

SIFAT FISIKO-KIMIAWI DAN FUNGSIONAL TEPUNG UWI (*Dioscorea spp.*) YANG DI MODIFIKASI MENGGUNAKAN CAIRAN SAUERKRAUT

*Physicochemical and Functional Properties of Yam (*Dioscorea spp.*) Flour Modified Using Sauerkraut Juice*

Ulyarti^{1,2*}, Surhaini¹, Yuli Sri Wahyuni¹, Nazarudin^{2,3}

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jambi
Kampus Pondok Meja, Jl. Tribrata KM 11, Jambi, Indonesia

² Pusat Unggulan IPTEK Bio-Geo Material Universitas Jambi
Jl. Tribrata KM 11, Jambi, Indonesia

³ Program Studi Pendidikan Kimia - FKIP - Universitas Jambi
Kampus Mendalo, Jl Raya Jambi-Muara Bulian KM 15, Jambi, Indonesia
Penulis Korespondensi, email : ulyarti@unja.ac.id

Disubmit : 22 Februari 2022

Direvisi : 2 April 2022

Diterima : 28 April 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi menggunakan cairan kubis fermentasi (*sauerkraut*) terhadap sifat fisikokimia dan fungsional tepung uwi kuning (*Dioscorea spp.*). Cairan *sauerkraut* hari ke-3 (72 jam fermentasi) sebagai sumber Bakteri Asam Laktat (BAL) digunakan dalam proses fermentasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 taraf perlakuan, yaitu tanpa fermentasi (kontrol), 12, 24, 36, 48, dan 60 jam fermentasi. Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan cairan *sauerkraut* dan pembuatan tepung fermentasi. Cairan *sauerkraut* mengalami peningkatan total mikroba dan penurunan nilai pH seiring dengan lamanya fermentasi. Pada cairan fermentasi uwi terjadi peningkatan total mikroba dan penurunan pH selama 48 jam fermentasi. Fermentasi lebih dari 48 jam mengakibatkan jumlah mikroba menurun kembali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama fermentasi memiliki pengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai kromatik warna b^* 25,95 (48 jam), *solubility* pada titik suhu 65 °C dan 75 °C, kapasitas penyerapan air 2,28 g/g (60 jam), dan aktivitas antioksidan 67,68% (60 jam), namun tidak berpengaruh ($p \geq 0,05$) pada kadar air, kadar serat, nilai kromatik warna L^* dan a^* , *hue*, *swelling power*, *solubility* dibeberapa titik suhu (70, 80, 85, 90, 95 °C), kapasitas penyerapan minyak, dan aktivitas emulsi

Kata kunci : Bakteri Asam Laktat; Fermentasi; *Sauerkraut*; Uwi Kuning

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of fermentation time using fermented cabbage juice (sauerkraut) on physicochemical and functional properties of yellow yam (Dioscorea spp.) flour. The 3rd day sauerkraut juice (72 hours fermentation) was used as the source of LAB starter in fermentation. This study used a Randomized Block Design (RBD) with six treatments, i.e : without fermentation (control), 12, 24, 36, 48, and 60 hours fermentation. The study was carried out in two steps: sauerkraut processing and the fermented yam flour processing. The sauerkraut juice showed an increase in total microbe and a decrease in pH during fermentation. The total microbe and the pH of the fermentation solution increased during first 48 hours fermentation. Fermentation longer than 48 hours caused the total microbe to

decrease. The result showed that the length of fermentation affected ($p \leq 0.05$) the chromatic color value b^* 25,95 (48 hours), solubility at 65 °C and 75 °C, water absorption capacity 2,28 g/g (60 hours), and antioxidant activity 67,68% (60 hours), but did not affect ($p \geq 0.05$) water content, crude fibre content, chromatic color value L^* and a^* , η_{sp}/c , swelling power, solubility at the several temperature (70, 80, 85, 90, 95 °C), oil absorption capacity, and emulsion activity.

Keywords : Fermentation; Lactic Acid Bacteria; Sauerkraut; Yellow Yam

PENDAHULUAN

Uwi (*Dioscorea alata*) merupakan salah satu varietas umbi-umbian potensial sebagai sumber pangan karbohidrat pangan non beras yang belum banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan uwi sangat minim hanya sebatas direbus, dikukus, dibuat kolak, dan digoreng sebagai makanan selingan. Pengolahan uwi salah satunya dapat dijadikan produk terolah minimal dalam bentuk tepung. Kelebihan bentuk olahan ini adalah bahan mudah disimpan, volumenya kecil, mudah dalam transportasi, dan lebih fleksibel untuk berbagai produk pangan olahan (Indrastuti *et al.*, 2012; Hapsari, 2014; Tamaroh, 2020). Selain bahan penolong dalam olahan pangan, tepung uwi telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan roti dan pasta. Pada pembuatan roti, tepung uwi yang disubstitusi lebih dari 25% dengan tepung terigu tidak diterima oleh panelis pada uji organoleptik keseluruhan (Amandikwa *et al.*, 2015). Begitu juga dengan mie basah yang disubstitusi dengan tepung uwi kuning, perlakuan terbaik hanya pada taraf 10% substitusi tepung uwi kuning. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi tepung uwi kuning belum secara maksimal digunakan karena hanya pada kisaran substitusi maksimal 25%.

Penggunaan tepung dari umbi uwi memang masih sangat jarang dilakukan, ditambah lagi karena sifat fungsionalnya yang belum memenuhi syarat untuk mensubstitusi terigu. *Swelling power* dan *sollubility* yang rendah pada pembuatan mie dibutuhkan untuk dapat meningkatkan mutu produk (Ekafitri, 2009; Li dan Yeh, 2001; Setiyoko *et al.*, 2018), sedangkan pada pembuatan saus, dibutuhkan nilai dari *swelling power* dan *sollubility* yang tinggi agar dapat mengikat air dan terlarut lebih

baik dalam air yang berperan sebagai agen pengental (*thickening*) (Ulyarti *et al.*, 2018). Demikian pula daya serap air dan minyak yang berhubungan dalam pembuatan produk emulsi. Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakan. Kapasitas penyerapan minyak merupakan sifat penting dalam formulasi makanan karena dapat memperbaiki *flavor* dan *mouthfeel* makanan. Sifat-sifat fungsional tersebut dapat dimodifikasi melalui suatu proses modifikasi tepung (Junejo *et al.*, 2021; Rahaman *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

Salah satu metode modifikasi tepung yang dapat diterapkan yaitu metode fermentasi (Aini *et al.*, 2016; Aini *et al.*, 2010; Appiah *et al.*, 2011; Darmawan *et al.*, 2013; Rizzello *et al.*, 2017; Ulyarti *et al.*, 2021). Modifikasi tepung melalui metode fermentasi terjadi melalui aktivitas mikroba yang menggunakan gula, pati dan serat sebagai sumber nutrisinya. Proses fermentasi dapat terjadi secara alami dengan cara mengkondisikan pH, suhu, atau konsentrasi garam pada bahan yang akan difermentasi sehingga mikroba yang secara alami terdapat pada bahan dapat berkembang dengan baik (Hersoelistyorini *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2020). Selain secara alami, mikroba juga dapat ditambahkan secara sengaja. Mikroba yang ditambahkan dapat berupa monokultur atau heterokultur (Aini *et al.*, 2016). Salah satu contoh mikroba heterokultur yang digunakan dalam fermentasi tepung adalah ragi tape (Aini *et al.*, 2016) dan cairan kubis fermentasi (Hersoelistyorini *et al.*, 2015). Bakteri monokultur yang dapat digunakan untuk fermentasi tepung yaitu *Lactobacillus plantarum* (Damayanti *et al.*, 2020; Ulyarti *et al.*, 2021), *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus casei* (Aini *et al.*, 2016).

Cairan kubis fermentasi (cairan *sauerkraut*) mengandung beberapa jenis mikroba diantaranya bakteri asam laktat dan khamir. Jenis dan jumlah mikroba yang terdapat pada cairan kubis fermentasi tergantung pada lama fermentasi kubis (Yang *et al.*, 2020). Pada awal fermentasi, jumlah LAB sangat kecil sementara khamir dan *Enterobacteriaceae* sangat tinggi. Selama fase pertumbuhannya, dapat diamati jumlah LAB (*Lactic Acid Bacteria*) meningkat sementara khamir dan *Enterobacteriaceae* menurun drastis (Yang *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penggunaan cairan *sauerkraut* untuk fermentasi harus memperhatikan fase pertumbuhan mikroba, yaitu terbaik digunakan pada fase pertumbuhan log hingga fase stasioner. Apabila melewati fase ini, maka akan ditemukan mikroba kontaminan (khamir dan *Enterobacteriaceae*) yang tidak diharapkan. Keuntungan menggunakan cairan kubis fermentasi adalah kemudahan dalam penerapan teknologi tepat guna pada masyarakat umum bila dibandingkan dengan menggunakan biakan murni yang menuntut kondisi dan proses yang steril.

Penelitian terdahulu yang memodifikasi tepung uwi ungu menggunakan mikroba monokultur *L. plantarum* menunjukkan bahwa jumlah mikroba LAB mulai memasuki fase stasioner setelah 24 jam fermentasi dan mulai memasuki fase kematian setelah 48 jam fermentasi (Ulyarti *et al.*, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi umbi uwi kuning terhadap sifat fisikokimia dan fungsional tepung uwi yang difermentasi dengan menggunakan cairan *sauerkraut*.

METODE

Bahan yang digunakan dalam pembuatan tepung modifikasi uwi kuning adalah kubis dan umbi uwi kuning (*Dioscorea alata* L). Bahan yang dibutuhkan untuk analisa kimia antara lain, aquadest, minyak kedelai, NA (*Nutrient Agar*), H₂SO₄, acetone, KOH, metanol, DPPH, asam askorbat, buffer KCl pH 1, buffer Na-asetat pH 4,5, spiritus. Alat yang digunakan pada

penelitian persiapan dan pembuatan tepung modifikasi uwi kuning ini adalah neraca analitik, alat perajang mekanik, blender, alat perajang mekanik, *water bath*, pisau *stainles steel*, wadah plastik, ayakan 60 mesh, aluminium foil, dan talenan. Peralatan yang digunakan untuk analisa diantaranya cawan timbang, desikator, corong, oven, termometer, erlenmeyer, gelas ukur, gelas piala, batang pengaduk, pipet tetes, pipet mikro, *magnetic stirrer*, cawan porselen, kertas saring, *hot plate*, pH meter, spektrofotometer, *color reader*, tissue, kamera, *glass disk*, tabung sentrifuse, alat sentrifuse, kertas kopi, tali/benang, cawan petri, tabung reaksi beserta rak, bunsen, otoklaf.

Rancangan Penelitian dan Analisis Statistik

Penelitian dilakukan dalam dua tahapan. Tahapan pertama adalah pembuatan cairan *sauerkraut* yang dilanjutkan dengan analisis total mikroba dan pH. Tahap kedua adalah pembuatan tepung uwi kuning fermentasi. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan lama fermentasi yang terdiri dari 6 taraf yaitu 0, 12, 24, 36, 48, dan 60 jam. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan sidik ragam pada taraf 1% dan 5%. Apabila terdapat pengaruh pada perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%. Data total mikroba dan pH dianalisis secara deskriptif dengan cara menampilkan data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk kurva.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Cairan Kubis Fermentasi (Aliya *et al.*, 2015)

Kubis yang sudah disortir lalu dicuci bersih, dilayukan dengan sinar matahari selama 2 jam, ditimbang sebanyak 190 g lalu diiris ± 2-3 mm. Garam sebanyak 11,4 g, kubis diremas dengan setengah dari garam (5,7 g), dan sisanya (5,7 g) dilarutkan dalam 380 ml air untuk merendam kubis hasil remasan. Kubis remasan dikemas dalam wadah plastik dan diikat (anaerobik). Fermentasi dilakukan selama 3 hari. Setelah itu cairan dipisahkan dengan

ampas kubis dengan cara penyaringan menggunakan saringan. Selanjutnya cairan dianalisa total mikroba yang terkandung setiap 24 jam.

Pembuatan Tepung Uwi Fermentasi

Pembuatan tepung uwi fermentasi mengacu pada metode Hersoelityorini *et al.* (2015). Umbi uwi dicuci, kemudian dipotong dengan ukuran $\pm 10 \times 10$ cm. Potongan uwi dikukus pada suhu 90°C selama 15 menit. Selanjutnya umbi dikupas, dan dirajang dengan ketebalan $\pm 2-3$ mm sambil direndam dalam air agar tidak mengalami pencoklatan. Irisan uwi ditiriskan dan ditimbang sebanyak 500 g kemudian dibersihkan. Cairan rendaman dibuat dengan cara mencampurkan cairan kubis dan air dengan rasio 1:1 (v/v). Dilanjutkan ketahap fermentasi yaitu proses perendaman uwi di dalam kultur fermentasi dengan perbandingan 2:3 (b/v) selama 0, 12, 24, 36, 48, dan 60 jam. Setelah proses fermentasi selesai dilakukan, penirisan dan pencucian pada irisan uwi menggunakan air bersih hingga cairan netral dan segera dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 8 jam. Irisan kering uwi kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Tepung yang diperoleh disimpan pada desikator hingga analisis dilakukan.

Analisis Parameter

Total Mikroba/ Total Plate Count (TPC)

Metode yang digunakan adalah metode hitung cawan/Total Plate Count (TPC). Cairan sampel (cairan sauerkraut atau cairan fermentasi uwi) diambil sebanyak 1 ml diencerkan dengan aquades sebanyak 9 ml, kemudian dipipet 1 ml untuk pengenceran 10^{-1} . Pada pengenceran 10^{-1} diambil lagi 1 ml untuk diencerkan dengan 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-2} . Begitu seterusnya sampai didapatkan pengenceran 10^{-7} . Masing-masing pengenceran diambil 1 ml suspensi sampel cairan sampel secara aseptis dan dimasukkan ke dalam cawan petri steril. Kemudian dituangkan sebanyak 12-15 ml media NA (*Nutrient Agar*) bersuhu $45 \pm 1^\circ\text{C}$ secara aseptis dan diratakan dengan menggoyangkan cawan.

Cawan didiamkan hingga membeku lalu dibungkus menggunakan kertas kopi. Cawan petri diinkubasi selama 48 jam pada suhu kamar (37°C). Jumlah koloni didapat dari satu deretan rantai koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung sebagai satu koloni. Jumlah total bakteri yang terdapat dicawan dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Jumlah koloni per ml} = \sum \text{koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \dots\dots\dots(1)$$

Pengukuran pH

Pengukuran pH menggunakan pH-meter *Martini instrument Mi 150*. pH-meter dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan buffer pH 7,0. Elektroda kemudian dibilas dengan air destilasi untuk selanjutnya dicelupkan pada cairan yang akan diukur pH-nya. Nilai pH akan terbaca pada layar monitor jika tanda jam pasir menghilang.

Kadar Air (AOAC, 2012)

Cawan kosong dikeringkan dengan oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Sampel tepung 4-5 g dimasukkan ke dalam cawan yang telah ditimbang dan selanjutnya dikeringkan di dalam oven bersuhu $100-105^\circ\text{C}$ selama 6 jam. Cawan yang telah berisi sampel tersebut dipindahkan ke desikator, didinginkan, dan ditimbang. Pengeringan dilakukan kembali sampai diperoleh berat konstan. Kadar air dihitung berdasarkan kehilangan berat yaitu selisih berat awal (W1) dengan berat akhir (W2). Penetapan kadar air berdasarkan Persamaan 2.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Di mana: W1 = Berat awal tepung (g)
W2 = Berat akhir tepung (g)

Kadar Serat (AOAC, 2012)

Kertas saring Whatman No. 41 dikeringkan di dalam oven bersuhu 105°C selama 1 jam dan ditimbang berat awalnya (Z). Ditimbang dengan teliti 1 g sampel tepung (S) dan dimasukkan ke dalam gelas piala. Tambahkan 50 ml H_2SO_4 0,3 N dan

dididihkan selama 30 menit, lalu ditambahkan dengan cepat 50 ml NaOH 1,5 N, dan dididihkan kembali selama 30 menit. Cairan kemudian disaring menggunakan kertas saring yang diketahui beratnya di dalam corong *Buchner* yang telah dihubungkan dengan pompa vakum. Kertas saring bersama residu dicuci berturut-turut dengan 50 ml air panas, 50 ml H₂SO₄ 0,3 N, dan aseton. Kertas saring yang berisi residu dimasukkan ke dalam cawan porselen bersih dan dikeringkan di dalam oven bersuhu 105 °C, didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai didapatkan berat konstan (X). Sampel kemudian dipijarkan dalam cawan hingga tidak berasap, cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur bersuhu 600 °C selama 3-4 jam. Setelah sampel berubah menjadi abu berwarna putih, cawan dikeluarkan lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang (Y), persen *crude fiber* dihitung dengan Persamaan 3.

$$\text{Serat kasar (\%)} = \frac{X-Y-Z}{S} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Di mana: X = Berat kertas saring + residu + cawan (g)
 Y = Berat abu + cawan (g)
 Z = Berat kertas saring (g)
 S = Berat sampel (g)

Analisis Warna (Andarwulan et al., 2011)

Analisis warna dengan Metode Hunter dilakukan dengan menggunakan alat *colour reader Konica Minolta CR-14*. Pada prinsipnya *colour reader* bekerja berdasarkan pengukuran perbedaan warna yang dihasilkan oleh permukaan sampel. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sampel tepung di dalam wadah sampel berukuran seragam (cawan petri). Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai L, a, dan b terhadap sampel. Nilai L menyatakan parameter kecerahan (*lightness*) yang mempunyai nilai dari 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik campuran merah-hijau dengan +a (positif) dari 0-100 untuk warna merah dan nilai -a (negatif) dari 0-(-80) untuk warna hijau. Nilai b menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai +b (positif) dari 0-70 untuk warna kuning dan nilai -b

(negatif) dari 0-(-70) untuk warna biru. Pengukuran juga dilakukan terhadap nilai °hue. Pada pengukuran nilai L* dan °hue, nilai didapat menggunakan Persamaan 4 dan 5.

$$\text{Nilai L}^* = \frac{\text{Nilai L}}{70} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Nilai } ^\circ\text{Hue} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \dots\dots\dots(5)$$

Pengujian Swelling Power (SP) dan Solubility (Mir dan Bosco, 2014)

Sampel tepung yang sebelumnya telah diukur kadar airnya ditimbang sebanyak 500 mg. Tepung dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan air sebanyak 20 ml. Campuran lalu divortex selama 1 menit kemudian ditempatkan pada penangas air. Campuran dibiarkan konstan pada masing-masing suhu 65-95 °C selama 30 menit. Sampel didinginkan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Berat sedimen dan berat padatan dalam supernatan diukur dengan cara menuangkan supernatan ke dalam *glass dish* dan dikeringkan pada suhu 105 °C lalu ditimbang. Perhitungan *swelling power* dan *solubility* menggunakan Persamaan 6.

$$\text{SP (g/g)} = \frac{\text{berat sedimen basah}}{\text{berat pati awal - berat supernatan kering}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Solubility (\%)} = \frac{\text{berat supernatan kering}}{\text{berat sedimen basah}} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Water Absorption Capacity (WAC) (Falade dan Christopher, 2015)

Tabung sentrifuse yang kosong dan kering ditimbang (a). Tepung ditimbang sebanyak 1 gr (b) lalu disuspensi dengan 10 ml aquades. Suspensi kemudian divortex sebanyak 3x selama 5 menit dengan jeda 10 menit. Suspensi kemudian disentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 2000 rpm. Selanjutnya, bagian supernatan dibuang, dan endapan yang tertinggal beserta tabung ditimbang (c). Perhitungan WAC dengan menggunakan Persamaan 7.

$$WAC \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{(c-a)-b}{b} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

- a = berat tabung kosong (g)
- b = berat sampel (g)
- c = berat air yang terakumulasi dalam sampel (g)

Oil Absorption Capacity (OAC) (Falade dan Christopher, 2015)

Tabung sentrifuse yang kosong dan kering ditimbang (a). Tepung ditimbang sebanyak 1 gr (b) lalu disuspensi dengan 10 ml minyak kedelai. Suspensi kemudian divortex sebanyak 3x selama 5 menit dengan jeda 10 menit. Suspensi kemudian disentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 2000 rpm. Selanjutnya bagian supernatan dibuang, dan endapan yang tertinggal beserta tabung ditimbang (c). Perhitungan OAC dengan menggunakan Persamaan 8.

$$OAC \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{(c-a)-b}{b} \dots\dots\dots(8)$$

Di mana:

- a = berat tabung kosong (g)
- b = berat sampel (g)
- c = berat minyak yang terakumulasi dalam sampel (g)

Uji Aktivitas Antioksidan dengan Spektrofotometri UV-VIS

Uji aktivitas antioksidan tepung uwi kuning fermentasi menggunakan metode pengujian radikal 1,1-diphenyl-2-picryhidrazil (DPPH). Pengujian dilakukan dengan mereaksikan larutan ekstrak tepung uwi kuning fermentasi dengan larutan DPPH dan selanjutnya dibaca absorbansinya pada gelombang 517 nm. Antioksidan pembanding menggunakan asam askorbat (Vitamin C) yang bersifat larut air sama saeperti sampel tepung.

Sampel tepung sebanyak 1 g dilarutkan menggunakan 10 ml aquadest. Aduk dengan stirrer (tanpa panas) selama 2 jam. Selanjutnya, suspensi disentrifuse selama 10 menit dengan kecepatan 3500 rpm (Baba *et al.*, 2016). Supernatan yang diperoleh dianalisa aktivitas antioksidannya (Selvi *et al.*, 2003). Penentuan aktivitas antioksidan dilakukan dengan cara mengambil 0,2 ml ekstrak tepung menggunakan pipet mikro dan menempatkannya ke dalam vial.

Kemudian ditambahkan 3,8 ml larutan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil), 0,05 μ M lalu dihomogenkan dengan cara digoyang perlahan dan dibiarkan selama 30 menit di tempat gelap. Serapan diukur dengan *sprektofotometer* UV-VIS pada panjang gelombang 517 nm. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif dan pembanding untuk mengetahui aktivitas antioksidan pada sampel. Data absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menentukan % inhibisi. Persen inhibisi dihitung menggunakan Persamaan 9.

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{abs. kontrol} - \text{abs. sampel}}{\text{abs. kontrol}} \times 100 \dots\dots(9)$$

Aktivitas Emulsi (Amandikwa *et al.*, 2015)

Sampel tepung ditimbang sebanyak 1 g dan dilarutkan dengan aquades 10 ml kemudian divortex dengan kecepatan penuh selama 30 detik. Setelah tepung terdispersi sempurna, ditambahkan 10 ml minyak biji bunga matahari secara perlahan dan diaduk kembali selama 30 detik. Kemudian campuran disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 1600 rpm. Aktivitas emulsi dihitung menggunakan perbandingan dari tinggi cairan emulsi dengan total tinggi cairan campuran dan dinyatakan pada Persamaan 10.

$$\% \text{ AE} = \frac{h}{h_t} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

Di mana:

- h = Tinggi emulsi yang terbentuk (cm)
- h_t = Tinggi total campuran (cm)

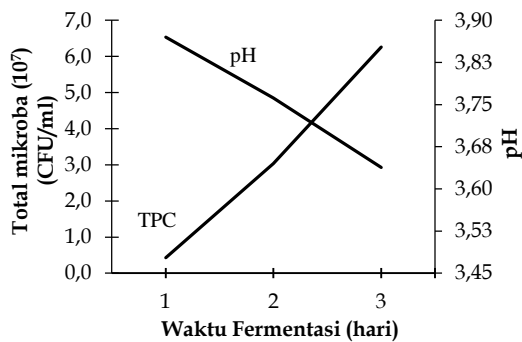
HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Mikroba *Sauerkraut*

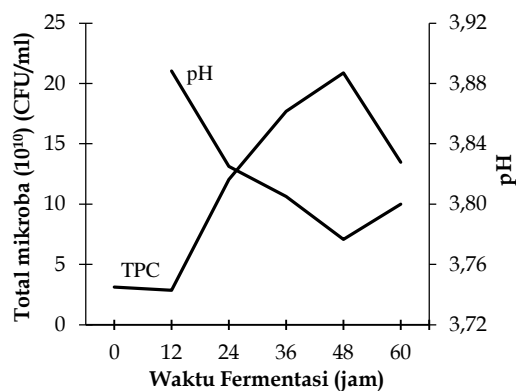
Total mikroba *sauerkraut* meningkat seiring dengan lamanya fermentasi. Peningkatan pertumbuhan mikroba sampai hari ke-3 menunjukkan bahwa aktivitas bakteri mencapai fase pertumbuhan logaritmik. Fase ini dapat terjadi setelah bakteri beradaptasi terhadap kondisi baru, maka sel-sel akan tumbuh secara eksponensial sampai batas maksimum yang

dibantu oleh kondisi lingkungan yang dicapai (Ray, 2004; Wang *et al.*, 2015).

Kurva hubungan antara total mikroba dan pH *sauerkraut* menjadi asam dapat dilihat pada Gambar 1. Peningkatan mikroba diiringi dengan menurunnya pH larutan menjadi asam. Mikroba yang tumbuh ini kemungkinan besar adalah bakteri asam laktat yang biasa hidup pada kondisi lingkungan yang cenderung asam yakni berkisar pada pH 3,4-3,7 (Peñas *et al.*, 2017). Pada hari ke-0 fermentasi, pH larutan sama dengan 5,82, namun seiring dengan berjalannya fermentasi, pH larutan menurun hingga 3,64 pada hari ke-3 fermentasi. Penurunan terhadap keasaman berbanding terbalik dengan jumlah mikroba selama fermentasi.



Gambar 1. Kurva Hubungan Total Mikroba dan pH *Sauerkraut* Terhadap Waktu Fermentasi



Gambar 2. Kurva Hubungan Total Mikroba dan pH Cairan Fermentasi Uwi Terhadap Waktu Fermentasi

Total Mikroba Cairan Fermentasi Uwi

Proses fermentasi yang berlangsung pada *sauerkraut* menghasilkan BAL yang digunakan lebih lanjut proses fermentasi uwi kuning. Irisan uwi kuning yang telah diblanching, direndam dalam cairan *sauerkraut* yang telah dilarutkan dengan air. Pada pengamatan yang sama dilakukan dengan menghitung total mikroba (TPC) dan pH dari cairan fermentasi sesuai perlakuan waktu fermentasi. Selama proses fermentasi mikroba memanfaatkan karbohidrat berupa komponen amilosa dan amilopektin sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya. Semakin lama proses fermentasi akan terjadi penurunan pH, hal ini dikarenakan semakin lama waktu fermentasi maka bakteri akan memecah substrat menjadi asam-asam organik (Kurniawan *et al.*, 2014; Ray, 2004). Peningkatan total mikroba uwi fermentasi berkorelasi negatif dengan nilai pH yang justru menunjukkan tren penurunan pH menjadi asam selama difermentasi mikroba (Gambar 2).

Nilai pH yang semula pada angka 3,64 pada cairan *sauerkraut* sempat mengalami kenaikan pada pH 3,89 saat 12 jam proses fermentasi berlangsung. Hal ini diduga karena mikroba beradaptasi dengan lingkungan baru yang di dalamnya hanya sedikit terkandung nutrisi untuk metabolisme mikroba. Namun semakin menurun seiring dengan lama waktu fermentasi di-48 jam. Penurunan pH menandakan adanya metabolisme dari mikroba yang aktif memecah molekul karbohidrat pada uwi. Selain itu, adanya gelembung udara dan gas berbau asam saat wadah fermentasi dibuka merupakan salah satu ciri adanya aktivitas mikroba. Pada fermentasi ke-60 jam mengalami kenaikan pH karena mikroba mulai memasuki fase kematian (*death phase*). Pada fase ini nutrisi yang dibutuhkan mikroba mulai menipis dan jumlah mikroba mulai menurun, sehingga berimbas pada kenaikan pH (Setiarto dan Widhyastuti, 2016). Sebagaimana pertumbuhan, kematian sel juga secara eksponensial dengan kecepatan kematian berbeda-beda tergantung dari spesies mikroorganisme dan kondisi lingkungannya.

Kadar Air

Tepung uwi kuning fermentasi memiliki kadar air berkisar antara (10,68-12,35%) (Tabel 1). Perlakuan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) terhadap kadar air tepung uwi kuning. Kadar air tepung uwi kuning pada berbagai lama fermentasi berkisar pada 10,68-12,35%. Hasil yang didapat hampir sama dengan tepung mocaf yang di fermentasi

menggunakan yoghurt sebagai starter yaitu 11,957% (Wulandari dan Mustofa, 2016).

Kadar air yang tidak berbeda nyata antar perlakuan mengindikasikan bahwa proses fermentasi tidak menyebabkan penyerapan air pada irisan umbi uwi. Menurut SNI 7622:2011, tepung mocaf memiliki standar maksimal kadar air 13%. Hal tersebut menunjukkan bahwa tepung uwi kuning fermentasi sudah memenuhi standar tepung yang terfermentasi.

Tabel 1. Pengaruh variasi lama fermentasi terhadap sifat fisikokimia dan fungsional tepung uwi kuning

Perlakuan (jam)	Kadar Air (%)	Serat Kasar (%)	Warna			Sudut Hue (°)	WAC (g/g)	OAC (g/g)	Antioksidan (%)	Aktivitas Emulsi (%)
			L*	a*	b*					
0	11,47 a	0,90 a	71,46 a	0,65 a	23,56 a	86,82 a	1,93 a	1,11 a	22,24 a	0,54 a
12	12,35 a	1,39 a	71,93 a	0,63 a	24,88 b	88,01 a	2,02 ab	1,13 a	27,42 ab	0,30 a
24	11,69 a	1,04 a	74,46 a	0,84 a	25,28 b	87,03 a	1,94 a	1,16 a	29,95 ab	0,34 a
36	11,75 a	1,44 a	72,40 a	0,84 a	24,92 b	87,42 a	2,17 bc	1,14 a	34,97 b	0,35 a
48	10,68 a	1,25 a	76,24 a	0,73 a	25,95 b	86,87 a	2,07 ab	1,25 a	50,00 c	0,40 a
60	10,69 a	1,01 a	74,49 a	0,69 a	25,66 b	87,72 a	2,28 c	1,12 a	67,68 d	0,33 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda sangat nyata pada taraf 5% menurut uji DNMR.

Kadar Serat

Serat kasar merupakan residu dari bahan makanan atau bahan pertanian yang terdiri dari selulosa dan lignin yang pengujiannya menggunakan asam dan alkali mendidih (Tuapattinaya, 2016; Wahyani *et al.*, 2021). Lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar serat kasar tepung uwi kuning ($p \geq 0,05$). Nilai serat kasar tepung uwi kuning selama fermentasi (0-60 jam) adalah fluktuatif dengan persentase hanya berkisar pada 0,90-1,44% (Tabel 1). Menurut Styawati *et al.* (2014), semakin lama waktu fermentasi maka kadar serat kasar akan semakin menurun. Persentase serat kasar yang cukup rendah tersebut diduga karena kandungan polisakarida berupa selulosa dan lignin yang tidak dapat dihidrolisis oleh bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menentukan kadar serat kasar yaitu asam sulfat (H_2SO_4) dan natrium hidroksida (NaOH) (Hardiyanti dan Nisah, 2019; Widoyo *et al.*, 2015).

Analisis Warna

Pengukuran intensitas warna secara objektif dan terukur yang dilakukan dengan menggunakan alat berupa *Colour Reader*. Alat tersebut menentukan warna dari kromatik nilai L*, a*, dan b*. Nilai rata-rata warna dan sudut °Hue tepung uwi kuning pada berbagai lama fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai L* pada tepung uwi fermentasi menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan lamanya fermentasi. Warna tepung uwi tanpa fermentasi cenderung lebih gelap (coklat) dibanding uwi dengan perlakuan fermentasi. Warna coklat pada tepung uwi tanpa fermentasi diduga karena adanya enzim yang keluar dari umbi saat proses pelukaan (kupas maupun potong), yaitu polifenolase. Polifenol menyebabkan terjadinya pencoklatan enzimatis, yaitu reaksi polifenolase dan oksigen yang terdapat di udara (Richana dan Sunarti, 2004). Pada tepung uwi fermentasi memiliki warna yang lebih sedikit cerah. Hal ini disebabkan karena selama proses fermentasi terjadi penghilangan komponen warna dan protein yang dapat menyebabkan warna

coklat ketika pengeringan. Aktivitas oksidasi polifenol dipengaruhi oleh pH, suhu, dan adanya substansi reduktif. Pada penelitian Imanningsih *et al.* (2013) terdapat pengurangan reaksi PPOs (*Poliphenol Oxydases*) pada tepung uwi ungu dengan perlakuan perendaman asam sitrat dengan pH perendaman 4,0. Asam dapat mencegah oksidasi polifenol yang mengandung Cu sebagai katalis pada proses oksidasi senyawa *o-difenol* dan *o-quinon* (Imanningsih *et al.*, 2013).

Nilai a^* pada tepung uwi kuning fermentasi kurang dari 1,0 namun tidak sampai mencapai nilai negatif. Hal ini membuktikan bahwa nilai a^* yang mewakili warna hijau-merah tidak begitu dominan terdapat pada tepung. Nilai b^* merupakan besaran yang menunjukkan warna mulai dari kuning hingga biru. Warna yang ditunjukkan pada tepung uwi fermentasi sesuai nilai b^* yang bernilai positif mendekati warna kuning. Meskipun secara visual terlihat warna kecoklatan karena reaksi pencoklatan (*browning*) oleh enzim. Hal lain yang diduga menjadi salah satu faktor adalah karena kandungan karoten yang semakin berkurang karena proses pemanasan.

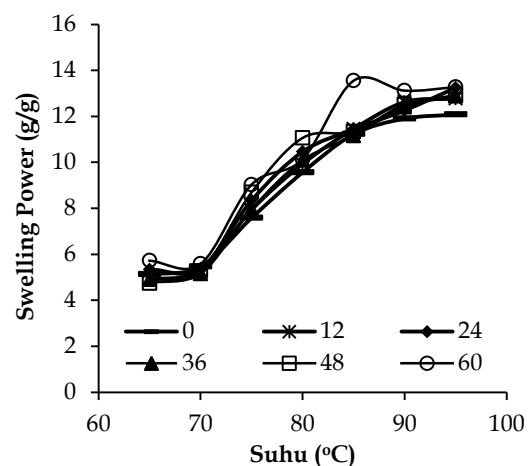
Nilai sudut $^{\circ}\text{hue}$ tepung uwi kuning tidak berbeda nyata ($p \geq 0,05$) pada berbagai lama fermentasi (Tabel 1). Nilai sudut $^{\circ}\text{hue}$ pada sampel berkisar antara $86,82^{\circ}$ - $88,01^{\circ}$, nilai tersebut berada pada daerah kuadran I yang menunjukkan warna merah-kuning. Perubahan nilai a^* dan b^* berpengaruh pada perubahan nilai $^{\circ}\text{hue}$, nilai a^* yang cenderung berkurang derajat kemerahannya dan nilai b^* yang cenderung meningkat derajat kekuningannya menyebabkan daerah kisaran warna kromatis sampel film bergeser dari merah menjadi kuning seiring meningkatnya nilai $^{\circ}\text{hue}$ (Nofrida, 2013).

Swelling Power

Pada saat tepung dipanaskan, granula pati yang terdapat dalam tepung akan menyerap air dan kemudian mengembang (*swelling*). *Swelling* terjadi pada daerah amorf granula pati menyebabkan molekul pati pada daerah amorf yang lemah akan terputus pada saat pemanasan, sehingga terjadi hidrasi air

oleh granula pati (Mandasari *et al.*, 2015). *Swelling power* diukur sebagai berat pati yang mengembang berbanding berat sampel kering.

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa lama fermentasi tidak berpengaruh nyata pada *swelling power* tepung uwi kuning ($p \leq 0,05$). Nilai *swelling power* terendah ($4,74 \text{ g/g}$) terlihat pada suhu 65°C dengan lama waktu fermentasi 48 jam, sedangkan nilai *swelling power* tertinggi terdapat pada perlakuan lama fermentasi 60 jam dengan suhu pemanasan 95°C bernilai $13,27 \text{ g/g}$. Nilai *swelling power* tersebut lebih tinggi dibanding tepung koro pedang yang dimodifikasi dengan fermentasi menggunakan bakteri asam laktat selama 80 jam, yakni $12,0 \text{ g/g}$ (Aini *et al.*, 2016) dan tepung gandum dua belas galur yang berkisar $0,41$ - $0,73 \text{ g/g}$ (Sihotang *et al.*, 2015). Nilai *swelling power* dari tepung fermentasi secara lengkap disajikan pada Gambar 3.



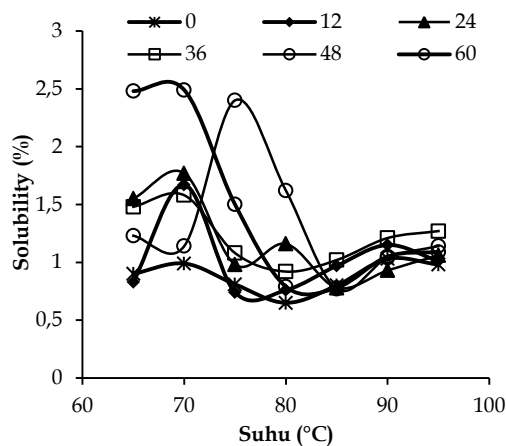
Gambar 3. Profil *Swelling Power* Tepung Pada Berbagai Suhu Pengukuran dan Perlakuan Lama Fermentasi

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada suhu yang sama, lama fermentasi tidak mengubah nilai *swelling power* tepung. *Swelling power* tepung hasil fermentasi pada lama pemanasan yang berbeda memiliki profil yang sama yaitu terjadi peningkatan nilai *swelling power* dengan meningkatnya suhu pengukuran. Profil demikian lazim ditemukan pada berbagai tepung seperti tepung uwi ungu (Ulyarti *et al.*, 2021).

Solubility

Solubility (kelarutan) didefinisikan sebagai suatu kemampuan bahan untuk larut dalam pelarut, salah satunya air (Andriani *et al.*, 2013). Kelarutan merupakan berat tepung terlarut yang diukur dengan cara mengeringkan dan menimbang sejumlah supernatan (Ekafitri, 2009).

Hasil uji *solubility* pada tepung uwi kuning dengan perlakuan berbagai suhu didapati bahwa pengaruh lama fermentasi pada nilai *solubility* berbeda untuk setiap suhu pengukuran (Gambar 4).



Gambar 4. Profil *Solubility* Tepung Pada Berbagai Suhu Pengukuran dan Perlakuan Lama Fermentasi

Fermentasi diduga dapat meningkatkan *solubility* pada tepung namun pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Selama fermentasi, aktivitas amilolitik menyebabkan penambahan gugus polar pada granula pati sehingga menurunkan hidrofobisitas pada tepung (Darmawan *et al.*, 2013; Etudaiye *et al.*, 2009). Kecenderungan peningkatan nilai *solubility* sesuai dengan penelitian Darmawan *et al.* (2013) bahwa degradasi komponen pati yang mengandung amilosa dan amilopektin akan mengubah sifat fisikokimia tepung yang difermentasi. Perbandingan nilai *solubility* dari beberapa jenis tepung fermentasi disajikan pada Tabel 2.

Fermentasi memberikan pengaruh pada *solubility*. *Solubility* yang meningkat pada tepung uwi kuning setelah difermentasi diduga karena semakin lama

waktu yang diberikan untuk proses fermentasi maka semakin banyak rantai panjang amilopektin dalam pati mengembang. Pati yang mengembang mempengaruhi jumlah amilosa yang dikeluarkan dari dalam granula pati juga semakin banyak (Santosa *et al.*, 2015).

WAC (Water Absorption Capacity)

Water Absorption Capacity (daya serap air) tepung menunjukkan kemampuan tepung dalam menyerap air dan menahannya dalam suatu sistem pangan (Aini *et al.*, 2016). Sifat ini diperlukan dalam pemanfaatan tepung sebagai bahan campuran pada pembuatan kue. Daya serap air bergantung pada produk yang akan dihasilkan, dalam pembuatan roti umumnya diperlukan daya serap air yang lebih tinggi dibanding pada pembuatan mie dan biskuit. Nilai rata-rata tepung uwi kuning pada berbagai lama fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa, lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap WAC tepung uwi kuning. Hal ini diduga karena kandungan asam dan lamanya terpapar dengan asam hasil dari mikroba saat fermentasi. Pada fermentasi selama 60 jam uwi lebih lama terpapar asam dengan kadar asam yang cukup tinggi, yakni mencapai 3,8. Lamanya uwi difermentasi memungkinkan uwi untuk terpapar asam lebih lama dan menyebabkan kerapuhan pada struktur pati uwi.

Struktur protein yang berbeda dan adanya karbohidrat hidrofilik diduga berpengaruh terhadap daya serap air pada produk tepung (Kristianto, 2013). Tinggi rendahnya kapasitas penyerapan air bergantung pada komposisi kimia dan sifat polaritas komponen di dalam bahan. Perbandingan nilai WAC pada berbagai tepung fermentasi dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa fermentasi mempengaruhi sifat fungsional berupa daya serap air pada tepung uwi kuning, tepung jagung dan tepung pisang. Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi selama pemasakan.

OAC (Oil Absorption Capacity)

Oil Absorption Capacity (daya serap minyak) merupakan bagian dari sifat

fungsioanal yang berfungsi dalam pengikatan minyak bebas. Daya serap minyak hanya mencirikan pengikatan minyak atau lemak secara fisik oleh protein (Aini *et al.*, 2016). Nilai

daya serap minyak pada tepung uwi kuning fermentasi berkisar antara 1,11-1,25 g/g, lebih rendah dibanding tepung okara yakni 2,77 ml/g (Sutedja, 2010).

Tabel 2. Nilai rata-rata *swelling power*, *solubility*, dan WAC pada berbagai tepung fermentasi

Jenis Tepung	<i>Swelling Power</i> (g/g)		<i>Solubility</i> (%)		WAC (g/g)	
	Non-Fermentasi	Fermentasi	Non-Fermentasi	Fermentasi	Non-Fermentasi	Fermentasi
Tepung Uwi Kuning [*])	12,08	13,27	0,81	2,40	1,93	2,07
Tepung Talas ¹⁾	17,50	18,45	16,21	18,53	-	-
Tepung Jagung ²⁾	6,57	8,23	-	-	4,05	6,53
Tepung Pisang ³⁾	-	-	-	-	2,11	2,45
Tepung Sukun ⁴⁾	7,02	8,72	-	-	-	-

Sumber : ^{*})Tepung hasil penelitian ini; ¹⁾Oke dan Bolarinwa (2012); ²⁾Ntau *et al.* (2017); ³⁾Buwono *et al.* (2018); ⁴⁾Appiah *et al.* (2011)

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap OAC tepung uwi kuning ($p \leq 0,05$). Pada tepung uwi kontrol sama sekali tidak mengalami fermentasi, maka tidak terjadi degradasi makromolekul berupa protein dan lemak oleh asam yang dihasilkan oleh BAL (Aini *et al.*, 2016). Kapasitas penyerapan minyak dipengaruhi oleh kadar protein dan lemak (Aini *et al.*, 2010). Kadar lemak yang dimiliki oleh tepung uwi kuning yaitu 0,63 g/100 g. Kemampuan penyerapan minyak yang rendah berhubungan dengan kandungan asam amino non-polar yang rendah (Rosida *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2020). Hal ini berhubungan dengan mekanisme kapasitas penyerapan minyak yang disebabkan pemerangkapan minyak secara fisik dengan gaya kapiler dan peran hidrofobisitas protein (Aini *et al.*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Uji aktivitas antioksidan pada tepung uwi kuning fermentasi diperoleh nilai aktivitas antioksidan dengan rentang 22,24-67,68%, sedangkan untuk asam askorbat dengan konsentrasi dan perlakuan yang sama dengan sampel tepung diperoleh nilai aktivitas antioksidan 71,17%. Nilai rata-rata aktivitas antioksidan tepung uwi kuning pada berbagai lama fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa fermentasi menggunakan cairan sauerkraut dapat meningkatkan antioksidan tepung uwi

kuning. Hal yang sama dilaporkan oleh Rizzello *et al.* (2017) dan Nionelli *et al.* (2014) pada *sourdough* hasil fermentasi menggunakan BAL.

Mekanisme penangkal radikal bebas DPPH oleh antioksidan yaitu berupa donasi proton kepada radikal. Kemampuan mereduksi berkaitan dengan kemampuan melepaskan atom hidrogen untuk bereaksi dengan radikal bebas sehingga terbentuk radikal antioksidan. Pengurangan nilai serapan DPPH terjadi jika elektron tidak berpasangan menjadi berpasangan karena adanya zat antioksidan yang mengikat elektron tersebut, sehingga menyebabkan semakin mudarnya warna ungu menjadi kuning sampai hampir tidak berwarna.

Kenaikan nilai aktivitas antioksidan cukup signifikan dari tepung fermentasi uwi kuning tanpa fermentasi sampai tepung uwi kuning fermentasi selama 60 jam. Senyawa yang berperan sebagai antioksidan dalam umbi uwi salah satunya yaitu dioscorin. Dioscorin merupakan protein yang terdapat dalam umbi tanaman tropis dari keluarga *Dioscorea spp* (Prabowo *et al.*, 2014). Senyawa bioaktif lain yang diduga terdapat dalam umbi uwi berperan dalam aktivitas antioksidan yaitu diosgenin. Diosgenin adalah golongan saponin alami yang banyak ditemukan pada kacang-kacangan dan umbi dari jenis *Dioscorea sp* (Prabowo *et al.*, 2014).

Aktivitas Emulsi

Aktivitas emulsi adalah kemampuan protein mengambil bagian dalam pembentukan emulsi dan dalam menstabilkan emulsi yang baru terbentuk (Tafadzwa *et al.*, 2021). Sifat emulsi ini dapat menguntungkan pada sebagian besar produk makanan termasuk margarin, saus, adonan roti, dan cake.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa aktivitas emulsi tidak dipengaruhi oleh adanya perlakuan lama fermentasi.

Hasil ini sama dengan OAC (*oil absorption capacity*) tepung. Hal ini membuktikan bahwa adanya korelasi antara OAC dan aktivitas emulsi tepung uwi kuning.

Proses asidifikasi dapat mengganggu ikatan rantai protein salah satunya pada interaksi hidrofobik non-polar. Untuk membentuk emulsi yang stabil maka molekul protein lebih awal harus menjangkau permukaan air, lemak, kemudian membenteng sehingga kelompok hidrofobik dapat berhubungan dengan fase lemak. Perbandingan jumlah asam amino lipofilik-hidrofilik yang seimbang mempengaruhi daya emulsi. Keseimbangan ini yang tidak dimiliki oleh tepung uwi kuning fermentasi, sehingga didapat hasil aktivitas emulsi dari tepung uwi tanpa fermentasi lebih besar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap nilai kromatik warna b^* , *solubility* pada suhu 65 °C dan 75 °C, *water absorption capacity* (WAC), dan aktivitas antioksidan. Lama fermentasi tepung uwi kuning tidak berpengaruh nyata pada derajat kromatik warna L^* dan a^* , hue , kadar air, kadar serat kasar, *swelling power* dan *solubility* di beberapa titik suhu, *oil absorption capacity* (OAC), dan aktivitas emulsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, -N., Hariyadi, -P., Muchtadi, T, -R., Andarwulan, -N., 2010. Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 21(1), 18-24. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/2450>
- Aini, -N., Wijonarko, -G., Sustriawan, -B., 2016. Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *AGRITECH*. 36(2), 160-169. <https://doi.org/10.22146/agritech.12860>
- Aliya, -H., Maslakah, -N., Numrapi, -T., Buana, A, -P., Hasri, Y, -N., 2015. Pemanfaatan asam laktat hasil fermentasi limbah kubis sebagai pengawet anggur dan stroberi. *Bioedukasi*. 9(1), 23-28. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v9i1.3878>
- Amandikwa, -C., Iwe, M, -O., Uzomah, -A., Olawuni, A, -I., 2015. Physico-chemical properties of wheat-yam flour composite bread. *Nigerian Food Journal*. 33(1), 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.nifoj.2015.04.011>
- Andarwulan, N, Kusnandar, F, Herawati, D. 2011. *Analisis Pangan, 3^{ed}*. Dian Rakyat, Jakarta
- Andriani, -M., Ananditho, B, -K., Nurhartadi, -E., 2013. Pengaruh suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik dan sensori tepung tempe "bosok." *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 6(2), 95-102. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13522>
- AOAC. 2012. *Official Methods Of Analysis of AOAC International, 19th Ed.* AOAC International, Gaithersburg
- Appiah, -F., Oduro, -I., Ellis, W, -O., 2011. Functional properties of Artocarpus altilis pulp flour as affected by fermentation. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2(5), 773-779. <https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.5.773.779>

- Baba, W., -N., Rashid, -I., Shah, -A., Ahmad, -M., Gani, -A., Masoodi, F., -A., Wani, I, -A., Wani, S, -M., 2016. Effect of microwave roasting on antioxidant and anticancerous activities of barley flour. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 15(1), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.003>
- Buwono, M, -N., Amanto, B, -S., Widowati, -E., 2018. Study of physical, chemical, and sensory characteristics of modified square banana flour (*Musa balbisiana*). *Indonesian Food and Nutrition Progress*. 15(1), 30-42. <https://doi.org/10.22146/ifnp.33729>
- Damayanti, -E., Kurniadi, -M., Helmi, R, -L., Frediansyah, -A., 2020. Single starter *Lactobacillus plantarum* for modified cassava flour (mocaf) fermentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 462, 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/462/1/012021>
- Darmawan, M, -R., Andreas, -P., Jos, -B., Sumardiono, -S., 2013. Modifikasi ubi kayu dengan proses fermentasi menggunakan starter *Lactobacillus casei* untuk produk pangan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4), 137-145. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtki/article/view/4037>
- Ekafitri, R. 2009. Karakterisasi Tepung Lima Varietas Jagung Kuning Hibrida dan Potensinya untuk Dibuak Mie Jagung. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Etudaiye, H, -A., Nwabueze, T, -U., Sanni, L, -O., 2009. Quality of fufu processed from cassava mosaic disease (CMD) resistant varieties. *African Journal of Food Science*. 3(3), 61-67. https://www.researchgate.net/publication/284677570_Quality_of_fufu_processed_from_Cassava_Mosaic_Disease_CMD_resistant_varieties
- Falade, K, -O., Christopher, A, -S., 2015. Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids*. 44, 478-490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.005>
- Hapsari, R, -T., 2014. Prospek uwi sebagai pangan fungsional dan bahan diversifikasi pangan. *Buletin Palawija*. 27, 26-38. <https://doi.org/10.21082/bulpa.v0n27.2014.p26-38>
- Hardiyanti, Nisah, -K., 2019. Analisis kadar serat pada bakso bekatul dengan metode gravimetri. *Amina Ar-Raniry Chemistry Journal*. 1(3), 103-107. <https://doi.org/10.22373/amina.v1i3.42>
- Hersoelistyorini, W., Dewi, S, -S., Kumoro, A, -C. 2015. Sifat fisikokimia dan organoleptik tepung mocaf (modified cassava flour) dengan fermentasi menggunakan ekstrak kubis. *Prosiding University Research Colloquium*. 10-17. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn12012010/article/view/1476>
- Imanningsih, -N., Muchtadi, -D., Wresdiyati, -T., Palupi, N, -S., Komari, 2013. Acidic soaking and steam blanching retain anthocyanins and polyphenols in purple *Dioscorea alata* flour. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 24(2), 121-128. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.121>
- Indrastuti, -E., Harijono, Susilo, -B., 2012. Karakteristik tepung uwi ungu (*dioscorea alata* L.) yang direndam dan dikeringkan sebagai bahan *edible paper*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(3), 169-176. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/371/734>
- Junejo, S, -A., Flanagan, B, -M., Zhang, -B., Dhital, -S., 2021. Starch structure and nutritional functionality - past revelations and future prospects. *Carbohydrate Polymers*. 277, 118837. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118837>
- Kristianto, A. 2013. Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tepung Koro Benguk (*Mucuna pruriens* L.) Berprotein Tinggi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kurniawan, T, -B., Bintari, S, -H., Susanti, -R., 2014. Efek interaksi ragi tape dan ragi roti terhadap kadar bioetanol ketela pohon (*Manihot Utilissima*, Pohl) varietas mukibat. *Biosaintifika Journal of Biology and Biology Education*. 6(2), 152-160. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v6i2.3783>

- Li, J, -Y., Yeh, -A., 2001. Relationship between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *Journal of Food Engineering*. 50(3), 141-148. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00236-3)
- Mandasari, -R., Amanto, B, -S., Ridwan, A, -A., 2015. Kajian karakteristik fisik, kimia, fisikokimia dan sensori tepung kentang hitam (*Coleus tuberosus*) termodifikasi menggunakan asam laktat. *Jurnal Teknosains Pangan*. 4(3), 1-15. <https://jurnal.uns.ac.id/teknosains-pangan/article/view/4680>
- Mir, S, -A., Bosco, S, J, -D., 2014. Cultivar difference in physicochemical properties of starches and flours from temperate rice of Indian Himalayas. *Food Chemistry*. 157, 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.057>
- Nionelli, -L., Curri, -N., Curiel, J, -A., Cagno, -R., Pontonio, -E., Cavoski, -I., Gobbetti, -M., Rizzello, C, -G., 2014. Exploitation of Albanian wheat cultivars: Characterization of the flours and lactic acid bacteria microbiota, and selection of starters for sourdough fermentation. *Food Microbiology*. 44, 96-107. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.05.011>
- Nofrida, R. 2013. Film Indikator Warna Daun Erpa (*Aerva sanguinolenta*) Sebagai Kemasan Cerdas untuk Produk Rentan Suhu dan Cahaya. Thesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Ntau, -L., Sumual, M, -F., Assa, J, -R., 2017. Pengaruh fermentasi *Lactobacillus casei* terhadap sifat fisik tepung jagung manis (*Zea mays saccharata Sturt*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 5(2), 11-19. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/itp/article/download/19712/19295>
- Oke, M, -O., Bolarinwa, I, -F., 2012. Effect of fermentation on physicochemical properties and oxalate content of cocoyam (*Colocasia esculenta*) Flour. *International Scholarly Research Notices*. 2012, 1-4. <https://doi.org/10.5402/2012/978709>
- Peñas, E, Martinez-Villaluenga, C, Frias, J, 2017. Sauerkraut: Production, Composition, and Health Benefits, in: Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., Peñas, E. (Ed.), *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00024-8>
- Prabowo, A, -Y., Estiasih, -T., Purwantiningrum, -I., 2014. Umbi gembili (*Dioscorea esculenta L.*) sebagai bahan pangan mengandung senyawa bioaktif: Kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3), 129-135. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/60>
- Rahaman, -A., Kumari, -A., Zeng, -X., Farooq, M, -A., Siddique, -R., Khalifa, -I., Siddeeg, -A., Ali, -M., Manzoor, M, -F., 2021. Ultrasound based modification and structural functional analysis of corn and cassava starch. *Ultrasound Sonochemistry*. 80, 105795. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105795>
- Ray, B. 2004. *Food Microbiology Laboratories, Third. ed.* CRC Press, Florida
- Richana, -N., Sunarti, T, -C., 2004. Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubikelapa dan gembili. *Jurnal Pascapanen*. 1(1), 29-37. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v1n1.2004.29-37>
- Rizzello, C, -G., Lorusso, -A., Russo, -V., Pinto, -D., Marzani, -B., Gobbetti, -M., 2017. Improving the antioxidant properties of quinoa flour through fermentation with selected autochthonous lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 241, 252-261. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.035>
- Rosida, D, -F., Hapsari, -N., Djajati, -S., Erdianti, 2015. Characteristics of functional properties of beans protein resulted extraction of hydrochloric acid, in: The 1st International Joint Conference Indonesia-Malaysia-Bangladesh-Ireland 2015. Universitas Ubudiyah Indonesia, Banda Aceh, hal. 939-949.
- Santosa, -H., Handayani, N, -A., Bastian, H, -A., Kusuma, I, -M., 2015. Modifikasi tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea Batatas L. Poir*) dengan metode Heat Moisture

- Treatment (HMT) sebagai bahan baku pembuatan mi instan. *Metana Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. 11(1), 37-46. <https://doi.org/10.14710/metana.v11i01.12580>
- Selvi, A, -T., Joseph, G, -S., Jayaprakasha, G, -K., 2003. Inhibition of growth and aflatoxin production in *Aspergillus flavus* by *Garcinia indica* extract and its antioxidant activity. *Food Microbiology*. 20(4), 455-460. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00142-9](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00142-9)
- Setiarto, R, H, -B., Widhyastuti, -N., 2016. Pengaruh fermentasi bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* B307 terhadap kadar proksimat dan amilografi tepung taka modifikasi (*Tacca leontopetaloides*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(1), 7-12. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.1.7>
- Setiyoko, -A., Nugraeni, Hartutik, -S., 2018. Optimasi suhu pemanasan dan kadar air pada proses produksi tepung bengkuang termodifikasi dengan teknik *heat moisture treatment* (HMT) sebagai bahan baku mie basah. *Seminar Nasional Inovasi Pangan Lokal untuk Mendukung Ketahanan Pangan*, Universitas Mercubuana, Yogyakarta. pp. 8-14
- Sihotang, S, N, -J., Lubis, -Z., Ridwansyah, 2015. Karakteristik fisikokimia dan fungsional tepung gandum yang ditanam di Sumatera Utara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 3(3), 330-337. <https://www.e-jurnal.com/2015/11/karakteristik-fisikokimia-dan.html>
- Styawati, N, -E., Muhtarudin, Liman, 2014. Pengaruh lama fermentasi *Trametes sp.* terhadap kadar bahan kering, kadar abu, dan kadar serat kasar daun nenas varietas smooth cayene. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 2(1), 19-24. <https://doi.org/10.23960/jipt.v2i1.p%25p>
- Sutedja, A, M. 2010. Fraksinasi Protein dan Karakterisasi Sifat Fungsional Tepung Okara. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Tafadzwa, -J., Zvamaziva, -T., Magogo, -C., Mugari, -A., Manjeru, -P., Manhokwe, -S., 2021. Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties OF quinoa and amaranth flour AS potential binders in beef sausages. *Food Chemistry*. 365, 130619. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130619>
- Tamaroh, -S. 2020. Pemberian pengetahuan dan praktek pembuatan tepung uwi ungu sebagai sumber antioksidan di KWT Tri Manunggal Dusun Beji Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Jurnal Agro Dedikasi Masyarakat*. 1(2), 37-43. <https://journal.ummat.ac.id/index.php/JADM/article/download/2908/2138>
- Tuapattinaya, P, M, -J., 2016. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kandungan serat kasar tepung biji lamun (*Enhalus acoroides*), serta implikasinya bagi pembelajaran masyarakat di Pulau Osil Kabupaten Seram bagian barat. *Biosel Biology Science Education*. 5(1), 46-55. <https://doi.org/10.33477/bs.v5i1.484>
- Ulyarti, -U., Lavlinesia, -L., Nuzula, -N., Nazarudin, -N., 2018. Sifat fungsional pati ubi kelapa kuning (*Dioscorea alata*) dan pemanfaatannya sebagai pengental pada saus tomat. *AGRITECH* 38(3), 235-242. <https://doi.org/10.22146/agritech.30965>
- Ulyarti, Yulia, -A., Nazarudin, Armando, Y, -G., Erawaty, -L., 2021. Functional properties of purple water yam flour modified by *Lactobacillus plantarum*. *Makara Journal of Science*. 25(1), 1-7. <https://doi.org/10.7454/mss.v25i1.1169>
- Wahyani, Mustabi, -J., Asriany, -A., 2021. Kandungan protein kasar dan serat kasar silase pakan komplit berbahan dasar eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada lama fermentasi yang berbeda. *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*. 15, 10-19. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bnmt/article/view/19460>
- Wang, -L., Fan, -D., Chen, -W., Terentjev, E, -M., 2015. Bacterial growth, detachment and cell size control on polyethylene terephthalate surfaces. *Scientific Reports*. 5, 15159. <https://doi.org/10.1038/srep15159>
- Wang, -N., Naximiuk, -L., Fenn, -D., Nickerson, M, -T., Hou, -A. 2020. Development of a method for determining oil absorption in pulse

- flour and protein material. *Cereal Chemistry*. 97, 1111-1117. <https://doi.org/10.1002/cche.10339>
- Wang, -Q., Li, -L., Zheng, -X., 2021. Recent advances in heat-moisture modified cereal starch: structure, functionality and its application in starchy food system. *Food Chemistry*. 344, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128700>
- Widoyo, -S., Handajani, -S., Nandariyah, 2015. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai. *Biofarmasi*. 13(2), 59-65. <https://doi.org/10.13057/biofar/f130203>
- Wulandari, Y, -W., Mustofa, -A., 2016. Karakteristik kimiawi tepung mocaf dengan variasi fermentasi spontan menggunakan yoghurt sebagai starter culture. *JITIPARI*. 1(1), 18-22. <https://doi.org/10.33061/jitipari.v1i1.1511>
- Yang, Xiaozhe, Hu, -W., Xiu, -Z., Jiang, -A., Yang, Xiangyan, Sarengaowa, Ji, -Y., Guan, -Y., Feng, -K., 2020. Comparison of northeast sauerkraut fermentation between single lactic acid bacteria strains and traditional fermentation. *Food Research International*. 137, 109553. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109553>