

Modifikasi Pati Dengan Metode Cross – Linking Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Dari Ubi Uwi (*Dioscorea alata*)

Modification Of Starch Using Cross-Linking Method On The Physical And Chemical Properties Of Yam (*Dioscorea alata*)

Widia Lesmana Ritonga¹⁾, Budi Suarti^{1)*}

¹⁾Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan

*Penulis Korespondensi: budisuarti@umsu.ac.id

Received November 2024, Accepted December 2024, Published December 2024

ABSTRAK

Pati alami dari tanaman uwi (*Dioscorea alata*) digunakan secara luas sebagai pengental, bahan pembentuk film, dan bahan makanan dalam industri makanan. Pati alami yang berasal dari berbagai tanaman sering kali memiliki karakteristik tertentu yang membatasi penggunaannya dalam beberapa jenis kuliner. Memodifikasi pati merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas fisik dan kimianya, di antara pendekatan lainnya. Penambahan STPP merupakan prosedur perubahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini. Sodium tripolyphosphate, atau STPP, merupakan bahan pengawet dan penambah tekstur yang sering digunakan dalam makanan. Dengan meningkatkan suhu gelatinisasi, memperkuat ikatan kimia, menghindari retrogradasi, dan membuat pati tahan terhadap pH rendah dan operasi pengadukan, penggantian ini bertujuan untuk meningkatkan keawetan pati. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAL) Faktorial dua kali ulangan. Pertimbangan STPP, disingkat S, merupakan komponen pertama. Ada empat kemungkinan nilai untuk S: 0%, 2%, 4%, dan 6%. Kedua, ada empat derajat waktu pengadukan, yang direpresentasikan sebagai (P): 35 menit, 45 menit, 55 menit, dan 65 menit. Protein, cairan beku, warna (L, a, b*), dan kemampuan penyerapan air termasuk di antara metrik yang dicatat. Nilai protein dan warna (L*, a*, b*) ditemukan meningkat dengan penambahan natrium tripolyphosphate di semua perlakuan, tetapi kapasitas penyerapan air dan stabilitas cairan beku ditemukan menurun. Sementara metrik warna (a*, b*) meningkat di semua perlakuan, protein, kapasitas penyerapan air, stabilitas cairan beku, dan warna (L*) semuanya menurun sebagai akibat dari waktu pengadukan. Temuan menunjukkan bahwa setiap perlakuan dipengaruhi oleh persentase natrium tripolyphosphate dan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengaduk. Perlakuan S1, yang mencakup 2% STPP, dan perlakuan P2, yang memiliki 45 menit pengadukan, menghasilkan hasil terbaik. Studi ini menyarankan agar lebih banyak STPP disertakan dalam studi mendatang untuk melihat apakah hasil yang lebih baik mungkin terjadi.

Kata kunci: ubi uwi; pati; modifikasi; *sodium tripolyphosphate*; lama pengadukan.

ABSTRACT

*Natural starch from the uwi (*Dioscorea alata*) plant is used extensively as a thickening, film-forming agent, and food ingredient in the food industry. Natural starch derived from a variety of plants often has certain characteristics that limit its use in certain culinary items. Modifying starch is one way to enhance its physical and chemical qualities, among other approaches. Adding STPP was the chemical alteration procedure used in this investigation. Sodium tripolyphosphate, or STPP, is a preservative and texture enhancer that is often used in food. By raising the gelatinization temperature, strengthening chemical bonds, avoiding retrogradation, and making the starch resistant to low pH and stirring operations, this replacement aims to increase the starch's durability. The study was placed at Muhammadiyah University of North Sumatra's Faculty of Agriculture's Agricultural Product Technology Laboratory. The research was conducted using a two-replicate Factorial Randomized Complete Block Design (RCBD). Consideration of STPP, abbreviated as S, is the first component. There are four possible values for S: 0%, 2%, 4%, and 6%. Second, there are four degrees of stirring time, represented as (P): 35 minutes, 45 minutes, 55 minutes, and 65 minutes. Protein, frozen liquid, color (L, a, b*), and water absorption capability were among the metrics that were*

noted. Protein and color values (L^* , a^* , b^*) were found to increase with the addition of sodium tripolyphosphate in all treatments, but water absorption capacity and frozen liquid stability were found to decrease. While color metrics (a^* , b^*) rose across all treatments, protein, water absorption capacity, frozen liquid stability, and color (L^*) all decreased as a result of stirring time. The findings show that each treatment was affected by the percentage of sodium tripolyphosphate and the amount of time it took to stir. The S1 treatment, which included 2% STPP, and the P2 treatment, which had 45 minutes of stirring, yielded the best outcomes. This study suggests that more STPPs be included in future studies to see whether better outcomes are possible.

Keywords: yam; starch; modification; sodium tripolyphosphate; stirring time.

PENDAHULUAN

Salah satu tanaman pangan asli yang berpotensi menjadi sumber pangan fungsional adalah uwi, yang secara ilmiah dikenal sebagai *dioscorea alata*. Ubi uwi adalah jenis ubi-ubian yang memiliki kandungan pati 4,56 % perkilonya. Ubi uwi (*Dioscorea alata*) merupakan salah satu sumber pati alami yang penting, banyak digunakan dalam industri makanan sebagai bahan tambahan makanan, pengental dan pembuat film (Winarti *et al.*, 2019).

Pati adalah jenis karbohidrat yang tidak berwarna, tidak berasa, tidak larut dalam air, dan tidak berbau. Tumbuhan memproduksi pati melalui fotosintesis, yaitu proses penggabungan molekul glukosa dengan ikatan α -glikosidik (Suarti *et al.*, 2023). Dalam jangka panjang, pati berperan sebagai cadangan makanan bagi tumbuhan. Banyak fungsi pati dalam bahan pangan, antara lain sebagai pengikat, pengental, pembentukan gel, pengemulsi, pembungkus, pembentukan lapisan tipis, pembentukan tekstur, penstabil, dan masih banyak lagi (Amrinola, 2017).

Pati alami yang berasal dari berbagai tanaman sering kali memiliki karakteristik yang membatasi penggunaannya dalam berbagai jenis makanan, menurut Audiensi (2019) dan Rahim *et al.*, (2019). Modifikasi pati merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas fisik dan kimianya dibandingkan dengan pati alami. Modifikasi pati mengacu pada proses mengubah kualitas atau mengubah fitur tertentu dari komponen makanan dengan perlakuan tertentu (Nusa dan Budi, 2012). Ada sejumlah kelemahan signifikan dalam penggunaan pati alami dalam pengolahan. Misalnya, pati dapat mengalami retrogradasi saat terkena suhu tinggi, asam, atau agitasi. Retrogradasi, tampilan yang buruk, dan sineresis merupakan gejala bahwa produk ini mungkin menjadi tidak stabil saat disimpan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menguji sifat-sifat pati termodifikasi ikatan silang sebagai fungsi dari durasi pengadukan dan % penambahan STPP (Retnaningtyas *et al.*, 2017).

Modifikasi ikatan silang, atau dalam konteks kimia, sering disebut modifikasi silang (*cross-linking*), adalah proses yang digunakan untuk menghubungkan rantai polimer satu sama lain melalui ikatan kimia. Tujuan dari teknik ikatan silang ini adalah untuk

memodifikasi pati sehingga membentuk massa gel yang lebih baik dengan meningkatkan kualitas pati alami (Maharani, 2017). Ketahanan material terhadap suhu dan tekanan tinggi dapat ditingkatkan dengan perubahan ini, yang juga meningkatkan stabilitas termal dan mekanisnya (Pomeranz, 2018).

Sodium tripolyphosphate (STPP) adalah Garam pengemulsi merupakan salah satu bahan tambahan pangan. Menurut Nursanty dan Sugiarti (2018), STPP dinilai aman dikonsumsi hingga batas tertentu karena telah mendapat izin edar sebagai reagen dalam ikatan silang dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). STPP lebih murah, mudah diperoleh, dan tergolong bahan tambahan pangan (Hasibuan, 2021). Berdasarkan penelitian terdahulu (Purnavita dan Rastono, 2021), pati aren berpengaruh nyata terhadap persentase rasio perlakuan (STMP/STPP) dan lamanya pengaruh terhadap sifat pati aren termodifikasi.

Lama pengadukan merupakan langkah penting dalam berbagai proses pengolahan pangan yang melibatkan pati. Lama waktu pengadukan ini memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik pati yang dihasilkan. Pengadukan yang cukup lama memungkinkan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul pati secara maksimal, sehingga terjadi proses hidrasi yang lengkap. Hidrasi ini penting untuk pembentukan gel pati yang baik (Rahim *et al.*, 2021).

Berdasarkan latar belakang peneliti berkeinginan untuk meneliti tentang "Karakteristik Pati Ubi Uwi (*Dioscorea alata*) Termodifikasi Ikatan Silang Dengan Penambahan STPP ". Teknologi pangan berbasis pati yang lebih baru dan ramah lingkungan diharapkan menjadi hasil dari penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 32 kilogram ubi, 50 gram pati ubi, natrium tripolyphosphate (STPP) pada konsentrasi 0, 2, 4, dan 6%, 5 persen NaOH, 5 persen HCl, 75 mililiter air murni, dan biuret.

Dan Alat yang dipergunakan dalam penelitian diantaranya adalah oven, baskom, telenan, pisau, blender, kain saring, kertas saring, alumunium foil, mesh, plastic clip, mortal, beaker glass, labu erlenmeyer, stirrer magnet, pH, gelas ukur, beaker

glas, pipet tetes, batang pengaduk, spektrofotometer, sentrifugasi dan colorimetri.

Pembuatan Pati ubi uwi

Setelah dicuci dan dikupas, haluskan hingga halus. Gunakan saringan untuk membuang kelebihan air. Setelah disaring, airnya disisihkan untuk diendapkan. Setelah 6 jam dalam oven yang diatur pada suhu 50°C, endapan pati dibuang. Setelah dihaluskan, pati disaring melalui saringan 80 mesh. Simpan hasil pati dalam wadah kedap.

Modifikasi Pati ubi uwi ikatan silang

Sodium tripolyphosphate (STPP) dilarutkan dalam aquades 57 ml masing-masing 0%, 2% , 4%, 6%. Natrium tripolifosfat (STPP) ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung 50 g pati ubi jalar. pH campuran dinaikkan menjadi 10 dengan menambahkan 5% NaOH. Setelah itu, larutan dibiarkan pada suhu kamar dan diaduk selama jumlah waktu yang ditentukan (35, 45, 55, atau 65 menit) sesuai dengan perlakuan. pH kemudian disesuaikan menjadi 6,5 dengan menambahkan 5% HCl. Ditambah lagi, larutan tersebut melalui proses sentrifugasi selama 15 menit pada kecepatan 2000 rpm. Pati kemudian dipanggang pada suhu 50 °C selama 6 jam setelah dibilas dua kali dengan 100 cc air suling untuk menaikkan pH-nya menjadi 7. Langkah selanjutnya adalah mencampur pati dan menyaringnya melalui saringan 80 grit. Yang tersisa setelah melewati saringan disebut pati ubi jalar termodifikasi.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang merupakan bagian dari Fakultas Pertanian. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan bulan Agustus.

Populasi dan Sampel

Komponen satu, persentase Natrium Tripolifosfat (S) (S0=0%, S2=4%, S1=2%, S3=6%) merupakan salah satu dari dua komponen yang diteliti dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial penelitian. Komponen kedua, waktu pengadukan (P), divariasikan dari 35 menit untuk P1, 55 menit untuk P3, 45 menit untuk P2, dan 65 menit untuk P4. Setiap perlakuan dilakukan dua kali untuk meningkatkan hasil dan mengidentifikasi variasi antara dua parameter yang paling penting.

Jenis dan Metode Pengumpulan Data Protein

Dua tablet katalis dan beberapa batu didih ditambahkan ke sampel 5 gram yang telah ditimbang dan dihomogenkan di atas kertas timbang, dilipat, dan ditempatkan dalam labu destruksi. Dengan menambahkan perlahan 3 mililiter H₂O₍₂₎ dan 15 mililiter H₂SO₄ murni (95%-97%), campuran ditempatkan dalam ruang asam selama 10 menit. Zat tersebut dipanaskan hingga 410°C selama sekitar 2

jam, atau hingga menjadi transparan. Setelah itu, dibiarkan dingin hingga suhu kamar dan kemudian ditambahkan 50-57 ml air suling. Sebagai wadah untuk distilat, Erlenmeyer memiliki 25 ml larutan H₃BO₃ 4% dengan indikator. Dalam rangkaian peralatan distilasi uap, labu yang menampung hasil destruksi ditempatkan. Gabungkan 50–75 mililiter natrium hidroksida dengan tiosulfat. Setelah proses distilasi selesai, distilat ditampung dalam Erlenmeyer hingga volumenya mencapai minimal 150 ml. Pada titik ini, warna distilat akan berubah dari 24 menjadi kuning. Untuk memperoleh perubahan warna dari hijau menjadi abu-abu netral (abu alami), distilat dititrasi dengan HCl 0,2 N yang telah distandarkan. Sama halnya dengan langkah-langkah pengambilan sampel, dilakukan pula proses pengolahan blanko. Pengujian sampel minimal dilakukan sebanyak dua kali (Ramadhan, 2019).

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(\text{VA}-\text{VB})\text{HCL} \times \text{N HCL} \times 14.007 \times 6,25 \times 100 \%}{\text{W} \times 1000}$$

Keterangan :

VA = ml HCL untuk titrasi contoh
VB = ml HCL untuk titrasi blanko
N = Normalitas larutan HCl standar yang digunakan
14.007 = Berat atom nitrogen
6,25 = Faktor konvensi protein
W = Berat Contoh (g)

Daya Serap Air (*Water Absorption Capacity*)

Dalam tabung sentrifus dengan massa yang diketahui, 0,1 g sampel pati dicampur dengan 5 ml air suling. Setelah itu, suspensi dipusarkan tiga kali, dengan selang waktu sepuluh menit di antara setiap putaran. Setelah itu, campuran diputar dalam sentrifus pada kecepatan 2000 rpm selama setengah jam. Setelah mengeluarkan bagian cairan, tabung dibiarkan kering di udara. Kemampuan pati untuk menyerap air berbanding lurus dengan perbedaan berat dalam tabung. Daya serap air dinyatakan dalam Persentasi air yang diserap oleh 100 gram bahan (Falade dan Christopher, 2019)

$$\% \text{ WAC} = \frac{(c-a)-b}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

% WAC = Water Absorption Capacity
a = Berat Tabung Kosong
b = Berat Sampel
c = Berat Tabung dan Tabung Basah

Stabilitas Beku Cair (*freeze – thaw*)

Untuk memastikan stabilitas beku-cair, suspensi pati dipanaskan hingga 95°C sambil diaduk selama 30 menit, menggunakan 5 gram pati dalam 100 gram air suling. Setelah pasta mendingin hingga suhu kamar, 15 gramnya diukur dan dipindahkan ke tabung sentrifus dengan massa yang diketahui. Periode semalam pada suhu -18°C digunakan untuk membekukan campuran. Selanjutnya, pasta

disentrifugasi (2800 x g: 15 menit) setelah dicairkan dalam penangas air pada suhu 30°C selama 1,5 jam. Cairan dituang dan produk sampingan padat diukur. Berat cairan yang didekantir sebagai proporsi dari berat total sampel asli dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan persentase sineresis. Menurut Deetae *et al.* (2018), siklus penilaian stabilitas beku-cair dapat diulang hingga dua kali.

$$\text{Sineresis \%} = \frac{c - a}{b} \times 100 \%$$

Keterangan :

a = Berat Tabung Kosong

b = Berat Sampel Awal

c = Berat Akhir

Uji warna L*, a*, b*

Colorimeter adalah ilmu yang digunakan untuk mengukur menentukan nilai numerik warna dan membandingkan perbedaan warna spesimen. Banyak bisnis di sektor perdagangan, manufaktur, dan penelitian menggunakan metode ini. Teori penglihatan warna berfungsi sebagai dasar pengukuran warna dalam kolorimetri. Teori ini menyatakan bahwa mata manusia dapat melihat tiga warna utama—merah, hijau, dan biru—dan bahwa semua warna lainnya adalah campuran kompleks dari ketiga warna dasar ini. Kecerahan warna (L) adalah salah satu dari tiga faktor yang digunakan untuk mengukur warna; dua lainnya adalah koordinat merah/hijau (a*) dan koordinat kuning/biru (b*). Cukup letakkan kolorimeter pada sampel, tekan tombol uji yang terletak di bagian belakang perangkat, dan hasilnya akan ditampilkan. Kolorimeter yang menggunakan skema warna Hunter L, a, b digunakan untuk memeriksa warna pati termodifikasi yang diikat silang. Menurut Widyaningtyas dan Susanto (2019), sistem ini bertanggung jawab untuk menyampaikan sinyal dari reseptor cahaya retina ke otak melalui saraf optik.

Analisis Data

Data hasil penelitian akan dianalisis menggunakan Analisis of Varians (ANOVA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Protein

Persentasi Sodium Tripolyphosphate

Protein diketahui dipengaruhi secara signifikan ($p < 0,01$) oleh jumlah natrium tripolyphosphate, menurut analisis varians. Hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi, ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Beda Rata-rata Pengaruh Persentasi Sodium Tripolyphosphate Terhadap Protein

| Perlakuan (%) | Protein (%) |
|--------------------|--------------------------|
| S ₀ = 0 | 0,721±0,051 ^c |

| | |
|--------------------|--------------------------|
| S ₁ = 2 | 0,891±0,176 ^c |
| S ₂ = 4 | 1,104±0,078 ^b |
| S ₃ = 6 | 1,421±0,229 ^a |

Berdasarkan tabel 7, tidak ada perbedaan yang substansial antara S₀ dan S₁, namun S₁ sangat berbeda dari S₂ dan S₃. Jika dibandingkan dengan S₃, S₂ sangat berbeda. Sebagai contoh, perlakuan S₀ memiliki nilai 0,721% sedangkan perlakuan S₃ memiliki nilai 1,421%. Karena natrium tripolyphosphate dapat berinteraksi dengan protein, meningkatkan jumlah protein yang terikat, semakin besar proporsi natrium tripolyphosphate, semakin banyak protein yang dapat melekat pada bahan tersebut. Dyah dan Widya (2022) menemukan bahwa natrium tripolyphosphate bertindak sebagai agen pengikat protein dalam bahan makanan, yang dapat memperkuat dan menstabilkan jaringan protein; hasil kami sesuai dengan hasil mereka.

Lama Pengadukan

Analisis varians mengonfirmasi bahwa respons protein sangat bervariasi ($p < 0,01$) tergantung pada lamanya waktu pengadukan pati ubi jalar. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2, uji perbedaan rata-rata digunakan untuk menentukan besarnya perbedaan.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Lama Pengadukan Terhadap Protein Pati Ubi Uwi

| Perlakuan (menit) | Protein (%) |
|---------------------|--------------------------|
| P ₁ = 35 | 1,143±0,301 ^a |
| P ₂ = 45 | 1,019±0,354 ^b |
| P ₃ = 55 | 0,914±0,199 ^b |
| P ₄ = 65 | 0,822±0,342 ^c |

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mencolok antara P₁, P₂, P₃, dan P₄. Meskipun P₂ cukup mirip dengan P₃ dan P₄, terdapat perbedaan yang sangat besar antara P₃ dan P₄. Terdapat rentang nilai yang luas yang diamati dalam berbagai perlakuan; nilai tertinggi adalah 1,143% pada P₁ dan nilai terendah adalah 0,822% pada P₄.

Dampaknya terhadap protein sangat bervariasi tergantung pada waktu pengadukan. Penurunan produksi protein terlihat ketika waktu pengadukan meningkat karena meningkatnya kelarutan protein dalam air. Denaturasi protein, di mana struktur tiga dimensi protein terganggu, dapat terjadi akibat pengadukan yang kuat, seperti yang dinyatakan dalam karya Nurul *et al.* (2020). Protein yang terdenaturasi kurang melimpah dalam keadaan aslinya karena lebih mudah larut dalam air.

Pengaruh Interaksi antara Persentasi Sodium Tripolyphosphate dan Lama Pengadukan Terhadap Protein

Berdasarkan analisis varians, diketahui bahwa protein dipengaruhi secara signifikan secara berbeda ($p < 0,05$) oleh interaksi persentase natrium tripolyphosphate dan durasi pengadukan. Tabel 3 menampilkan hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi.

Tabel 3. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Persentasi *Sodium Tripolyphosphate* Dan Lama Pengadukan Terhadap Protein.

| Perlakuan | Protein (%) |
|-------------------------------|--------------------------|
| S ₀ P ₁ | 0,73±0,000 ^b |
| S ₀ P ₂ | 0,74±0,071 ^b |
| S ₀ P ₃ | 0,70±0,078 ^b |
| S ₀ P ₄ | 0,72±0,071 ^b |
| S ₁ P ₁ | 1,15±0,071 ^{ab} |
| S ₁ P ₂ | 0,75±0,071 ^b |
| S ₁ P ₃ | 0,78±0,071 ^b |
| S ₁ P ₄ | 0,89±0,049 ^b |
| S ₂ P ₁ | 1,18±0,071 ^{ab} |
| S ₂ P ₂ | 1,06±0,071 ^{ab} |
| S ₂ P ₃ | 1,09±0,071 ^{ab} |
| S ₂ P ₄ | 1,09±0,106 ^{ab} |
| S ₃ P ₁ | 1,51±0,113 ^a |
| S ₃ P ₂ | 1,53±0,219 ^{ab} |
| S ₃ P ₃ | 1,09±0,071 ^{ab} |
| S ₃ P ₄ | 1,56±0,071 ^a |

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat nilai tertinggi terdapat pada perlakuan S₃P₄= 1,56% dan nilai terendah pada perlakuan S₀P₃= 0,70%. Persentasi *sodium tripolyphosphate* dan lama pengadukan terhadap protein cenderung meningkat dengan bertambahnya persentasi *sodium tripolyphosphate* tetapi cenderung menurun akibat lama pengadukan. Hal ini dikarenakan protein pada pati akan terikat di pati akibat dari persentasi *sodium tripolyphosphate* tetapi akan terlepas ikatannya kedalam air yang akan terbuang jika lama pengadukan terus dilakukan. Hal ini sesuai dengan literatur Lee dan Kader (2018) bahwa STPP berfungsi sebagai agen pengikat yang meningkatkan interaksi antara protein dan pati, dengan meningkatnya persentasi STPP, lebih banyak protein dapat terikat pada pati, ini membantu dalam membentuk kompleks yang stabil, sehingga protein cenderung terlarut dalam larutan.

Daya Serap Air Persentasi *Sodium Tripolyphosphate*

Kapasitas penyerapan air diketahui dipengaruhi secara signifikan ($p < 0,01$) oleh proporsi natrium tripolyphosphate, menurut analisis varians. Hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi, ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Persentasi Sodium Tripolyphosphate Terhadap Daya Serap Air

| Perlakuan (%) | Daya Serap Air (%) |
|--------------------|----------------------------|
| S ₀ = 0 | 149,75±18,022 ^b |
| S ₁ = 2 | 157,75±55,283 ^a |
| S ₂ = 4 | 140,12±37,525 ^c |
| S ₃ = 6 | 130,37±25,762 ^d |

Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara S₀, S₁, S₂, dan S₃. Terdapat perbedaan yang sangat besar antara S₁, S₂, dan S₃. Jika dibandingkan dengan S₃, S₂ sangat berbeda. Perlakuan S₃ menghasilkan hasil terendah yaitu 130,375 sedangkan perlakuan S₂ menghasilkan nilai tertinggi yaitu 157,750. Kapasitas penyerapan air pati menurun seiring dengan peningkatan fraksi natrium tripolyphosphate. Hal ini sejalan dengan apa yang ditemukan Amin (2021) dalam penelitiannya, yang menunjukkan bahwa natrium tripolyphosphate dapat mengubah struktur pati dengan memengaruhi interaksi yang biasanya membantu penyerapan air, seperti ikatan hidrogen. Dengan adanya *sodium tripolyphosphate*, struktur pati menjadi lebih stabil dan kurang mampu menyerap air, sehingga daya serap air menurun dan dengan penambahan STPP dapat mengubah struktur dan sifat fisik pati, termasuk kepadatan dan viskositasnya. Perubahan ini dapat menghalangi akses air ke bagian dalam pati, sehingga mengurangi kapasitas penyerapan air.

Lama Pengadukan

Kita mengetahui bahwa lama pengadukan pati ubi jalar memiliki pengaruh yang sangat besar ($p < 0,01$) terhadap kapasitas penyerapan air dari analisis varians. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 5, uji perbedaan rata-rata digunakan untuk menentukan besarnya perbedaan.

Tabel 5. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Lama Pengadukan Terhadap Daya Serap Air Pati Ubi Uwi

| Perlakuan (menit) | Daya Serap Air (%) |
|---------------------|----------------------------|
| P ₁ = 35 | 149,25±17,637 ^b |
| P ₂ = 45 | 165,75±51,552 ^a |
| P ₃ = 55 | 137,75±33,619 ^c |
| P ₄ = 65 | 134,56±28,609 ^d |

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara P₁, P₂, P₃, dan P₄. Terdapat perbedaan yang sangat besar antara P₂, P₃, dan P₄. Terdapat perbedaan yang sangat besar antara P₃ dan P₄. Perlakuan P₂ menghasilkan nilai maksimum sebesar 165,570, sedangkan perlakuan P₄ menghasilkan nilai minimum sebesar 134,563. Kemampuan keseluruhan yang diantisipasi untuk menyerap air berkurang seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan. Menurut penelitian, hal ini benar. Denaturasi protein pati dapat terjadi dengan

pengadukan yang lama, menurut Nurjanna (2018). Protein yang terdenaturasi secara struktural dan fisik berbeda dari protein asli, dan mereka kurang mampu membentuk ikatan hidrofobik. Akibatnya, kemampuan untuk menyerap air berkurang.

Pengaruh Interaksi Antara Persentasi Sodium Tripolyphosphate Dan Lama Pengadukan Terhadap Daya Serap Air

Analisis varians menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan air dipengaruhi secara signifikan ($p > 0,01$) oleh interaksi antara jumlah natrium tripolyphosphate dan waktu pengadukan. Tabel 6 menampilkan hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat perbedaan.

Tabel 6. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Persentasi Sodium Tripolyphosphate dan Lama Pengadukan Terhadap Daya Serap Air

| Perlakuan | Daya Serap Air (%) |
|-------------------------------|-----------------------------|
| S ₀ P ₁ | 166,00±2,828 ^{cd} |
| S ₀ P ₂ | 131,00±1,414 ^{de} |
| S ₀ P ₃ | 135,00±0,000 ^{de} |
| S ₀ P ₄ | 167,00±1,414 ^c |
| S ₁ P ₁ | 129,50±0,707 ^e |
| S ₁ P ₂ | 239,00±1,414 ^a |
| S ₁ P ₃ | 162,00±0,000 ^{cd} |
| S ₁ P ₄ | 100,50±0,707 ^{gh} |
| S ₂ P ₁ | 165,00± 1,414 ^{cd} |
| S ₂ P ₂ | 178,00±0,000 ^b |
| S ₂ P ₃ | 87,50±2,121 ^h |
| S ₂ P ₄ | 130,00±0,000 ^{de} |
| S ₃ P ₁ | 136,50±2,121 ^d |
| S ₃ P ₂ | 115,00±1,414 ^f |
| S ₃ P ₃ | 166,50±3,536 ^{cd} |
| S ₃ P ₄ | 103,50±4,950 ^g |

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan dengan nilai terbesar dan terendah berturut-turut adalah S₁P₂ = 239,00 dan S₂P₃ = 87,50. Penelitian ini menemukan bahwa kapasitas penyerapan air (DSA) pati ubi jalar termodifikasi sangat dipengaruhi oleh penambahan natrium tripolyphosphate (STPP). Peningkatan DSA terlihat pada semua perlakuan (P₁, P₂, P₃, dan P₄) ketika konsentrasi STPP ditingkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa STPP dapat meningkatkan kemampuan pati untuk menyerap air. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa pati memperkuat strukturnya dan penyerapan air meningkat ketika STPP ditambahkan, karena merangsang ikatan silang. Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Ariyanti *et al.*, (2019) pada pati ubi jalar dan singkong juga melaporkan hasil serupa, di mana modifikasi pati dengan STPP meningkatkan kemampuan hidrasi pati.

Stabilitas Beku Cair Persentasi Sodium Tripolyphosphate

Berdasarkan hasil analisis varians, derajat stabilitas beku-cair dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah natrium tripolyphosphate ($p < 0,01$). Hasil uji

perbedaan rata-rata yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Persentasi Sodium Tripolyphosphate Terhadap Stabilitas Beku Cair

| Perlakuan (%) | Stabilitas Beku Cair (%) |
|--------------------|---------------------------|
| S ₀ = 0 | 55,62±1,594 ^a |
| S ₁ = 2 | 54,02±1,752 ^b |
| S ₂ = 4 | 52,80 ±1,936 ^c |
| S ₃ = 6 | 50,60 ±0,595 ^d |

Tabel 7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan mencolok antara S₀, S₂, dan S₃. Jika dibandingkan dengan S₃, S₂ sangat berbeda. Perlakuan S₀= 55,625% menghasilkan nilai maksimum, sedangkan perlakuan S₃= 50,6% menghasilkan nilai minimum. Stabilitas beku-cair pati menurun seiring dengan peningkatan fraksi natrium tripolyphosphate. Menurut penelitian, hal ini benar. Natrium tripolyphosphate dapat mengubah struktur pati sebagai agen pengikat, menurut Deetae *et al.* (2018). Struktur granular pati dapat diubah oleh ikatan yang dibuat oleh peningkatan jumlah natrium tripolyphosphate, yang dapat membuatnya lebih stabil tetapi juga mengurangi kapasitasnya untuk mempertahankan struktur saat dibekukan dan dicairkan.

Lama Pengadukan

Kami menghentikan pengujian stabilitas beku-cair karena analisis varians menunjukkan bahwa durasi pengadukan tidak memiliki pengaruh signifikan ($p > 0,05$).

Pengaruh Interaksi Antara Persentasi Sodium Tripolyphosphate Dan Lama Pengadukan Terhadap Stabilitas Beku Cair

Stabilitas beku-cair dipengaruhi secara signifikan ($p < 0,01$) oleh interaksi % natrium tripolyphosphate dan durasi pengadukan, seperti yang ditunjukkan oleh analisis varians. Hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi, ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Antara Persentasi Sodium Tripolyphosphate Dan Lama Pengadukan Terhadap Stabilitas Beku Cair

| Perlakuan | Stabilitas Beku Cair (%) |
|-------------------------------|--------------------------|
| S ₀ P ₁ | 57,60±0,000 ^a |
| S ₀ P ₂ | 55,80±0,000 ^b |
| S ₀ P ₃ | 55,70±0,141 ^b |
| S ₀ P ₄ | 53,40±0,000 ^c |
| S ₁ P ₁ | 55,50±0,424 ^b |
| S ₁ P ₂ | 55,80±0,000 ^b |

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| S ₁ P ₃ | 52,40±0,283 ^d |
| S ₁ P ₄ | 52,40±0,000 ^d |
| S ₂ P ₁ | 55,50±0,424 ^b |
| S ₂ P ₂ | 52,80±0,000 ^d |
| S ₂ P ₃ | 52,40±0,283 ^d |
| S ₂ P ₄ | 50,50±0,707 ^f |
| S ₃ P ₁ | 51,20±0,000 ^e |
| S ₃ P ₂ | 50,30±0,990 ^f |
| S ₃ P ₃ | 50,50±0,707 ^f |
| S ₃ P ₄ | 50,40±0,000 ^f |

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan S0P1 = 57,60% memiliki nilai terbesar, sedangkan perlakuan S3P2 = 50,30% memiliki nilai terendah. Karena proporsi natrium tripolyphosphate dan waktu pengadukan ditingkatkan, dampak interaksi pada stabilitas beku-cair campuran terus berkurang. Sejalan dengan apa yang dikatakan dalam karya Breemer *et al.* (2020), konsentrasi natrium tripolyphosphate sangat sensitif terhadap suhu rendah, dan semakin lama waktu pengadukan, pati menjadi kurang stabil.

Warna L*
Persentasi Sodium Tripolyphosphate

Pengaruh proporsi natrium tripolyphosphate terhadap warna L* diketahui sangat berbeda (p<0,01) menurut analisis varians. Tabel 9 menampilkan hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan derajat perbedaan.

Tabel 9. Hasil Uji Beda Rata-rata Pengaruh Persentasi Sodium Tripolyphosphate terhadap Warna L*

| Perlakuan (%) | Warna L* |
|--------------------|----------------------------|
| S ₀ = 0 | 82,015±0,712 ^b |
| S ₁ = 2 | 82,838±1,218 ^{ab} |
| S ₂ = 4 | 82,960±1,174 ^{ab} |
| S ₃ = 6 | 83,500±0,446 ^a |

Jelas dari tabel 9 bahwa S0 sangat berbeda dari S2 dan S3. Jika dibandingkan dengan S3, S2 sangat berbeda. Di antara perlakuan, S3 = 83,5 menunjukkan nilai terbesar, sedangkan perlakuan menunjukkan nilai terendah S₀= 82,015. Pengaruh persentasi *sodium tripolyphosphate* terhadap warna L* memberikan pengaruh yang nyata, dimana perbedaan tidak begitu terlihat tetapi semakin tinggi pemberian persentasi *sodium tripolyphosphate* maka warna yang dihasilkan akan semakin cerah terhadap warna L*. Hal ini sesuai dengan literature Rosyada (2019) menyatakan bahwa *sodium tripolyphosphate* berfungsi sebagai agen stabilisasi yang dapat mengurangi reaksi kimia yang dapat menyebabkan perubahan warna, seperti oksidasi atau reaksi Maillard. Dengan menstabilkan komponen dalam sistem, *sodium tripolyphosphate* membantu mempertahankan kecerahan warna.

Lama Pengadukan

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa warna L* sangat dipengaruhi oleh lama pengadukan (p<0,01). Hasil uji perbedaan rata-rata yang digunakan untuk menentukan ambang signifikansi ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Beda Rata-Rata Lama Pengadukan Terhadap Warna L*

| Perlakuan (menit) | Warna L* |
|---------------------|--------------------------|
| P ₁ = 35 | 82,47±1,041 ^b |
| P ₂ = 45 | 82,61±0,583 ^b |
| P ₃ = 55 | 83,38±1,019 ^a |
| P ₄ = 65 | 83,07±1,359 ^a |

Tabel 10 menunjukkan bahwa meskipun P1 sangat berbeda dari P3 dan P4, perbedaannya hanya sedikit dari P2. Terdapat perbedaan yang sangat besar antara P3 dan P4. Perlakuan P1 menghasilkan skor terendah sebesar 82,47 sedangkan perlakuan P3 menghasilkan nilai tertinggi sebesar 83,383. Pengaruh pengadukan pati ubi jalar terhadap warna L* selama durasi yang berbeda-beda cukup besar. Untuk memperoleh warna yang mendekati 100 pada skala dari warna L* yang dipilih, semakin lama pengadukan dalam perlakuan tersebut, semakin cerah warnanya.

Pengaruh Interaksi Antara Persentasi Sodium Tripolyphosphate Dan Lama Pengadukan Terhadap Warna L*

Pengujian lebih lanjut dihentikan karena pengaruh yang dapat diabaikan (p > 0,05) dari interaksi antara persentase natrium tripolyphosphate dan lama pengadukan pada warna L*, sebagaimana ditentukan oleh analisis varians.

Warna a*
Persentasi Sodium Tripolyphosphate

Berdasarkan hasil analisis varians, proporsi natrium tripolyphosphate memiliki pengaruh yang sangat berbeda (p<0,01) terhadap warna a*. Hasil uji perbedaan rata-rata yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Persentasi Sodium Tripolyphosphate Terhadap Warna a*

| Perlakuan (%) | Warna a* |
|--------------------|--------------------------|
| S ₀ = 0 | 3,280±1,679 ^b |
| S ₁ = 2 | 3,894±1,666 ^b |
| S ₂ = 4 | 4,950±0,183 ^a |
| S ₃ = 6 | 4,485±1,602 ^a |

Tabel 11 menunjukkan bahwa meskipun S0 sangat berbeda dari S2 dan S3, perbedaannya jauh lebih sedikit dari S1. Dengan nilai 4,95 untuk perlakuan

S2, dan nilai 3,28 untuk perlakuan S0, kita dapat melihat ekstremnya. Kontras warna a^* akan ditingkatkan jika proporsi natrium tripolyphosphate dinaikkan. Menambahkan proporsi natrium tripolyphosphate yang lebih tinggi menyebabkan rona bergeser menjauh dari skala hijau-kuning berbasis nol, yang menunjukkan bahwa warnanya akan menjadi lebih cerah. Namun, tingkat variasinya masih sulit terlihat.

Lama Pengadukan

Dari analisis varians diketahui bahwa lama pengadukan berpengaruh nyata terhadap warna a^* ($p < 0,01$). Seperti yang ditunjukkan pada tabel 12, uji perbedaan rata-rata digunakan untuk menentukan besarnya perbedaan.

Tabel 12. Hasil Uji Beda Rata-Rata Lama Pengadukan Terhadap Warna a^*

| Perlakuan (menit) | Warna a^* |
|---------------------|-------------------------|
| P ₁ = 35 | 3,31±1,406 ^c |
| P ₂ = 45 | 5,20±0,118 ^a |
| P ₃ = 55 | 3,29±2,122 ^c |
| P ₄ = 65 | 4,44±0,306 ^b |

Jika kita melihat tabel 12, kita akan melihat bahwa P1 sangat berbeda dari P3 dan P4, tetapi tidak dari P2. Ada perbedaan besar antara P3 dan P4. P2 = 5,206 adalah terapi dengan nilai terbesar, sedangkan P3 = 3,293 adalah perawatan dengan nilai terendah. Warna A^* sangat sensitif terhadap lama waktu pengadukan. Dalam hal ini, warna akan menjadi lebih cerah dan indikasi warna a^* akan menurun seiring bertambahnya waktu pengadukan.

Berdasarkan analisa sidik ragam diketahui bahwa interaksi antara persentase *sodium tripolyphosphate* dan lama pengadukan memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata dengan ($p > 0,05$)

Warna b^*

Persentase *Sodium Tripolyphosphate*

Kita mengetahui bahwa pengaruh proporsi natrium tripolyphosphate memiliki efek yang sangat berbeda ($p < 0,01$) pada warna b^* dari pemeriksaan varians. Tabel 13 menampilkan hasil uji perbedaan rata-rata, yang digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi.

Tabel 13. Hasil Uji Beda Rata-rata Pengaruh Persentase Sodium Tripolyphosphate terhadap Warna b^*

| Perlakuan (%) | Warna b^* |
|--------------------|--------------------------|
| S ₀ = 0 | 11,93±2,605 ^a |
| S ₁ = 2 | 11,44±3,570 ^a |
| S ₂ = 4 | 10,16±0,265 ^b |
| S ₃ = 6 | 11,93±2,379 ^a |

Jelas dari tabel 13 bahwa S1 sangat berbeda dari S2 dan S3. Jika dibandingkan dengan S3, S2 sangat berbeda. Perlakuan S0 = 11,938 menghasilkan nilai maksimum, sedangkan perlakuan S2 = 10 menghasilkan nilai minimum. Warna b^* sangat dipengaruhi oleh jumlah natrium tripolyphosphate. Namun, dari perspektif skala warna b , perbedaan antara semua sampel hampir tidak terlihat atau tampak seragam.

Lama Pengadukan

Analisis varians menunjukkan bahwa lama pengadukan pati ubi jalar berpengaruh nyata terhadap warna b^* ($p < 0,01$). Seperti yang ditunjukkan pada tabel 14, uji perbedaan rata-rata digunakan untuk menentukan besarnya perbedaan.

Tabel 14. Hasil Uji Beda Rata-Rata Lama Pengadukan Terhadap Warna b^*

| Perlakuan (menit) | Warna b^* |
|---------------------|---------------------------|
| P ₁ = 35 | 12,42 ±3,034 ^a |
| P ₂ = 45 | 10,13±0,370 ^b |
| P ₃ = 55 | 12,86 ±3,175 ^a |
| P ₄ = 65 | 10,79±0,838 ^b |

Menurut tabel 14, P1 berbeda jauh dari P3 dan P4, tetapi tidak berbeda secara signifikan dari P2. Ada perbedaan besar antara P3 dan P4. Di antara perlakuan, P3 menghasilkan skor tertinggi pada 12,86 dan P2 menghasilkan nilai terendah pada 10,13. Garis regresi negatif lebih mungkin dihasilkan oleh lamanya pengadukan daripada oleh hubungan positif apa pun. Ini berarti bahwa skala kontras warna b^* yang dimaksud tidak terpengaruh oleh jumlah waktu yang dihabiskan untuk pengadukan.

KESIMPULAN

Penyerapan air, stabilitas beku-cair, warna L^* , a^* , b^* , dan pengaruh persentase natrium tripolyphosphate pada pati yang dimodifikasi diketahui sangat signifikan ($p < 0,01$), sedangkan pengaruh waktu pengadukan pada variabel yang sama juga sangat signifikan ($p < 0,01$). S1 dengan 2% natrium tripolyphosphate dan P2 dengan waktu pengadukan 45 menit terbukti menjadi terapi yang paling efektif, seperti yang ditunjukkan oleh temuan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang membantu pelaksanaan, pemberian izin, dalam pengambilan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrinola, W. 2017. "Pati Alami dan Pati Termodifikasi". Jakarta: Department Of Food Technology, Binus University.
- Audiensi, A. 2019. "Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati dari Tiga Jenis Ubi Kayu Manis (*Manihot esculenta* crantz) pada Dua Umur Panen yang Berbeda. Asam Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan". Lampung: Skripsi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung.
- Amin, N.A. 2021. "Pengaruh Suhu Fosforilasi Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi. Makassar": Skripsi Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Ariyanti, D., Purbasari., A., Kusumayanti, H., dan Handayani, N.A.. 2019. "Penentuan Proses Pretreatment untuk Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Bioetanol Melalui Hidrolisa Enzimatis Menggunakan *Aspergillus* spp. Metana, Vol. 15 No. 1 hal. 1-8.
- Bremer, R., Sigmarlatu, T., dan Polnaya, F.J. 2020. "Pengaruh Penambahan Sodium Tripolyphosphate Terhadap Karakteristik Tepung Buru Hotong (*Setaria italica* L. beauv) Fosfat. Agritecno: Jurnal Teknologi Pertanian, Vol. 9 No. 2 hal. 88-95.
- Dyah, A.R dan Widya, D.R.P. 2022. "Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pati Ubi Jalar Oranye Hasil Modifikasi Perlakuan STPP (Lama Perendaman dan Konsentrasi)". Jurnal Pangan dan Agroindustri, Vol. 2 No. 4.
- Deetae P., Shobsngob, S., Varayanond, W., Chinachoti, P., Naivikul, O., and Varavinit, S. 2018. "Preparation, Pasting Properties and Freeze-thaw Stability of Dual Modified Crosslink-phosphorylated Rice Starch". Carbohydr Polym, Vol. 73 pp. 351-358.
- Falade, K.O., and Christoper, A.S. 2019. "Physical, Functional, Pasting and Thermal Properties of Flours and Starches of Six Nigerian Rice Cultivars". Food Hydrocolloids, Vol 44 pp. 478-490.
- Hasibuan. 2021. Sifat Kimia dan Organoleptik Pati Sagu (*Metroxylon sago* rottb.) Modifikasi Kimia dengan Perlakuan Sodium Tripolyphosphate (STPP). Riau: Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau Indonesia.
- Lee, S.K., and Kader, A.A.. 2018. "Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops". Postharvest Biology and Technology, Vol. 20 No. 3 pp. 207-220.
- Maharani, Y. 2017. "Pengaruh Perlakuan Sodium Tripolyphosphate (STPP) Pada Pati Sagu Termodifikasi Terhadap Ketebalan, Transparan dan Laju Perpindahan Uap Air Edible Film". Jom Faperta, Vol. 4 No. 76 hal. 26-28.
- Nusa, M.I., dan Suarti, B. 2012. "Pembuatan Tepung Mocaf melalui Penambahan Starter dan Lama Fermentasi (Modified Cassava Flour)". AGRUUM: Jurnal Ilmu Pertanian, Vol. 17 No.3.
- Nurul, F., Laeli, K. dan Riwayati, I.. 2020. "Modifikasi Pati Umbi Ganyong (*Canna Edulis* Kerr) Secara Ikatan Silang Menggunakan Sodium Tripoliphosphat (STPP)". Inovasi Teknik Kimia, Vol. 5 No.2.
- Nursanty dan Sugiarti, Y. 2018. "Pengaruh Tautan Silang STPP (Sodium tripolyphosphate) pada Pati Gayong, Singkong, dan Talas Terhadap Kadar Pati, Amilosa, Swelling Power dan Solubility". Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan, Vol 1. No. 2.
- Nurjanna, J. 2018. Profil Protein Ikan Bandeng (*Chanos-Chanos*) yang Direndam Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Berbasis SDS-Page. Semarang: Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Pomeranz, Y. 2018. "Functional Properties of Food Components". Cambridge: Academic Press, Inc.
- Purnavita, S dan Rastono, N.K. 2021. "Modifikasi Pati Aren dengan Crosslinking Agent STPP (Sodium Tripolyphosphate) dan Penambahan Poli Vinil Alkohol Terhadap Karakteristik Bioplastik". Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri, Vol. 1 No. 1 hal. 256-261. <https://doi.org/10.28932/sentekmi2021.v1i1.73>
- Rahim, A., Kadir, S. dan Jusman. 2019. "Asetilasi, Butirilisasi, dan Ikat Silang Pati Aren" Palu: UNTAD Press.
- Rahim, A., Agape, J.H., Nugroho, M.F.A., Kadir, S., Jusman, J. dan Made, U. 2021. "Pengaruh Persentasi Sodium Trimetaphosphate Dan Sodium Tripolyphosphate terhadap Karakteristik Kimia Pati Aren Modifikasi". Agrotek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, Vol.15 No.1 hal. 389-398.
- Retnaningtyas, A.D dan Widya, D.R.P. 2017. "Karakteristik Sifat Fisiokimia Pati Ubi Jalar Orange Hasil Modifikasi Perlakuan STPP (Lama Perendaman dan Persentasi)". Malang: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Rosyada, A. 2019. "Pengaruh Kitosan dan Nanopartikel Kitosan Sebagai Bahan Edible Coating Pada Buah Pisang Cavendish. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ramadhan A, dan Sari, E. 2019. "Variasi Perbandingan Tepung Terigu Dan Mocaf (Modified Cassava Flour) Dalam Pembuatan Mie Mocaf". AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian, Vol. 1 No. 2 hal. 211-219.
- Suarti, B., Setiavani, G., Nusa, M.I., Fuadi, M. dan Apriyanti, I. 2023. "Perbedaan sifat fisik dan amilosa beras pecah kulit dan beras sosoh. Warta Dharmawangsa, Vol. 17 Vol. 3 hal. 1274-1282.
- Winarti, S., Jariyah dan Anggreini, R.A. 2019. "Karakteristik dan Aktivitas Prebiotik Pati Resisten dari Tepung Umbi Uwi (*Dioscorea*

alata) Termodifikasi". Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 13 No. 2 hal. 53-67.

Widyaningtyas, M dan Susanto, W. H. 2019. "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Hidrokoloid (Carboxy Methyl Cellulose, Xanthan Gum, dan Karagenan) Terhadap Karakteristik Mie Kering Berbasis Pasta Ubi Jalar Varietas Ase Kuning. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, Vol. 3 No. 2 hal. 417-423.