

Modifikasi Pati dengan Fermentasi (*S. cerevisiae*) pada Tepung Pisang, Tepung Ubi Ungu, dan Tepung Ketan Hitam

*Starch Modification by Fermentation (*S. cerevisiae*) in Banana Flour, Purple Sweet Potato Flour, and Black Glutinous Flour*

Kamila Lavenia Dewi, Dhila Ery Aulina, Febriany Wulandari, Shinta Maharani*

Program Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

*E-mail Korespondensi: shintamaharani@upi.edu

ABSTRAK

Tepung merupakan produk setengah dari gandum yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat. Dalam upaya mengurangi impor gandum, maka diperlukan alternatif lain yang memiliki pati dan karbohidrat tinggi seperti pisang, ubi ungu dan beras ketan hitam dengan modifikasi untuk memperbaiki karakteristik dan nilai kandungan gizinya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung beras ketan hitam yang di modifikasi dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada pengujian fisik (warna), kimia (pH, swelling power, OHC, WHC, suhu gelatinisasi, viskositas, sineresis, kadar polifenol, kapasitas antioksidan dan gula reduksi). Hasil analisis menunjukkan bahwa modifikasi tepung ubi ungu memiliki nilai terbaik pada warna b^* .

Kata Kunci:

modifikasi, *Saccharomyces cerevisiae*, tepung pisang, tepung ubi ungu, tepung beras ketan hitam

ABSTRACT

*Flour is a semi-product of wheat that is much needed by the community. In an effort to reduce wheat imports, other alternatives are needed that have high starch and carbohydrates such as bananas, purple sweet potatoes and black glutinous rice with modifications to improve their characteristics and nutritional value. The purpose of this study was to determine banana flour, purple sweet potato flour and black glutinous rice flour modified by the addition of *Saccharomyces cerevisiae* in physical (color), chemical (pH, swelling power, OHC, WHC, gelatinization temperature, viscosity, sineresis, polyphenol content, antioxidant capacity and reducing sugar) tests. The analysis results showed that the modified purple sweet potato flour had the best value in color b^* .*

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 13 Jul 2023

First Revised 29 Jul 2023

Accepted 19 Aug 2023

First Available online 31 Aug 2023

Publication Date 01 Sep 2023

Keyword:

*banana flour, black glutinous rice flour, modification, purple sweet potato flour, *Saccharomyces cerevisiae**

1. PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia masih mengandalkan impor gandum sebagai bahan baku untuk memenuhi kebutuhan tepung terigu. Data yang dilaporkan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) pada tahun 2020, Indonesia mengimpor sebanyak 1,026 juta ton gandum. Sedangkan di Indonesia sendiri terdapat keanekaragaman jenis bahan pangan yang dapat digunakan sebagai pengganti tepung terigu seperti, tepung yang berasal dari pisang (Rohmah, 2012), ubi ungu (Sipayung, 2014), dan beras ketan hitam (Susanti & Ninsix, 2015). Penggunaan bahan pangan tersebut berpotensi dijadikan sebagai tepung karena kandungan pati (H. Aprianti, 2017) dan karbohidrat yang tinggi (Musita, 2012) yang tidak berbeda jauh dengan tepung terigu (dapat dilihat pada **Tabel 1**), dimana kandungan karbohidrat tepung terigu sebesar 76g (FoodData Central, 2021) dan kandungan pati sebesar 68-78% (Wayne, 2013).

Pisang (*Musa acuminata*) merupakan buah tropis yang banyak ditemukan di Indonesia dan memiliki kandungan antara lain, karbohidrat, serat, vitamin dan mineral yang memenuhi ketentuan persyaratan komoditi pangan. Komponen karbohidrat paling besar dalam pisang adalah pati pada daging buahnya, saat pisang matang akan berubah menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa sebesar 15-20% (Musita, 2009). Ubi ungu (*Ipomoea batatas var Ayamurasaki*) adalah jenis umbi-umbian yang memiliki kandungan zat gizi yang beragam karena itu ubi ungu lebih unggul dibanding umbi lainnya (Ratnayati, 2011), dimana memiliki kandungan gizi yaitu sebanyak 150,7 mg antosianin, 1,1% serat, 18,2%, pati, 0,4% gula reduksi, 0,6% protein, 0,70 mg zat besi dan 20,1 mg vitamin C (Balitbangtan, 2016). Beras ketan hitam (*Oryza sativa var. glutinosa*) merupakan salah satu jenis beras yang ada di Indonesia. Beras ini merupakan salah satu varietas berpigmen yang telah lama dikonsumsi masyarakat Indonesia sebagai bahan makanan. Jenis beras ini sangat potensial sebagai sumber karbohidrat, antioksidan, senyawa bioaktif dan serat tinggi yang sangat baik bagi kesehatan (Yanuar, 2009).

Tabel 1. Komposisi Gizi Pisang, Beras Ketan Hitam, Ubi Ungu per 100 gram

Komposisi Gizi	Pisang	Beras Ketan Hitam	Ubi Ungu
Karbohidrat	83,72%	74.5 g	92,97%
Protein	3,6%	4g	2,79%
Pati	78,25 %	83,28%	83,95%.
Antioksidan	18,55%	92,10%	50,60%

Karakteristik tepung yang bukan berasal dari gandum tidak memiliki protein (gluten) yang tinggi, sehingga lebih cocok sebagai substitusi tepung rendah protein (*soft flour*) dan biasanya digunakan pada kue dan biskuit yang tidak memerlukan pengembangan yang terlalu besar. Untuk memperbaiki karakteristik dan nilai kandungan gizi tepung dapat dilakukan modifikasi. Modifikasi dapat meningkatkan kandungan protein dan daya serap pada tepung (Kustyawati *et al.*, 2013). Selain itu, menurut Rosephin (2010) tepung modifikasi memiliki kadar pati resisten yang tinggi dibandingkan dengan tepung tanpa modifikasi, sehingga tepung modifikasi tidak memerlukan banyak air dalam pengaplikasian pada olahan produk pangan dan dapat menjadi alternatif pengurangan tepung gandum.

Proses modifikasi tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam bertujuan untuk menghasilkan tepung yang memiliki karakteristik dengan mutu tinggi (Ma'rufah et al., 2016) dibandingkan dengan tepung tanpa modifikasi. Modifikasi pati biasa dilakukan dengan tiga cara, yaitu: fisika, kimia, (Putri dan Zubaidah, 2017), *shear stress* (dengan gesekan pada suatu lempengan), *freezing in liquid nitrogen*, dan radiasi (Gonzalez et al., 2007), sedangkan untuk modifikasi secara enzimatik dapat menggunakan penambahan mikroorganisme khamir, kapang, dan bakteri (Sukainah et al., 2017).

Penelitian Jenie et al., (2010) menunjukkan bahwa modifikasi proses secara autoklaf-pendinginan dan kombinasi fermentasi spontan dengan otoklaf dapat meningkatkan kadar pati resisten tepung sebesar empat kali lipat (dari 10,48% menjadi 45,83%). Modifikasi tepung juga dapat melalui fermentasi dengan penambahan BAL (Bakteri Asam Laktat) atau *yeast*. Penelitian mengenai peningkatan kadar pati resisten yang telah dilakukan melalui kombinasi fermentasi BAL dengan pemanasan autoklaf (Jenie et al., 2012) mempengaruhi kadar pati resisten tepung yang dihasilkan menjadi lebih tinggi dibandingkan tepung tanpa modifikasi. Pembuatan modifikasi tepung dilakukan dengan penambahan starter fermentasi yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dimana akan menghasilkan etanol (Julianto et al., 2019), serta meningkatkan kadar protein dan mineral (Kustyawati et al., 2013).

Saccharomyces cerevisiae memiliki karakteristik tumbuh dengan optimum pada suhu 30°C dan pH 4,8 dan juga merupakan mikroorganisme anaerob fakultatif (Ray, 2005). Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* pada tepung modifikasi ini memiliki kelebihan yaitu mudah beradaptasi dengan lingkungan fermentasi, aktif memecah pati dan gula menjadi karbon dioksida dan alkohol, kemudahan untuk didapatkan (Andaka dan Arumsari, 2016), serta memiliki potensi yang cukup baik sebagai organisme penghasil amilase (Khohir, 2017).

Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Kustyawati et al., (2013) mengenai efek fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* terhadap karakteristik biokimia tapioka didapat bahwa penambahan *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan tapioka dapat memodifikasi pati antara lain meningkatnya kadar protein sebanyak 2,17% pada lama fermentasi 48 jam, serta meningkatkan kadar mineral (Mg, Ca, dan Fe). Sementara itu, penambahan *Saccharomyces cerevisiae* dan lama perendaman ini berpengaruh pada penurunan kadar rendaman pati sebanyak 11,36% pada lama perendaman 36 jam, kadar pati sebanyak 78,10% dan amilosa sebanyak 24,83%. Penurunan amilosa ini mengidentifikasi bahwa tapioka terfermentasi memiliki kelarutan yang lebih baik.

Berdasarkan pemaparan diatas, diketahui bahwa meskipun sebelumnya sudah terdapat beberapa penelitian mengenai pengujian kandungan pada modifikasi pati dengan *Saccharomyces cerevisiae*, yaitu pengujian kadar air, kadar abu, kadar pati, kadar amilosa dan amilopektin, kadar protein, dan kadar mineral, namun belum terdapat penelitian lanjutan mengenai kapasitas antioksidan, gula reduksi, *swelling power*, *Water Holding Capacity* (WHC), *Oil Holding Capacity* (OHC), analisis warna, derajat keasaman, suhu gelatinisasi, sineresis, viskositas dan kadar polifenol. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan tersebut pada tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung beras ketan hitam setelah di modifikasi dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae*

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Pengawasan Mutu dan Laboratorium Instrumen prodi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Universitas Pendidikan Indonesia. Rancangan penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Kemudian penelitian ini dilakukan dengan dua kali ulangan perlakuan dan tiga

kali ulangan analisis. Data yang diperoleh pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan dengan tingkat kesalahan 5% terhadap data.

2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung pisang, tepung ubi ungu, tepung ketan hitam, aquades, etanol, abts, kalium persulfat, NaOH, Ka-Na-Tartrate, glukosa, reagen Follin-Ciocalteu, Na₂CO₃, trolox, Phosphate Buffer Saline (PBS). Kultur starter yang digunakan adalah Fermipan yang mengandung *Saccharomyces cerevisiae* dan diawetkan dalam bentuk kemasan. Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik OHAUS (Navigator XT), sentrifugasi Grozen model 406, tabung sentrifugasi DISPOLAB, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *beaker glass* Pyrex, gelas ukur Pyrex, termometer, pipet tetes, klem, statif, pH meter, chromameters, viskometer, loyang, spatula, plastik mika, *oven blower* XU 058, grinder, spektrofotometer *uv-visible*, vortex (IKA VORTEX GENIUS 3), alumunium foil (klinpak), tissue kimwipes (kimtech), kuvet (MAPADA), mikropipet DragonLAB Toepette pipettor, tip, *hot plate* IKA RH-digital, dan *magnetic stirrer*.

2.2 Pembuatan Pati Modifikasi (Kustyawati et al., 2013)

Pembuatan suspensi dengan menimbang tepung sebanyak 100 g dan ditambahkan air dengan perbandingan (1:2), kemudian ditambahkan Fermipan sebanyak 10% dari berat tepung dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah waktu pengendapan selesai, air dibuang dan endapan pati yang diperoleh diletakkan secara merata di dalam loyang. Selanjutnya dikeringkan dengan *oven blower* selama 24 jam pada suhu 55°C. Kemudian pati dihaluskan dengan grinder. Hasil tepung dimasukkan ke dalam plastik lalu di *sealed* dan disimpan di tempat yang kering dengan suhu ruang.

2.3 Pembuatan Ekstraksi Pati

Ekstraksi dengan penimbangan sampel sebanyak 1 g lalu tambahkan 10 mL aquades (dalam tabung reaksi), kemudian ekstraksi di vortex selama 10 detik setiap 5 menit dilakukan sampai 30 menit. Kemudian untuk pemisahan dan simpan bagian supernatan.

2.4 Pengujian Pati Termodifikasi

2.4.1 Analisis Swelling Power (Kaur et al., 2011).

Penimbangan pati sebanyak 0.1 g lalu ditambahkan dengan aquades 10 mL, lalu campur hingga homogen. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan diletakkan dalam *beaker glass* pada suhu 60°C selama 30 menit. Kemudian campuran dipindahkan ke dalam tabung sentrifus dan disentrifus dengan kecepatan 1500 RCF selama 15 menit. Pisahkan supernatan lalu timbang endapan. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Rumus analisis *swelling power*

$$\text{Swelling power} = \frac{\text{Berat pasta (g)}}{\text{Berat sampel kering (g)}}$$

2.4.2 Analisis Water Holding Capacity (WHC) (Subagio et al., 2003)

Melakukan penimbangan tabung sentrifus kosong (a). Lalu penambahan pati sebanyak 1 g (b) dan penambahan air sebanyak 30 g ke dalam tabung sentrifus. Kemudian vortex tabung sentrifus selama 10 detik setiap 5 menit dilakukan sampai 30 menit. Lalu

tabung disentrifugasi dengan kecepatan 1500 RCF selama 5 menit. Tuangkan air yang tidak mengendap dengan pati, lalu timbang tabung serta endapan sebagai (c).

- Rumus analisis OHC

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

2.4.3 Analisis Oil Holding Capacity (OHC) (Subagio et al., 2003)

Melakukan penimbangan tabung sentrifus kosong (a). Lalu penambahan pati sebanyak 1 g (b) dan penambahan minyak sebanyak 30 g ke dalam tabung sentrifus. Kemudian vortex tabung sentrifus selama 10 detik setiap 5 menit dilakukansampai 30 menit. Lalu tabung disentrifugasi dengan kecepatan 1500 RCF selama 5 menit. Tuangkan minyak yang tidak mengendap dengan pati, lalu timbang tabung serta endapan sebagai (c).

- Rumus analisis OHC

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

2.4.4 Analisis Warna (Herawati, 2022)

Analisa warna dilakukan dengan menggunakan alat ChromaMeters. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan ChromaMeters pada pati yang berada di dalam plastik bening. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai L, a, dan nilai b terhadap pati (Herawati, 2022).

2.4.5 Analisis Derajat Keasaman (Handayani, 2018)

Penimbangan pati sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian penambahan 20 mL aquades dan divortex selama 5 menit hingga homogen, lalu masukkan larutan ke dalam *beaker glass*. Pengukuran pH menggunakan pH meter, dimana sebelum digunakan pH meter dinyalakan dan diamkan hingga stabil (15-30 menit). Bilas elektroda dengan aquades, keringkan dengan kertas *tissue*. Celupkan elektroda ke larutan pati dan ukur pH nya.

2.4.6 Analisis Suhu Gelatinisasi.

Melakukan penimbangan pati sebanyak 5 g lalu masukkan kedalam gelas piala/*beaker glass* dan ditambahkan air sebanyak 100 ml. Kemudian aduk dan panaskan di atas hotplate. Suhu gelatinisasi diamati dan dicatat ketika pati tersebut membentuk gel.

2.4.7 Analisis Viskositas (Abegunde, 2013)

Sampel pada analisis suhu gelatinasi didinginkan hingga tidak terlalu panas dan diletakkan di bawah viskometer. Hasil satuan cP pada layar dicatat setelah spindel berputar hingga angka pada layar viskometer stabil.

2.4.8 Analisis Sineresis (Horwitz, 2012)

Pembuatan 2 set larutan pati dengan konsentrasi 5% pada *beaker glass* dan ditambahkan air sebanyak 100 ml. Kemudian larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan diatas *hot plate*. Pengamatan larutan hingga membentuk gel dan warna airnya menjadi bening. Selanjutnya dituangkan ke dalam gelas ukur dan disimpan pada suhu ruang (larutan 1) dan pada suhu rendah (larutan 2). Volume gel pati dan lapisan air sineresis yang terbentuk pada 0 jam dan setelah 24 jam penyimpanan diamati dan dicatat.

2.4.9 Pengujian Kapasitas Antioksidan dengan ABTS (Shalaby & Shanab, 2013)

Pembuatan ABTS⁺ dengan mereaksikan 7 mM ABTS dalam aquades dengan 140 mM kalium persulfate (K₂S₂O₄). Campuran tersebut selanjutnya disimpan pada ruang gelap

selama 16 jam. Kemudian pengenceran larutan ABTS dengan mencampurkan 1 mL ABTS dengan 70 mL PBS (*Phosphate Buffer Saline*) lalu cek absorbansi pada panjang gelombang 734 nm (absorbansi harus memiliki nilai 0.7 ± 0.02). Selanjutnya 5 μ L ekstrak ditambahkan dengan 1 mL larutan ABTS⁺ lalu diinkubasi selama 4 menit pada suhu 30°C dan absorbansi diukur pada panjang gelombang 734 nm. Kapasitas antioksidan dibandingkan dengan Trolox dan hasil yang diperoleh dilaporkan sebagai μ mol trolox ekuivalen / gram bahan. Nilai absorbansi dibandingkan dengan kurva standar Trolox 0.5-5 mM.

2.4.10 Analisis Kadar Polifenol (Keshavarzi et al., 2021)

Pengujian dengan metode Folin-Ciocalteu reagen pembuatan ekstraksi pati dari 1 ml ekstrak pati ditambahkan 10 ml aquades. Kemudian dilakukan 31 kali pengenceran. Selanjutnya pembuatan larutan 1 N Na₂CO₃ dilakukan dengan cara melarutkan 7 gram Na₂CO₃ dengan aquades 100 ml dalam *beaker glass*. Sampel ekstrak pengenceran 31 kali sebanyak 0,1 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dicampurkan dengan 0,1 ml folicin, lalu vortex hingga homogen dan diamkan selama 6 menit. Setelah itu, penambahan 1 ml aquades dan 1 ml 1 N Na₂CO₃, lalu inkubasi selama 60 menit. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 750 nm menggunakan UV-Vis spektrofotometer. Satuan yang digunakan untuk perhitungan kandungan total polifenol adalah mg.GAE/g. Kandungan total polifenol dalam sampel dapat dihitung sebagai berikut:

- Rumus analisis kadar polifenol

$$\text{Total Polifenol Count (TPC)} = \frac{C \times V \times fp}{w}$$

Keterangan:

C = konsentrasi Fenolik (nilai x)

v = volume ekstrak yang dihasilkan (ml)

fp = faktor pengenceran

w = berat sampel pati yang digunakan untuk ekstraksi (g)

2.4.11 Pengujian Gula Reduksi dengan metode DNS (Hasanah dan Saskiawan, 2015)

Pengujian ini dilakukan dengan langkah (A) pembuatan NaOH 2 M dengan melarutkan 8 gr NaOH dalam 100 ml aquades; (B) pencampuran 1 gr DNS acid, 30 gr Ka- Na-Tartrate dan 20 ml NaOH 2 M. Urutan pencampuran untuk poin B adalah langkah pertama yaitu pelarutan 1 gr DNS dan 20 ml NaOH 2M dengan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*, langkah kedua yaitu pelarutan 30 gr Ka-Na-Tartrate dalam 50 ml aquades, langkah selanjutnya pencampuran larutan dari yang telah dibuat sebelumnya yaitu larutan Ka-Na-Tartrate dalam larutan DNS+NaOH, kemudian tambahkan aquades sampai batastera 100 ml.

Pemasukan larutan dengan berbagai konsentrasi ke dalam tabung reaksi, yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,5; 0,8 dan 0,10 mg/ml glukosa lalu ditambahkan aquades sebanyak 1 ml dan DNS sebanyak 1,5 ml. Semua tabung reaksi dipanaskan selama 5 menit agar terjadi reaksi antara glukosa dengan DNS. Tabung reaksi didinginkan dan selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi kurva standar pada panjang gelombang 540 nm. Pengukuran duplo disetiap konsentrasi. Hasil absorbansi dimasukkan ke dalam excel, pembuatan grafik konsentrasi glukosa dengan absorbansi dan hitung persamaan garis yang didapat, $y = bx + a$. Kandungan total gula reduksi dalam sampel dapat dihitung sebagai berikut:

- Rumus perhitungan total gula reduksi dalam sampel

$$\text{Gula Reduksi} = \frac{C \times V \times fp}{w}$$

Keterangan:

C = konsentrasi DNS (nilai x)

v = volume ekstrak yang dihasilkan (ml)

fp = faktor pengenceran

w = berat sampel pati yang digunakan untuk ekstraksi (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas mengenai modifikasi tepung dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung beras ketan hitam. Kemudian tepung yang telah dimodifikasi, dilakukan pengujian secara fisik (warna), kimia (pH, *swelling power*, *OHC*, *WHC*, suhu gelatinisasi, viskositas, sineresis), kadar polifenol, kapasitas antioksidan dan gula reduksi (sebelum dan sesudah dimodifikasi). Data yang diperoleh pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan Uji Jarak Berganda Duncandengan tingkat kesalahan 5% terhadap data.

Tabel 2. Hasil pengujian fisiko-kimia tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam.

	Pengujian	Tepung Pisang	Tepung Ubi Ungu	Tepung Beras Ketan Hitam
Warna	L*	69,07±0,63 ^b	60,25±0,9 ^b	54,45±0,34 ^a
	a*	21,95±0,21 ^b	24,15±0,21 ^{ab}	16,9±0,3 ^a
	b*	23,93±0,1 ^a	38,4±0,45 ^a	37,37±0,25 ^a
Nilai pH		5,06±0,07 ^b	5,05±0,07 ^b	4,8±0,08 ^a
Swelling Power (g/g)		3,6±0,55 ^a	6,67±0,5 ^b	4,3±0,57 ^b
Water Holding Capacity (%)		192±7,6 ^b	233,33±5,7 ^b	177±6 ^a
Oil Holding Capacity (%)		273±5,7 ^{ab}	210±10 ^a	290±10 ^b
Suhu Gelatinisasi (°C)		87,5±3,73 ^a	87,67±4,13 ^a	85±3,35 ^a
Viskositas (cP)		2.88±13,6 ^b	2.078,3±12,0 ^{6b}	983,43±3,5 ^a
Sineresis (ml)	Suhu Ruang (25°C)	1,34±0,76 ^b	0,00±0,00 ^a	1,17±0,29 ^b
	Suhu Rendah (4°C)	0,93±0,34 ^c	0,00±0,00 ^{ab}	0,00±0,00 ^a

Keterangan: Data terdiri dari 3 ulangan dan ± menunjukkan standar deviasi. Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5% (P<0,05) dengan uji DMRT.

3.1 Warna

Warna merupakan salah karakteristik fisik dimiliki oleh tepung. Pengukuran intensitas warna ini bisa dilakukan menggunakan chromameter, dimana prinsip kerja chromameter dengan mendapatkan warna berdasarkan daya pantul dari tepung terhadap cahaya yang

berada pada alat tersebut (Amanto *et al.*, 2015). Menurut Indrayati *et al.* (2013) nilai yang dihasilkan melalui chromameter ditampilkan dalam tiga nilai yaitu L (*Lightness*), a* (*Redness*), dan b* (*Yellowness*). Nilai L, a, b mempunyai interval skala yang menunjukkan tingkat warna bahan yang diuji. Notasi L menyatakan parameter kecerahan (*Lightness*) dengan rentang nilai dari 0-100 menunjukkan warna dari gelap ke terang. Notasi a (*Redness*) dengan kisaran nilai dari (-80) ± (+100) menunjukkan warna dari hijau ke merah. Sedangkan notasi b (*Yellowness*) dengan kisaran nilai dari (-70)±(+70) menunjukkan warna dari biru ke kuning. Pengujian warna ini untuk menentukan kualitas warna yang sesuai yang akan diolah sehingga dapat banyak diminati. Hasil penelitian pada berbagai jenis tepung (Ubi ungu, ketan hitam, dan pisang dengan modifikasi *Saccharomyces cerevisiae*) ditampilkan pada (Tabel 2).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai analisis warna L* pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada tepung pisang 69,07 dan tepung ubi ungu 60,25 tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata pada tepung beras ketan hitam 54,45. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lumba *et al.*, 2019) bahwa tepung pisang “Mulu Bebe” dengan modifikasi spontan tertinggi pada perlakuan fermentasi spontan dengan tanpa pemanasan pendinginan yaitu rata-rata 85,92- 86,30% mendekati tingkat kecerahan 100%. Nilai a* yang lebih tinggi pada tepung pisang membuat warnanya menjadi sedikit kusam (kemerahan), tingginya nilai a* disebabkan oleh reaksi *browning* karena pisang mengandung gula (Damat, 2013). Berbeda dengan tepung ketan hitam dan ubi ungu yang memiliki warna lebih gelap karena mengandung pigmen antosianin (pigmen merah, ungu, dan biru) yang tinggi (Santika & Rozakurniati, 2010) dan tingginya nilai b* yang membuat kedua tepung ini memiliki warna sedikit kekuningan. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan pigmen warna di dalam bahan pangan dapat mengalami kerusakan atau bahkan hilang, yaitu apabila bahan pangan tersebut mengalami proses pemanasan, perubahan pH dan oksidasi selama proses penyimpanan (Kurniasari, 2018).

3.2 Analisis Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan cara untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu zat atau larutan. Pengujian pH ini penting dilakukan untuk tolak ukur dalam menghambat munculnya kontaminan biologis seperti bakteri, jamur dan mikroorganisme lainnya yang dapat menyebabkan rusaknya tekstur, rasa maupun gizi yang terkandung dalam produk, salah satunya pada tepung.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai derajat keasaman pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh hasil berbeda nyata antara tepung ketan hitam sebesar 4,8 dengan tepung pisang sebesar 5,06 dan tepung ubi ungu 5,05 (tidak berbeda nyata). Nilai tertinggi didapat oleh tepung pisang sementara nilai terendah diperoleh oleh tepung ketan hitam. Rendahnya nilai tepung ketan hitam sejalan dengan penelitian yang dilakukan dengan tepung beras dengan modifikasi asam sitrat yaitu sebesar 3,68. Penambahan dengan asam strat menghasilkan pH lebih rendah karena mikroanya dapat menghidrolisis pati menjadi gula dan mengubahnya menjadi asam-asam organik seperti asam laktat. Sedangkan pada modifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk merombak asam laktat sehingga dapat juga mengurangi tingkat keasaman pada tepung (Yuliana, 2017).

3.3 Swelling Power

Pembengkakan atau *swelling power* terjadi akibat terganggunya struktur heliks ganda butiran pati yang meningkatkan interaksi antar molekul hidroksil dan air (Pratiwi, 2020). *Swelling power* juga dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin bahan, semakin tinggi kandungan amilosa dan amilopektin maka *swelling power* semakin tinggi. Pada suatu produk makanan, amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (*puffing*) dimana produk makanan yang berasal dari pati yang kandungan amilopektinnya tinggi akan bersifat ringan, porus, garing dan renyah (Hayuningsih, 2013).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai *swelling power* pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* berbeda nyata yaitu tepung pisang sebesar 3,6 g/g berbeda nyata dengan tepung ubi ungu 6,67 g/g namun tidak berbeda nyata dengan tepung ketan hitam 4,3 g/g (Tabel 2). Pada hasil penelitian menunjukkan nilai *swelling power* tertinggi adalah tepung ubi ungu sebesar 6,67 g/g. Hal tersebut disebabkan karena kandungan amilosa dan amilopektin yang terdapat pada tepung ubi ungu. Perbandingan amilosa amilopektin pada tepung ubi ungu sebesar 24,79%:49,78% (Fairus, 2021), sedangkan pada tepung ketan hitam 2%:98% (Larasati, 2016). Proses fermentasi dapat mendegradasi amilosa menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa, sehingga air yang terikat pada proses rehidrasi semakin banyak, hal ini menyebabkan granula pati membengkak dan mengembang sehingga *swelling power* naik (Trisnawati et al., 2018).

3.4 Water Holding Capacity (WHC)

Water Holding Capacity (WHC) merupakan kemampuan protein dalam kapasitas menyerap dan menahan air tanpa kondisi pemanasan (Nafi et al., 2015). Tepung ubi ungu memiliki nilai WHC lebih tinggi yaitu 233,33% dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ketan hitam. Hal ini diduga karena kandungan kadar air pada tepung ubi ungu memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ketan hitam sehingga air yang diikat juga lebih tinggi pada tepung ubi ungu.

Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakan. Bila jumlah air kurang maka pembentukan gel menjadi tidak optimum. Maka kemampuan hidrasi yang rendah kurang cocok untuk produk yang memerlukan tingkat gelatinisasi tinggi. Selain itu kapasitas penyerapan air juga mempengaruhi kemudahan dalam menghomogenkan adonan. Adonan yang homogen akan mengalami gelatinisasi merata saat proses pengukusan sehingga tidak terdapat spot-spot putih atau kuning pucat pada adonan tepung yang telah dikukus (Tam et al., 2004).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai *Water Holding Capacity* (WHC) pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* berbeda nyata yaitu tepung pisang sebesar 192% tidak berbeda nyata dengan tepung ubi ungu 233,33% dan tepung ketan hitam 177% (Tabel 2). Nilai WHC yang dihasilkan oleh ketiga tepung tersebut juga dipengaruhi oleh proses fermentasi pada saat modifikasi. Nilai WHC atau daya ikat air dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: perbandingan amilosa dan amilopektin, bobot molekul amilosa dan amilopektin, distribusi bobot molekul, derajat percabangan, panjang dari cabang molekul amilopektin terluar yang dapat berperan dalam kumpulan ikatan (Aini et al., 2016).

3.5 Oil Holding Capacity (OHC)

Oil Holding Capacity (OHC) merupakan kemampuan protein dalam kapasitas menyerap dan menahan minyak tanpa kondisi pemanasan (Nafi et al., 2015). Tepung ketan

hitam memiliki nilai OHC lebih tinggi yaitu sebesar 290% dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ubi ungu. Hal ini diduga karena tepung ketan hitam memiliki protein dengan gugus hidrofobik yang lebih banyak dibandingkan tepung ubi ungu dan tepung pisang.

Daya serap minyak penting untuk diketahui karena mempengaruhi tekstur bahan pangan khususnya yang melalui proses penggorengan. Selama proses menggoreng berlangsung, sebagian minyak akan masuk ke dalam bahan pangan yang digoreng dengan mempunyai karakteristik tertentu serta mengandung sejumlah lemak yang diabsorpsi. Lemak tersebut juga dapat membentuk kerak, membasahi bahan dan menambah rasa lezat dan gurih pada produk pangan (Hamzah, 2016).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai *Oil Holding Capacity* (OHC) pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* berbeda nyata yaitu tepung pisang sebesar 273% tidak berbeda nyata dengan tepung ubi ungu 210% dan tepung ketan hitam 290% (Tabel 2). Sejalan dengan penelitian Giyarto *et. al.* (2016) bahwa sifat hidrofobisitas sangat berpengaruh terhadap absorpsi minyak. Kandungan protein dan kadar serat kasar yang lebih tinggi akan mengakibatkan penyerapan minyak menjadi lebih banyak. Kemampuan bahan pangan dalam mengikat atau menyerap air dan minyak sangat berkaitan dengan protein yang disebabkan oleh adanya gugus yang bersifat hidrofilik (mudah menyerap air) dan lipofilik (mudah menyerap minyak) (Astawan & Hazmi, 2016).

3.5 Suhu Gelatinisasi

Suhu gelatinisasi merupakan suhu yang diperlukan agar proses pembengkakan granula pati karena panas yang menyebabkan ikatan hidrogen pada ikatan glikosida pati terputus (Rahmawati & Sutrisno, 2015). Suhu gelatinisasi ini menunjukkan suhu awal meningkatnya viskositas pati saat pati dipanaskan atau pada saat awal terjadinya gelatinisasi. Pada hasil menunjukkan tepung beras ketan hitam memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ubi ungu. Dimana hasil suhu gelatinisasi tepung beras ketan hitam disebabkan oleh pati sereal memiliki berat granula pati lebih rendah dibandingkan dengan berat granula pati umbi-umbian dan buah-buahan.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai suhu gelatinisasi pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* tidak berbeda nyata (Tabel 2). Hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh kadar lemak dan kadar amilosa (Aini, 2010), komponen protein, gula (Masniawati *et al*, 2013), struktur amilopektin, komposisi pati, arsitektur granula dan berat granula pati (Imanningsih, 2012) yang dikandung oleh tepung.

Tepung dengan kandungan amilopektin lebih tinggi (tepung beras ketan hitam dan tepung ubi ungu), akan membengkak lebih besar dibandingkan dengan yang memiliki kandungan yang lebih rendah pada saat proses gelatinisasi. Sedangkan pada tepung yang memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi, seperti tepung pisang memerlukan temperatur yang lebih tinggi agar patinya tergelatinisasi (Imanningsih, 2012).

3.6 Viskositas

Salah satu sifat fungsional pati yang penting adalah kemampuan pati untuk mengentalkan dan membentuk gel. Sifat pengental pati ditunjukkan dengan kemampuan pati mencapai viskositas tinggi selama pemanasan (Anggraini, 2008). Viskositas merupakan resistensi/ketidakmauan bahan mengalir bila dikenai gaya (mengalami penegangan) atau gesekan internal dalam cairan dan merupakan suatu ukuran terhadap kecepatan aliran. Semakin cepat aliran menandakan viskositasnya rendah dan sebaliknya semakin lambat aliran menandakan viskositasnya tinggi (Aprilianti, 2010).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai viskositas pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* berbeda nyata antara tepung pisang dan tepung ubi ungu, namun tidak berbeda berbeda nyata (**Tabel 2**) pada tepung beras ketan hitam. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh pH rendah dan suhu yang mampu mendegradasi amilosa yang menyebabkan menurunnya viskositas. Semakin rendah pHnya maka akan menghasilkan viskositas yang semakin rendah (Hartanti, 2013). Sedangkan pada peningkatan viskositas disebabkan terjadi penyerapan air dan pembengkakan granula pati yang *irreversible* di dalam air, dimana energi kinetik molekul - molekul air lebih kuat daripada daya tarik menarik pati di dalam granula dan kadar amilosa yang dimiliki oleh pati (Lumba, 2017). Hal ini dapat terlihat pada hasil tepung pisang yang memiliki kandungan amilosa tinggi dan nilai viskositasnya tidak berbeda nyata tepung ubi ungu.

3.7 Sineresis

Sineresis adalah suatu kondisi pada pati saat air yang berada dalam gel keluar karena gel mengkerut sehingga cenderung memeras air keluar dalam gel. Nilai sineresis ini menunjukkan bahwa gel tidak stabil. Pengujian sineresis penting dilakukan dalam pembuatan tepung karena menentukan kualitas tepung yang akan dibuat nantinya dan dapat mempengaruhi masa simpan pada tepung.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% nilai sineresis pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* berbeda nyata. Nilai sineresis terbaik diperoleh oleh tepung ubi ungu dengan sineresis suhu ruang dan suhu rendah sebesar $0,00 \pm 0,00$ dan tidak berbeda nyata dengan tepung ketan hitam pada suhu rendah. Rendahnya nilai sineresis ini terjadi karena kandungan amilosa yang terdapat pada ubi ungu rendah (Witano et al., 2012). Selain itu, sineresis terjadi pada suhu dingin karena adanya kecenderungan terbentuknya ikatan hidrogen dari molekul-molekul amilosa dan amilopektin selama pendinginan sehingga air akan terpisah dari struktur gelnya (Kusnandar, 2010).

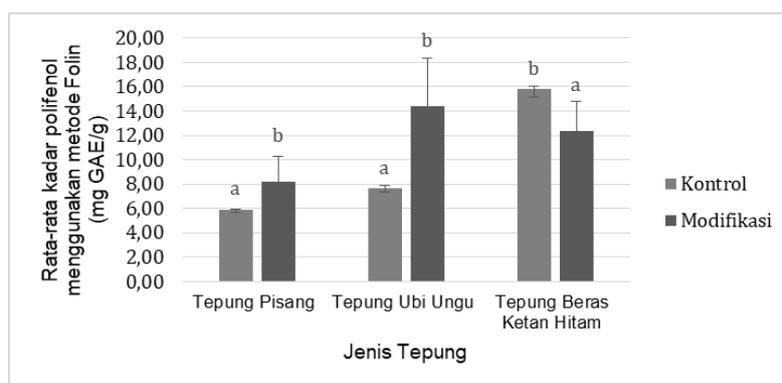
Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sunyoto et al., 2016) pada ubi jalar dengan perlakuan HMT yang menghasilkan sineresis. Hal ini dikarenakan perlakuan HMT dapat meningkatkan ikatan silang di antara rantai pati terutama pada fraksi amilosa sehingga meningkatkan viskositas *setback* (Pinto et al, 2012). Pengikatan kembali molekul-molekul amilosa tersebut menyebabkan terjadinya sineresis (Winarno, 2004). Nilai sineresis yang rendah menunjukkan bahwa tepung tersebut memiliki kualitas yang baik, karena apabila nilai sineresisnya tinggi menunjukkan bahwa gel secara fisik tidak stabil dan hal ini dapat menurunkan mutu kualitas suatu produk (Kuncari et al., 2014).

Nilai sineresis ini berbanding terbalik dengan daya ikat air, jadi apabila terjadi penurunan sineresis akan meningkatkan daya ikat air. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian, dimana tepung ubi ungu memiliki daya ikat air paling tinggi dan menghasilkan sineresis paling rendah. Serta, menyebabkan suatu produk dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila memiliki nilai sineresis yang semakin turun (Apriliani, 2018). Faktor-faktor yang dapat menurunkan nilai sineresis adalah pH dan daya ikat air.

3.8 Kadar Polifenol

Polifenol merupakan suatu senyawa yang terjadi dari polimerisasi fenol yang begitu kompleks dan umumnya mempunyai rantai cincin aromatik yang panjang yang mengandung gugus hidroksil. Senyawa ini memiliki fungsi sebagai antioksidan, anti- kanker, anti- inflamasi, dan anti-mikrobia. Dalam peranannya sebagai antioksidan, senyawa fenolik mampu menurunkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) karena memiliki banyak gugus hidroksil

(polifenol) dimana gugus hidroksil (-OH) tersebut akan bereaksi sebagai antioksidan dengan memutus rantai radikal bebas (Mahardani, 2021).



Gambar 1. Total kadar polifenol tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam.

Keterangan: Data terdiri dari 3 ulangan dan \pm menunjukkan standar deviasi. Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$) dengan uji DMRT.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% menunjukkan bahwa proses modifikasi tepung berpengaruh nyata pada total kadar polifenol tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung ketan hitam (**Gambar 1**). Pada hasil penelitian terlihat bahwa terjadi peningkatan kadar polifenol pada tepung yang dimodifikasi dibandingkan yang tanpa modifikasi (kontrol). Hal ini sejalan dengan Kurniawati *et al.*, (2016) menyatakan bahwa perolehan total polifenol, tanin, dan antosianin dapat meningkat setelah fermentasi dibanding dengan yang tidak.

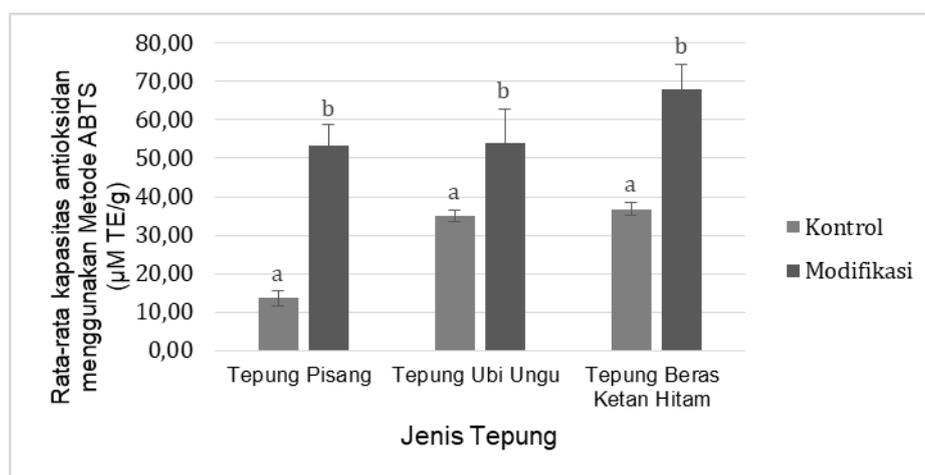
Pada saat fermentasi dapat meningkatkan kadar polifenol (senyawa fenolik) dalam suatu produk. Selain itu waktu yang digunakan pada saat fermentasi juga menyebabkan kesempatan interaksi antar senyawa menjadi lebih tinggi sehingga memungkinkan pembentukan senyawa fenolik baru dari hasil pecahan senyawa makromolekul dalam suatu bahan (Mahardani, 2021). Dimana antioksidan fenolik sulit untuk diekstrak karena terikat pada serat tidak larut. Ikatan kovalen pada serat tidak larut dapat dihidrolisis oleh mikroba (fermentasi) dan dapat menginduksi kerusakan struktur dinding sel sehingga berbagai senyawa bioaktif didalamnya dapat keluar yang menyebabkan kapasitas antioksidan fenolik yang dihasilkan ikut meningkat (Su *et. al.*, 2019).

Pada tepung pisang dan tepung ubi ungu modifikasi mengalami kenaikan total kadar polifenol dibandingkan dengan tepung tanpa modifikasi (kontrol) (**Gambar 1**). Hal ini sejalan dengan pernyataan Suci (2015) bahwa total senyawa fenolik berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan sampel. Namun pada tepung ketan hitam terjadi penurunan kadar polifenol setelah dimodifikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kapcum & Uriyapongson (2018) mengenai "Effects of Storage Conditions on Phytochemical and Stability of Purple Corn Cob Extract Powder" yang menunjukkan bahwa kenaikan total senyawa fenolik tidak selalu menyebabkan kenaikan aktivitas antioksidan. Sebaliknya, penurunan total senyawa fenolik tidak selalu menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan. Hal ini diduga akibat adanya senyawa antioksidan lain selain senyawa fenolik, yang keberadaannya lebih stabil. Penurunan total kadar polifenol tersebut berbalik dengan aktivitas antioksidannya yang semakin naik. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa fenol lainnya seperti, antosianin yang dapat meningkatkan kapasitas antioksidan (Deng *et al.*, 2018).

Kandungan fenol dengan metode Folin-Ciocalteu ditunjukkan dari berubahnya warna larutan dari kuning menjadi biru, hal ini disebabkan reagen Folin-Ciocalteu yang mengandung senyawa asam *fosfomolibdat fosfotungstat* yang direduksi oleh sampel membentuk senyawa kompleks molibdenum tungstat berwarna biru. Semakin besar intensitas warna yang ditunjukkan, semakin tinggi kandungan fenol dalam ekstrak (Blainski et al., 2013). Intensitas warna tersebut terlihat pada saat pengujian, tepung ubi ungu memiliki warna biru yang lebih pekat, diikuti dengan tepung beras ketan hitam, dan terakhir tepung pisang yang semakin memudar warnanya.

3.9 Kapasitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif (Lailiyah, 2014). Kapasitas antioksidan tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung ketan hitam sebelum dan setelah modifikasi dengan tiga kali ulangan analisis dapat dilihat dalam **Gambar 2**. Antioksidan sangat diperlukan oleh tubuh untuk mengatasi dan mencegah stres oksidatif. Stres oksidatif berperan penting dalam patofisiologi terjadinya proses menua dan berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker, diabetes mellitus dan komplikasinya, serta aterosklerosis yang mendasari penyakit jantung, pembuluh darah dan stroke (Giacco, 2010).



Gambar 2. Total kapasitas antioksidan tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam.

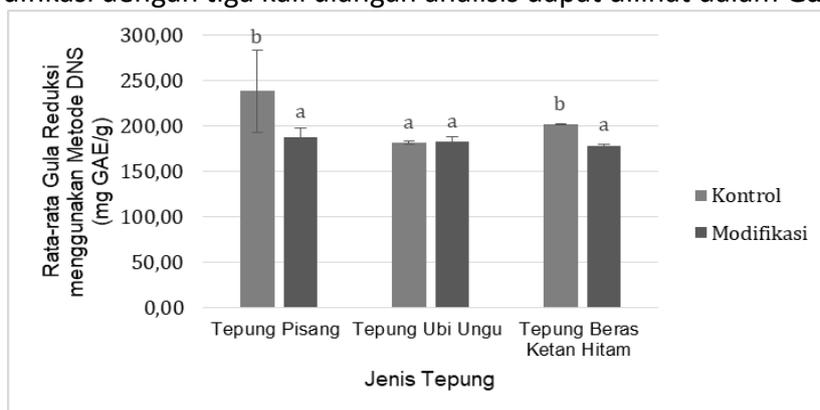
Keterangan: Data terdiri dari 3 ulangan dan \pm menunjukkan standar deviasi. Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$) dengan uji DMRT.

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% menunjukkan bahwa proses modifikasi tepung berpengaruh nyata pada kapasitas antioksidan tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung ketan hitam. Tepung yang dimodifikasi memiliki kapasitas antioksidan lebih tinggi daripada tepung sebelum modifikasi. Kapasitas antioksidan yang paling tinggi terdapat pada tepung ketan hitam termodifikasi yaitu sebesar 67,98 $\mu\text{M TE/g}$. Peningkatan kapasitas antioksidan ini disebabkan adanya proses fermentasi oleh yeast *Saccharomyces cerevisiae* yang menghasilkan asam-asam organik dan fenol sebagai antioksidan (Ayuningtyas, 2016). Meningkatnya kapasitas antioksidan disebabkan oleh semakin banyaknya fenolik bebas yang dihasilkan dari proses fermentasi. Senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk mereduksi beberapa ion logam teroksidasi. Senyawa fenolik dapat dijadikan donor elektron karena memiliki banyak gugus hidroksil. Kemampuan mereduksi senyawa bioaktif dapat diasosiasikan dengan kapasitas antioksidan (Momuat, 2015).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Putri (2019) dalam pengujian aktivitas antioksidan dengan berbagai jenis tepung ubi jalar termodifikasi. Tepung ubi ungu memiliki nilai antioksidan yang tinggi sebesar 53,79%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan senyawa fenolik yang menyebabkan aktivitas antioksidan semakin bertambah karena fenol adalah termasuk dari antioksidan (Rizky & Elok, 2015).

3.10 Gula Reduksi

Total gula reduksi tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung ketan hitam sebelum dan setelah modifikasi dengan tiga kali ulangan analisis dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Total gula reduksi tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam.

Keterangan: Data terdiri dari 3 ulangan dan \pm menunjukkan standar deviasi. Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$) dengan uji DMRT.

Gula reduksi adalah senyawa organik golongan gula atau karbohidrat yang memiliki kemampuan untuk mereduksi. Reaksi dengan DNS yang terjadi merupakan reaksi redoks pada gugus aldehyd gula dan teroksidasi menjadi gugus karboksil. Sementara itu DNS sebagai oksidator akan tereduksi membentuk 3-amino dan 5-nitrosalicylic acid. Bila terdapat gula reduksi pada sampel, maka larutan DNS yang awalnya berwarna kuning akan bereaksi dengan gula reduksi sehingga menimbulkan warna jingga kemerahan (Sastrohamidjojo, 2005).

Berdasarkan analisis sidik ragam dengan taraf 5% menunjukkan bahwa proses modifikasi tepung berpengaruh nyata pada total gula reduksi tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung ketan hitam berpengaruh nyata. Dapat dilihat bahwa tepung setelah mengalami modifikasi terdapat penurunan total gula reduksi daripada tepung kontrol. Semakin rendah kandungan gula reduksi yang dihasilkan, dapat menghasilkan tepung yang bermutu baik (Radiena, 2016).

4. KESIMPULAN

Modifikasi tepung (fermentasi) dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam diketahui tidak berpengaruh nyata terhadap perbandingan antar tepung (suhu gelatinisasi) tetapi berpengaruh nyata terhadap perbandingan antar tepung (warna, pH, *swelling power*, OHC, WHC, viskositas dan sineresis) dan perbandingan tepung modifikasi dengan tepung tanpa modifikasi (kadar polifenol, kapasitas antioksidan dan gula reduksi). Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung pisang modifikasi memiliki nilai tertinggi pada warna $L^* 69,07 \pm 0,63$, $a^* 21,95 \pm 0,21$, pH $5,06 \pm 0,07$, sineresis suhu ruang $1,34 \pm 0,76$ ml dan sineresis suhu rendah $0,93 \pm 0,34$ ml, gula reduksi $187,69$ mg GAE/g. Pada tepung ubi ungu modifikasi memiliki nilai tertinggi pada

swelling power sebesar $6,67 \pm 0,5$ g/g, WHC $233,33 \pm 5,7$ %, suhu gelatinisasi $87,67 \pm 4,13$ °C, viskositas $2078,3 \pm 12,06$ cP, polifenol $14,426$ mg GAE/g. Sedangkan pada tepung beras ketan hitam modifikasi memiliki nilai tertinggi pada OHC sebesar $290 \pm 10\%$, kapasitas antioksidan $67,98$ μ M TE/g.

5. CATATAN PENULIS

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait penerbitan artikel ini. Penulis menegaskan bahwa artikel ini bebas dari plagiarisme.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abegunde, O. K., Mu, T. H., Chen, J. W., & Deng, F. M. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 169–177.
- Aini, N., Wijonarko, G., dan Sustriawan, B. (2016). Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech*, 36 (2): 160-169.
- Albert, T., P. I. S., Ayucitra, A., & Setiawan, L. E. K. (2018). Karakteristik pati sagu dengan metode modifikasi asetilasi dan cross-linking. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(3), 836.
- Amanto B. S., Siswanti dan Angga A. (2015). Kinetika pengeringan temu giring (*Curcuma heyneana* valetton & van ziip) menggunakan cabinet dryer dengan perlakuan pendahuluan blanching. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(2).
- Anggraini, D. S. (2008). Pengaruh konsentrasi karagenan dan tripotassium citrate terhadap sifat fisikokimia dan organoleptik jelly drink. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.
- Apriliani, W. (2018). Pengaruh penambahan sari tape ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*) terhadap kualitas yoghurt drink ditinjau dari nilai pH, keasaman, sineresis, dan daya ikat air. In *Universitas Brawijaya Fakultas Peternakan Malang*, 2(2).
- Astawan, M., Hazmi, K. (2016). Karakteristik fisikokimia tepung kecambah kedelai. *Jurnal Pangan*, 25(2), 105-112.
- Ayuningtyas, I., Hartini, S., dan Cahyanti, M. (2016). Aktivitas antioksidan tepung ferkusi (fermentasi kulit singkong) ditinjau dari variasi penambahan angkak. *Universitas Kristen Satya Wacana*.
- Blainski, A., Lopes, G.C., & de Mello, J. C. P. (2013). Application and analysis of the folin ciocalteu methode for the determanation of the total phenolic content from limonium basiliense l. *Molecule*, 18.
- Damat. (2013). Karakterisasi tepung dari kulit, daging buah dan buah pisang. Kepok (*Musa sp.*). *Jurnal Gamma*, ISSN 2086-3071.
- Fairus, A., Hamidah, N., dan Setyaningrum, Y. (2021). Substitusi tepung terigu dengan tepung ubi ungu (*Ipomoea batatas* l. Poir) dan tepung kacang tanah (*Arachis hypogaea*) pada pembuatan cookies : kajian kadar protein dan mutu organoleptik. *Jurnal Health Care Media*, 5(1), 16-22.

- FoodData Central. (2021). Cereal grains and pasta, flour. Diakses Maret 20, 2022, dari <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2003586/nutrients>
- Giacco F, Brownlee M. (2010). Oxidative stress and diabetic complications. *Circ Res* [serial online].
- Giyarto, Hafidoh, I., dan Windrati, W. (2016). Sifat fungsional tepung bumbu hasil formulasi dengan penggunaan tepung koro kratok. *Prosiding Seminar Nasional Apta*.
- Gonzalez, R. T., E.; Re, E.; Anon, M.C.; Pilosof A.M.R.; Martinez, K., (2007). Amaranth starch-rich fraction properties modified by high-temperature heating: food chemistry, v. 103, p. 927-934.
- Hamzah, R. (2016). Sifat fungsional tepung koro dari berbagai varietas dengan lama perendaman. Universitas Jember.
- Handayani, T. dan Wahyuni, I. (2018). Uji ph, kadar air dan mutu mikrobiologi bakso di kota padang. *Jurnal Katalisator*, 3(1), 61-70.
- Hartanti, F.D. Amantp, B. S. Rahadian, D. (2013). Kajian karakteristik fisikokimia tepung sukun (*artocarpus communis*) termodifikasi dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman asam laktat. *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(4).
- Hayuningsih, L. (2013). Daya pembengkakan (swelling power) campuran tepung ganyong (*canna edulis kerr*) dan tepung terigu terhadap tingkat pengembangan dan daya terima roti tawar. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Herawati, E. R. N., Ariani, D., Miftakhussolikah, M., Ningrum, V. A., & Pranoto, Y. (2022). Physical and sensory characteristic of arenga-arrowroot starch noodle with beetroot extract addition. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1012, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- Horwitz, W. and Latimer Jr., G.W. (2012). Official methods of analysis of the aoac international. 19th Edition. AOAC Gaithersburg.
- Indrayati, F., Utami, R., Nurhartadi, E., Teknologi, J., Pertanian, H., & Pertanian, F. (2013). Pengaruh penambahan minyak atsiri kunyit putih (*kaempferia rotunda*) pada edible coating terhadap stabilitas warna dan ph fillet ikan patin yang disimpan pada suhu beku. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(4).
- Jenie, B., Putra, R. P., & Kusnandar, F. (2012). Fermentasi kultur campuran bakteri asam laktat dan pemanasan otoklaf dalam meningkatkan kadar pati resisten dan sifat fungsional tepung pisang tanduk (*musa paradisiaca*). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 9(1), 18–26.
- Kapcum, C., & Uriyapongson, J. (2018). Effects of storage conditions on phytochemical and stability of purple corn cob extract powder. *Food Sci. Technol.*, 38, pp. 301–305
- Kaur, M., Oberoi, D. P., Sogi, D. S., & Gill, B. S. (2011). Physicochemical, morphological and pasting properties of acid treated starches from different botanical sources. *Journal Of Food Science and Technology*, 48(4), 460–465.

- Kementerian Pertanian: Badan Litbang Pertanian. (2016). Ubi Jalar Antin 1, Antin 2, Antin 3: Kaya Antioksidan. Diakses Maret 22, 2022, dari <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2648/>
- Keshavarzi, M., Sharifan, A., & Yasini Ardakani, S. A. (2021). Effect of the ethanolic extract and essential oil of *ferulago angulata* (schlecht.) Boiss on protein, physicochemical, sensory, and microbial characteristics of probiotic yogurt during storage time. *Food Science and Nutrition*, 9(1), 197–208.
- Khohir, A. S. (2017). Pengaruh metode fermentasi dan pengeringan terhadap mutu fisikokimia dan fungsional tepung ubi jalar oranye. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Kuncari, Emma Sri., Iskandarsyah, dan Praptiwi. (2014). Evaluasi, uji stabilitas fisik dan sineresis sediaan gel yang mengandung minoksidil, apigenin dan perasan herba seledri (*apium graveolens* L.). *Jurnal Fakultas Farmasi Universitas Indonesia*.
- Kurniasari. (2018). Pengaruh perlakuan gelombang mikro terhadap karakteristik fisikokimia dan fungsional tepung kimpul (*xanthosoma sagittifolium*). Skripsi. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Semarang.
- Kurniawati, N., Meryandini, A., & Sunarti, T. C. (2016). Introduction of actinomycetes starter on coffee fruits fermentation to enhance quality of coffee pulp. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(3).
- Kusnandar, F. (2010). Teknologi modifikasi pati dan aplikasinya di industri pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 21(2).
- Kustyawati, M. E., Sari, M., & Haryati, T. (2013). Efek fermentasi dengan *saccharomyces cerevisiae* terhadap karakteristik biokimia tapioka. *Agritech*, 33(3), 281–287.
- Lailiyah, A., Adi, T. K., & Yusnawan, E. (2014). Kapasitas antioksidan dan kandungan total senyawa fenolik ekstrak kasar alga coklat *Sargassum cristaefolium* dari Pantai Sumenep Madura. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 3(1), 18-30.
- Larasati, D. (2016). Perbandingan tepung beras ketan putih (ci asem) dengan tepung beras ketan hitam (setail) dan konsentrasi buah murbei (*morus nigra* L.) terhadap karakteristik opak ketan hitam. Universitas Pasundan Bandung.
- Lumba, R., Djarkasi, G. S. S., & Molenaar, R. (2017). Modifikasi tepung pisang “mulu bebe” (*musa acuminata*) indigenous halmahera utara sebagai sumber pangan prebiotik. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1).
- Mahardani, O. T., & Yuanita, L. (2021). Efek metode pengolahan dan penyimpanan terhadap kadar senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(1).
- Momuat, L., dkk. (2015). Perbandingan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan antara sagu baru segar dan kering. *Chem Prog*, 8(1), 17-24.
- Muljana, H., Van Der Knoop, S., Keijzer, D., Picchioni, F., Janssen, L. P. B. M., & Heeres, H.J. (2010). Synthesis of fatty acid starch esters in supercritical carbon dioxide. *Carbohydrate Polymers*, 82(2), 346–354.

- Musita, N. (2012). Kajian kandungan dan karakteristiknya pati resisten dari berbagai varietas pisang. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 23(1), 57–65.
- Nafi, A., Diniyah, N., dan Hastuti, F. (2015). Karakteristik fisikokimia dan fungsional teknis tepung koro kratok (*Phaseolus lunatus* L.) termodifikasi yang diproduksi secara fermentasi spontan. *Jurnal AGROTEK*, 9(1): 24-32.
- Pratiwi, A., Nurdjanah, S., dan Utomo, T. (2020). Pengaruh suhu dan lama pemanasan saat proses blansing terhadap sifat kimia, fisikokimia dan fisik tepung ubi kayu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(2): 117-125.
- Putri, S. (2019). Pengembangan hybrid tepung ubi jalar kaya antioksidan. *Jurnal Kesehatan*, 10(2), 153-162.
- Putri, W. D. R. dan E. Zubaidah. (2017). Pati, modifikasi dan karakterisasinya. UB Media. Malang.
- Radiena, Mozes S.Y., (2016). Umur optimum panen pisang kepok (*Musa paradisiaca*, L) terhadap mutu tepung pisang. Balai Riset dan Standardisasi Industri, Ambon
- Ratnayati, dkk. (2011). Pengembangan makanan fungsional mengandung antioksidan berbahan baku ubi jalar ungu yang aman dikonsumsi bagi penderita diabetes melitus. Yogyakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan.
- Ray, B. (2005). Food microbiology laboratories. In *Nutrition & Food Science*, 35(1).
- Rizky, Anindita, M., dan Elok, Z. (2015). Pengaruh penambahan tepung ubi ungu jepang (*Ipomea batatas* L var. Ayamurasaki) terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik kefir ubi ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3 (4),1393-1404.
- Rosephin, F. (2010). Mutu dan potensi kukis sebagai pangan fungsional dengan substitusi tepung pisang modifikasi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Santika, A., dan Rozakurniati. (2010). Teknik evaluasi mutu beras hitam dan beras merah pada beberapa galur padi gogo. *Buletin Teknik Pertanian*, 15.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. (2005). Kimia organik, sterokimia, lemak, dan protein. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta.
- Shalaby, E. A., & Shanab, S. M. M. (2013). Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*. *Indian Journal of Marine Sciences*, 42(5), 556–564.
- Sipayung, E. (2014). Potensi tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.), tepung tempe dan tepung udang rebon dalam pembuatan kukis. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2007, 5–24.
- Su, D., Wang, Z., Dong, L., Huang, F., Zhang, R., Jia, X., ... & Zhang, M. (2019). Impact of thermal processing and storage temperature on the phenolic profile and antioxidant activity of different varieties of lychee juice. *Lwt*, 116, 108578.
- Subagio, A., Windrati, W. S., & Witono, Y. (2003). Development of functional proteins from some local non-oilseed legumes as food additives. In *Proceeding National Seminar of Perhimpunan Ahli Pangan Teknologi Pangan Indonesia*, Indonesia.

- Sukainah, A., Johannes, E. V. A., Jangi, J., Putra, R. P., Angriani, R., & Hatima, H. (2017). Modifikasi tepung jagung dengan fermentasi. CV. Agus Corp. Makassar.
- Sunyoto, M., Andoyo, R., Radiani, H., & Michelle. (2016). Kajian sifat fungsional pati ubi jalar melalui perlakuan modifikasi heat moisture treatment sebagai sediaan pangan darurat. *Sains Dan Teknologi*, 5(2), 846–854.
- Tam, L. M., et al. (2004). Production of bihontype noodles from maize starch differing in amylose content. *American Association of Cereal Chemists, Inc.*
- Trisnawati, W., & Sugianyar, M. (2018). Karakteristik tepung labu kuning terfermentasi menggunakan jenis stater berbeda. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 21(3), 215-222.
- Wayne, G. (2013). Professional baking 6th edition. *Library of Congress Cataloging-in-Publication Data Gisslen*. New Jersey.
- Yanuar. (2009). Potensi kulit jeruk sebagai bahan pengurai pada proses pengolahan limbah kantong plastik. *Institut Pertanian Bogor*. Bogor