%	3	1.1500	.01000	.00577	1.1252	1.1748	1.14	1.16
Asetilasi 5%	3	.2733	.01155	.00667	.2446	.3020	.26	.28
Asetilasi 10%	3	.5133	.00577	.00333	.4990	.5277	.51	.52
Asetilasi 15%	3	.7833	.01155	.00667	.7546	.8120	.77	.79
Total	21	.6243	.34212	.07466	.4686	.7800	.18	1.16

Test of Homogeneity of Variances

Nilai b*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.708	6	14	.649

ANOVA

Nilai b*	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.340	6	.390	4.094E3	.000
Within Groups	.001	14	.000		
Total	2.341	20			

Nilai b*

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	3	.1900						
Asetilasi 5%	3		.2733					
Crosslink 1%	3			.4733				
Asetilasi 10%	3				.5133			
Asetilasi 15%	3					.7833		
Crosslink 2%	3						.9867	
Crosslink 3%	3							1.1500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 18. Hasil SPSS Analisis Viskositas

Descriptives

Viskositas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Kontrol	3	2.8300E2	.00000	.00000	283.0000	283.0000	283.00	283.00
Crosslink 1%	3	2.3850E2	1.32288	.76376	235.2138	241.7862	237.00	239.50
Crosslink 2%	3	2.3333E2	1.04083	.60093	230.7478	235.9189	232.50	234.50
Crosslink 3%	3	2.2133E2	1.52753	.88192	217.5388	225.1279	220.00	223.00
Asetilasi 5%	3	2.0700E2	1.00000	.57735	204.5159	209.4841	206.00	208.00
Asetilasi 10%	3	1.9967E2	1.52753	.88192	195.8721	203.4612	198.00	201.00
Asetilasi 15%	3	1.7233E2	1.04083	.60093	169.7478	174.9189	171.50	173.50
Total	21	2.2217E2	33.13357	7.23034	207.0844	237.2489	171.50	283.00

Test of Homogeneity of Variances

Viskositas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.639	6	14	.209

ANOVA

Viskositas	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21937.500	6	3656.250	2.671E3	.000
Within Groups	19.167	14	1.369		
Total	21956.667	20			

Viskositas

Duncan

Modifikasi	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
Asetilasi 15%	3	1.7233E2						
Asetilasi 10%	3		1.9967E2					
Asetilasi 5%	3			2.0700E2				
Crosslink 3%	3				2.2133E2			
Crosslink 2%	3					2.3333E2		
Crosslink 1%	3						2.3850E2	
Kontrol	3							2.8300E2
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 19. Jadwal Bimbingan Skripsi




UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus: Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang - Indonesia 50125

Telp. (024) 8316377, Faks. (024)8448217, Email: ungrisma@gmail.com, Homepage: www.upgrisng.co.id

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	<p>Senin 29 Maret 2021</p>	<p>- Penentuan konsentrasi Aspek Laminasi as. & setat - Cobakan by pa tpa - Cross linking Cari konsentrasi STPP plus tepa</p>	



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus Jalan Sukoharjo Timur Nomor 141D, Cipta Semarang Indonesia 50122

Telp. (024) 8316377. Faks. (024) 8448217. Email ugri@ugri.ac.id Homepage www.ugri.ac.id

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	Rabu 7 April 2021	- Penentuan asam asetat	
		- Penentuan konsentrasi FTP pd Cross linking	
	Senin 26 April 2021	- Ase Perlakuan Metilasi Cross linking.	



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus Jalan Sekolah Timur Nomor 24 Dc Cipta Semarang Indonesia 50135
Telp. (021) 8316377 Fax (021) 8448117 Email upgrisem@gmail.com Homepage www.upgrisem.ac.id

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	Senin 20 Sept 2021	<ul style="list-style-type: none">- Perencanaan 2 As Asetas thd fsp atau apa ya?- Segera uji yg sudah jadi- Jika menemukan masalah segera maker, harus di rasno yg ditetapkan	



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus Jalan Sukeloh Tirtu Nomor 24 Dc Cipta, Semarang Indonesia 50125


Telp (024) 8316377 Faks (024) 8448217 Email ugpri@ugpri.ac.id Homepage: www.ugpri.ac.id

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	Senin	Pengantar ? Asitilasi	
	11 Oct 2021	TR + CH_3COOH (v/w) - 5g - 10g - 15g Catatan hati-hati ambil ml CH_3COOH di pipet	



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA


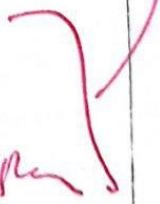
Kampus Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang - Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, Email: upgrismg@gmail.com Homepage: www.upgrisng.co.id

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	Sen	KA	
	15	Cerita	
	Nov	Asisten	
	2011	P2	













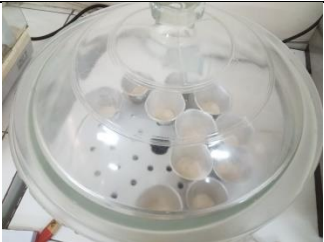
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA







Kampus Jalan Sidoladi Timur Nomor 24 Dri Cipto, Semarang Indonesia 50125
Telp (024) 8316377. Faks. (024)8448217. Email unpsrsmg@gmail.com Homepage: www.unpsrsmg.ac.id

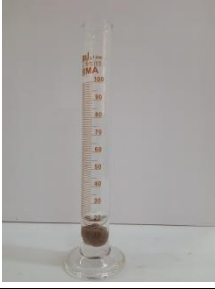



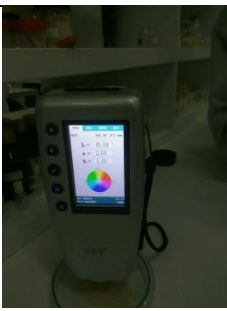

No.	Hari, tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	Senin 10 Januari 2022	<ul style="list-style-type: none">- pendahuluan- KA- Swelling- kelirutan- Kuru- BD	 Uji Anova
		<ul style="list-style-type: none">- Waru- Vishnu- Suren- B@lence	
		<u>Segera</u>	

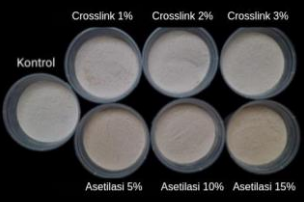
Lampiran 20. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

No	Keterangan	Dokumentasi
1.	Penimbangan umbi suweg utuh	
2.	Penimbangan umbi suweg yang telah dikupas dan dipotong	
3.	Penimbangan umbi suweg yang dipotong (slice) ukuran ± 2 cm	
4.	Pengeringan slice umbi suweg dalam <i>cabinet dryer</i> selama 24 jam	
5.	Pengayakan tepung umbi suweg dengan ayakan 60 mesh	
6.	Penimbangan tepung suweg 100 gram untuk modifikasi asetilasi dan <i>crosslinking</i>	

7.	Proses modifikasi tepung suweg aetilasi	
8.	Proses modifikasi tepung suweg secara <i>crosslinking</i>	
9.	Pengeringan tepung hasil modifikasi dalam <i>cabinet dryer</i> selama 4 jam	
10.	Pemasukan sampel dalam oven suhu 105°C selama 4 jam untuk analisis kadar air	
11.	Pemasukan sampel dalam desikator selama 10 menit	

12.	Penimbangan cawan petri untuk analisis kelarutan	
13.	Pemasukan cawan petri dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam	
14.	Hasil analisis kelarutan	
15.	Proses gelatinisasi tepung suweg untuk analisis volume pengembangan	
16.	Pemasukan dalam oven bakery selama 25 menit pada suhu 180°C	
17.	Pelapisan lilin pada sampel	

18.	Pemasukan sampel dalam gelas ukur untuk mengetahui volume pengembangannya	
19.	Penyimpanan sampel pada <i>refrigerator</i> pada suhu 4°C selama 7 hari untuk analisis sineresis	
20.	Pendinginan sampel pada suhu ruang	
21.	Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 3200 rpm selama 10 menit.	
22.	Uji warna tepung suweg dengan alat <i>colorimeter</i>	
23.	Uji viskositas tepung suweg dengan alat <i>viscometer</i> NDJ-8S	

24.	Hasil modifikasi tepung suweg dengan asetilasi dan <i>crosslinking</i>	
-----	--	--