



Derajat Keasaman, Densitas Kamba, Dan Warna Tepung Komposit Termodifikasi Dengan Variasi Suhu Dan Waktu Autoklaf

Sarah Giovani^{1✉}, Reihan Muhammad Akbar Rambe², Nafisah Eka Puteri³, Nadya Mara Adelina⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia, Indonesia

³Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.26623/jtphp.v20i1.10772>

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit 25 September 2024

Direvisi 20 Januari 2025

Disetujui 28 Februari 2025

Keywords:

Autoclave; Composite Flour;

Protein-Rich Flour; pH Value;

Bulk Density; Lightness

Abstrak

Tepung komposit dibuat dengan menggunakan proporsi 10% tepung rumput laut merah, 40% tepung tulang ikan tuna sirip kuning, dan 50% tepung tempe koro pedang. Selanjutnya, tepung komposit tersebut dimodifikasi secara fisik. Modifikasi fisik secara umum adalah dengan pemanasan. Salah satu metode panas bertekanan adalah autoklaf. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu autoklaf terhadap karakteristik fisik tepung komposit termodifikasi. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu suhu autoklaf terdiri dari 121°C dan 127°C. Faktor kedua yaitu waktu autoklaf terdiri dari 10, 20, dan 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tepung komposit termodifikasi autoklaf memiliki nilai derajat keasaman (pH) berkisar antara 6,05-6,19, nilai densitas kamba berkisar antara 0,807-0,838 g/mL, nilai L* berkisar antara 55,60-62,47, nilai a* berkisar antara 4,38-5,21, dan nilai b* berkisar antara 21,62-25,00.

Abstract

Composite flour was made using a proportion of 10% red seaweed flour, 40% yellowfin tuna fish bone flour, and 50% jack bean tempeh flour. Furthermore, the composite flour was physically modified. Physical modification in general is by heating. One of the pressurized heat methods is autoclaving. This study aimed to determine the effect of temperature variation and autoclaving time on the physical characteristics of modified composite flour. The experimental design used was a factorial completely randomized design (CRD) with two factors. The first factor was autoclave temperature consisting of 121°C and 127°C. The second factor was autoclaving time consisting of 10, 20, and 30 minutes. The results showed that the autoclaved modified composite flour had acidity (pH) values ranging from 6.05-6.19, bulk density values ranging from 0.807-0.838 g/mL, L* values ranging from 55.60-62.47, a* values ranging from 4.38-5.21, and b* values ranging from 21.62-25.00.

✉ Alamat Korespondensi: Jl. Sisingamangaraja, RT.2/RW.1, Selong, Kec. Kby. Baru, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12110
E-mail: sarah.giovani@uai.ac.id

PENDAHULUAN

Tepung komposit adalah tepung yang berasal dari beberapa jenis bahan baku yaitu umbi-umbian, kacang-kacangan, atau sereal dengan atau tanpa tepung terigu dan digunakan sebagai bahan baku olahan pangan (Astuti *et al.*, 2014). Kandungan protein yang cukup tinggi menjadikan rumput laut merah, tulang ikan tuna sirip kuning, dan tempe kacang koro pedang berpotensi sebagai tepung komposit tinggi protein. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Agusman *et al.* (2014), diketahui bahwa tepung rumput laut *E.cottonii* memiliki kadar protein sebesar 7,91% (bk). Penelitian yang dilakukan oleh Rozy & Ukhty (2021) diketahui bahwa kadar protein tepung tulang ikan tuna sirip kuning sebesar 12,65-15,11%. Penelitian yang dilakukan oleh Diniyah *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kadar protein tempe koro pedang berkisar 16,21-19,79%, sedangkan kadar protein tepung tempe koro pedang sebesar 38,54% (Gavi & Martati, 2018). Pada penelitian ini tepung komposit dibuat dengan menggunakan proporsi 10% tepung rumput laut merah, 40% tepung tulang ikan tuna sirip kuning, dan 50% tepung tempe koro pedang (Giovani *et al.*, 2023).

Modifikasi tepung dapat mempengaruhi karakteristik fisiknya. Modifikasi fisik secara umum adalah dengan pemanasan. Modifikasi ini relatif aman bila dibandingkan dengan modifikasi lainnya karena tidak menggunakan reagen kimia ataupun meninggalkan residu kimia. Pemanasan menggunakan autoklaf merupakan proses pemanasan menggunakan uap panas bertekanan tinggi pada suhu 121°C. Kelebihan autoklaf yaitu bertekanan tinggi sehingga proses pemanasan dapat dilakukan secara cepat serta terdapat fitur untuk mengatur waktu dan tekanan pemanasan (Khoirunisa & Sjoftan, 2022). Pemanasan basah autoklaf menggunakan suhu serta tekanan tinggi pada waktu yang lama sehingga terjadi denaturasi protein, perubahan warna, dan lepasnya ikatan peptida (Aulana *et al.*, 2015). Faktor yang dikaji adalah suhu dan waktu autoklaf. Variasi suhu dan waktu autoklaf ini akan mempengaruhi karakteristik fisik dari tepung komposit yang dihasilkan, meliputi derajat keasaman (pH), densitas kamba, dan warna.

Salah satu karakteristik fisik tepung yang penting adalah warna karena dapat dilihat secara visual oleh konsumen (Silviwanda *et al.*, 2023). Nilai pH tepung mendekati netral yang berkisar antara 6,5-7,5 yang menandakan tepung berkualitas baik karena tidak terlalu asam dan tidak terlalu basa (Arifin *et al.*, 2023). Densitas kamba (*bulk density*) merupakan karakteristik fisik khusus tepung-tepungan yang penting untuk diketahui terutama dalam hal pengemasan produk tersebut juga dalam penyimpanan dan transportasi (Sede *et al.*, 2015).

Penelitian tentang modifikasi tepung dengan autoklaf telah dilakukan pada penelitian sebelumnya bertujuan untuk meningkatkan nilai cerna protein dari tepung yang dihasilkan. Demir & Elgün (2014) melaporkan bahwa tepung hasil samping dari penggilingan terigu yang diberi perlakuan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit memiliki nilai cerna protein *in-vitro* lebih tinggi dibanding tepung kontrol. Namun, penelitian mengenai karakteristik fisik tepung komposit termodifikasi autoklaf meliputi derajat keasaman (pH), densitas kamba, dan warna belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik fisik pada tepung komposit termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu autoklaf.

METODE

Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan digital, talenan, pisau, baskom, panci kukus, panci, sendok, kompor gas (Rinnai RI-522E), autoklaf (Hirayama HVA-85), termometer, *food dehydrator* (Lock n lock EJO316), ayakan 60 mesh (SS 304 class A), *food processor* (Cosmos FP-313), blender (Philips HR2042/30), pH meter (pH700, Thermo Scientific Eutech), dan *chromameter* (Konica Minolta CR-400). Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan tepung komposit adalah rumput laut merah, tulang ikan tuna sirip kuning, dan tempe koro pedang. Rumput laut merah diperoleh dari CV Winner Perkasa Indonesia Unggul, Tangerang, Banten. Tulang ikan tuna sirip kuning merupakan produk samping proses pengolahan *fillet* ikan tuna di Indo Rice *Supplier Japanese Food*, Tangerang Selatan, Banten. Tempe koro pedang diperoleh dari BUMR Paramasera, Bogor, Jawa Barat.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu suhu autoklaf 121°C (A1) dan 127°C (A2) dan waktu autoklaf 10 menit (B1), 20 menit (B2), dan 30 menit (B3). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan analisis. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia-Biokimia Pangan Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Tepung Rumput Laut Merah

Proses pembuatan tepung rumput laut diawali dengan pencucian rumput laut segar hingga bersih, kemudian direndam dalam air bersih selama 24 jam untuk mengurangi bau amis dan melunakkan batang rumput laut. Rumput laut kemudian dicacah kecil-kecil dan digiling dengan blender agar mempercepat proses pengeringan. Rumput laut yang telah dicacah dan digiling, kemudian dikeringkan pada suhu 70°C selama 6 jam menggunakan *food dehydrator*. Rumput laut yang telah kering digiling menjadi tepung menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh (Giovani *et al.*, 2023).

Pembuatan Tepung Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning

Proses pembuatan tepung tulang ikan tuna sirip kuning yaitu, tulang ikan tuna sirip kuning beku dikeluarkan dari *freezer* selanjutnya di-*thawing* pada air mengalir selama 30 menit. Air dipanaskan di panci hingga mencapai suhu 80°C dan tulang ikan direbus selama 30 menit untuk mempermudah pembersihan tulang dari daging dan lemak yang masih melekat pada tulang ikan. Tulang ikan yang telah direbus dilakukan pencucian dengan air yang mengalir untuk menghilangkan sisa daging dan lemak yang masih menempel pada tulang, lalu ditiriskan. Tahapan selanjutnya adalah proses autoklaf tulang ikan pada suhu 121°C selama 1 jam untuk meremukan tulang ikan, kemudian dilakukan pencucian kembali dengan air yang mengalir untuk menghilangkan lemak yang masih melekat pada tulang ikan. Tulang ikan yang telah lunak selanjutnya dilakukan penghalusan menggunakan *food processor* dengan menambahkan rasio air mineral dan tulang ikan adalah 0,3:1. Pasta tulang ikan selanjutnya diletakkan di atas *tray* yang telah dilapisi terlebih dahulu dengan lembaran kertas roti, kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama 2 jam menggunakan *food dehydrator*. Tulang ikan yang telah kering dilakukan penggilingan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh (Giovani *et al.*, 2023).

Pembuatan Tepung Tempe Koro Pedang

Pembuatan diawali dengan pengirisan tempe koro pedang dengan ketebalan 0,2 cm menggunakan pisau. Kemudian, pengukusan irisan tempe dengan uap 10 menit pada suhu 80°C. Lalu, irisan tempe koro pedang ditata di atas *tray* dan dikeringkan menggunakan *food dehydrator* selama 6 jam pada suhu 60°C. Tempe koro pedang yang telah kering digiling menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh (Giovani *et al.*, 2023).

Pembuatan Tepung Komposit

Pembuatan tepung komposit diawali dengan pencampuran 10 gram tepung rumput laut merah, 40 gram tepung tulang ikan tuna sirip kuning, dan 50 gram tepung tempe koro pedang. Kemudian, diaduk secara manual menggunakan sendok dan diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh sebanyak 2 kali untuk memastikan campuran tepung homogen. Tepung yang telah diayak kemudian dikemas dalam plastik (Giovani *et al.*, 2023).

Modifikasi Autoklaf Tepung Komposit

Tepung komposit sebanyak 20 gram dimasukkan ke dalam *jar* kedap udara 200 mL. Selanjutnya, dikemas dengan plastik tahan panas dan dipanaskan dengan menggunakan autoklaf suhu 121°C dan 127°C masing-masing selama 10, 20, dan 30 menit (Demir & Elgün, 2014).

Prosedur Analisis

Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran nilai pH tepung komposit termodifikasi autoklaf menggunakan pH meter (pH700, Thermo Scientific Eutech). Sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam 10 mL aquadest lalu dilarutkan sampai homogen. pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan *buffer* pH 4 dan 7. Setelah dikalibrasi baru dilakukan pengukuran pH sampel dengan cara mencelupkan elektroda kedalam larutan sampel sampai diperoleh pembacaan yang stabil (Zainol *et al.*, 2020).

Densitas Kamba

Densitas kamba dinyatakan sebagai perbandingan berat sampel terhadap volumenya (g/mL). Sampel ditempatkan dalam gelas ukur 10 mL yang sebelumnya telah ditimbang. Sampel dipadatkan hingga mencapai 10 mL dengan cara diketuk-ketukkan hingga lebih dari 30 kali. Gelas ukur berisi 10 mL sampel kemudian ditimbang (Puteri *et al.*, 2017).

$$\text{Densitas Kamba (g/mL)} = \frac{\text{Bobot sampel (g)}}{\text{Volume sampel (mL)}}$$

Warna

Uji warna tepung komposit termodifikasi autoklaf dilakukan menggunakan *chromameter* (Konica Minolta CR-400). Uji warna dilakukan dengan sistem warna *hunter* L* (warna putih), a* (warna merah), dan b* (warna kuning). *Chromameter* terlebih dahulu dikalibrasi dengan standar warna putih yang terdapat pada alat tersebut (Puteri *et al.*, 2017).

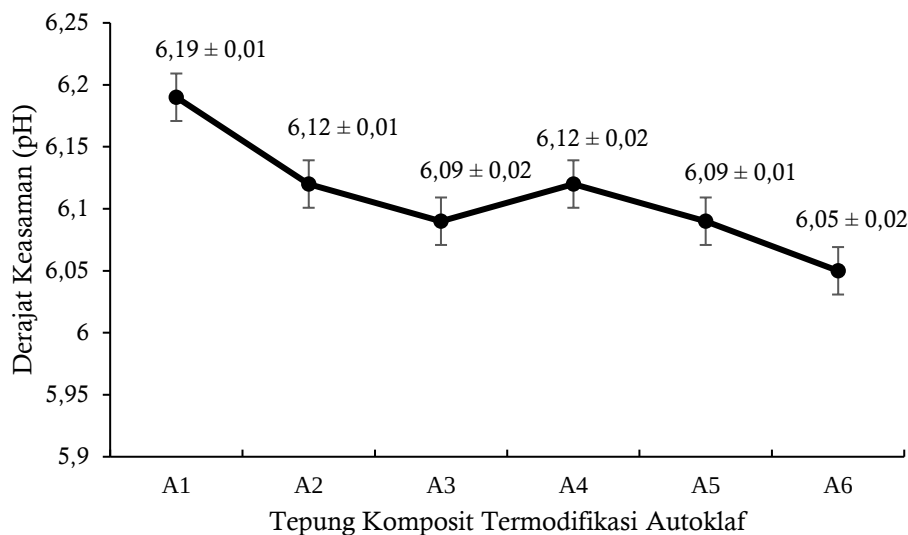
Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program SPSS statistics v23.0. Pengaruh variasi suhu dan waktu autoklaf terhadap karakteristik fisik diuji dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH) Tepung Komposit Termodifikasi Autoklaf

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ yang berada dalam larutan. Jika nilai pH semakin rendah, maka semakin banyak ion H^+ yang berada dalam larutan (Rosahdi *et al.*, 2022). Hasil uji pH tepung komposit termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu autoklaf dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Derajat Keasaman (pH) Tepung Komposit Termodifikasi dengan Variasi Suhu dan Waktu Autoklaf

Keterangan: A1 (Autoklaf 121°C; 10 menit); A2 (Autoklaf 121°C; 20 menit); A3 (Autoklaf 121°C; 30 menit); A4 (Autoklaf 127°C; 10 menit); A5 (Autoklaf 127°C; 20 menit); A6 (Autoklaf 127°C; 30 menit). Angka dalam grafik merupakan rerata dari 3 ulangan, $\pm$ menunjukkan standar deviasi.

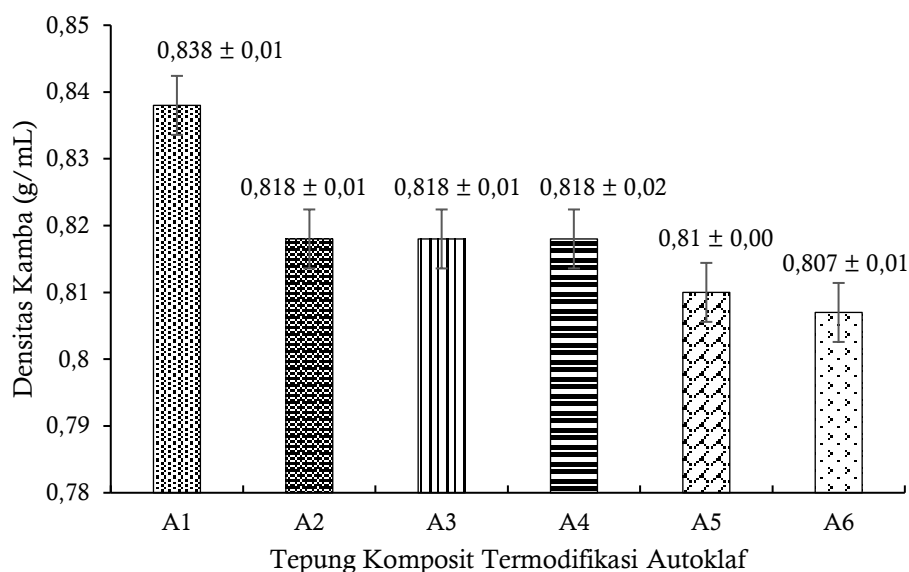
Nilai pH tepung komposit termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu autoklaf yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata berkisar 6,05-6,19. Nilai pH tepung komposit yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah bila dibandingkan dengan rerata nilai pH tepung ubi jalar termodifikasi berkisar antara 6,94-7,49 (Aulia & Putri, 2015) dan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH tepung kentang berkisar antara 3,22-5,84 (Lepar *et al.*, 2023) dan tepung MOCAF berkisar antara 4,24-5,98 (Putri *et al.*, 2018). Tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 127°C selama 30 menit memiliki nilai pH terendah yaitu 6,05, sedangkan tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 121°C selama 10 menit memiliki nilai pH tertinggi yaitu 6,19. Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan yang disebabkan oleh interaksi variasi suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai pH tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Sementara variasi suhu autoklaf (121°C dan 127°C)

menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai pH tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Hasil uji ANOVA juga menunjukkan variasi waktu autoklaf (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai pH tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$).

Nilai pH mengalami penurunan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (**Gambar 1**). Pemanasan dengan suhu tinggi dapat mempercepat penurunan pH dan mengurangi kadar air karena terjadi peningkatan denaturasi protein (Tanjung *et al.*, 2023). Hasil uji pH menunjukkan bahwa secara umum tepung komposit termodifikasi autoklaf memiliki derajat keasaman yang cukup baik, yang menunjukkan tepung komposit termodifikasi autoklaf berkualitas baik.

Densitas Kamba Tepung Komposit Termodifikasi Autoklaf

Densitas kamba merupakan perbandingan antara berat bahan dengan volume ruang yang ditempati setelah tepung dipadatkan (Pangastuti *et al.*, 2013). Semakin tinggi densitas kamba menunjukkan bahwa tepung semakin padat. Hasil uji densitas kamba tepung komposit termodifikasi autoklaf dengan variasi suhu dan waktu dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Densitas Kamba (g/mL) Tepung Komposit Termodifikasi dengan Variasi Suhu dan Waktu Autoklaf

Keterangan: A1 (Autoklaf 121°C; 10 menit); A2 (Autoklaf 121°C; 20 menit); A3 (Autoklaf 121°C; 30 menit); A4 (Autoklaf 127°C; 10 menit); A5 (Autoklaf 127°C; 20 menit); A6 (Autoklaf 127°C; 30 menit). Angka dalam grafik merupakan rerata dari 3 ulangan, $\pm$ menunjukkan standar deviasi.

Nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu autoklaf yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata berkisar 0,807-0,838 g/mL. Nilai densitas kamba yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan rerata nilai densitas kamba tepung kulit jeruk bali dan tepung kulit nangka masing-masing sebesar 0,744 dan 0,699 g/mL (Natalie *et al.*, 2022). Augustyn *et al.* (2019) melaporkan bahwa nilai densitas kamba tepung jagung sebesar 0,83 g/mL hampir sama dengan rerata nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi yang diperoleh pada penelitian ini. Tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 127°C selama 30 menit memiliki nilai densitas kamba terendah yaitu 0,807 g/mL, sedangkan tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 121°C selama 10 menit memiliki nilai densitas kamba tertinggi yaitu 0,838 g/mL. Densitas kamba tepung yang lebih tinggi menyebabkan tepung lebih efisien dalam penempatannya di dalam kemasan. Secara umum nilai densitas kamba pada bahan tepung sebesar 0,40-0,75 g/mL (Astawan & Hazmi, 2016).

Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang tidak signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi ($p > 0,05$). Nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi mengalami penurunan

seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (**Gambar 2**). Sementara variasi suhu autoklaf (121°C dan 127°C) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Hasil uji ANOVA juga menunjukkan variasi waktu autoklaf (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Hal ini disebabkan selama pemanasan autoklaf terjadi degradasi molekul polimer penyusun bahan seperti karbohidrat, protein, dan lemak menjadi molekul yang sederhana dengan berat molekul lebih rendah, sehingga nilai densitas kamba menurun (Arygunartha *et al.*, 2022). Bentuk partikel juga mempengaruhi nilai densitas kamba suatu tepung. Partikel-partikel dengan porositas besar mengakibatkan rongga-rongga antar partikel terisi oleh udara sehingga nilai densitas kamba lebih kecil (Atmaka & Sigit, 2010). Fera *et al.* (2021) melaporkan bahwa tekstur kasar menyebabkan porositas pada tepung sukun semakin besar. Nilai densitas kamba yang semakin besar disebabkan porositas semakin kecil dan berbanding lurus dengan daya serap air.

Warna Tepung Komposit Termodifikasi Autoklaf

Warna tepung komposit diukur dengan alat *chromameter* dengan sistem *Hunter* terdiri dari nilai L^* , a^* , dan b^* (Ginting *et al.*, 2015). Hasil uji warna tepung komposit termodifikasi autoklaf dengan variasi suhu dan waktu dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Warna Tepung Komposit Termodifikasi dengan Variasi Suhu dan Waktu Autoklaf

Perlakuan Autoklaf	L^*	a^*	b^*
A1	62,47 $\pm$ 0,13	4,38 $\pm$ 0,02	25,00 $\pm$ 0,02
A2	59,18 $\pm$ 0,11	4,61 $\pm$ 0,05	23,23 $\pm$ 0,03
A3	57,31 $\pm$ 0,03	4,84 $\pm$ 0,02	22,64 $\pm$ 0,05
A4	60,18 $\pm$ 0,05	4,43 $\pm$ 0,08	23,19 $\pm$ 0,03
A5	57,79 $\pm$ 0,12	4,68 $\pm$ 0,10	22,28 $\pm$ 0,12
A6	55,60 $\pm$ 0,16	5,21 $\pm$ 0,05	21,62 $\pm$ 0,06

Keterangan: A1 (Autoklaf 121°C; 10 menit); A2 (Autoklaf 121°C; 20 menit); A3 (Autoklaf 121°C; 30 menit); A4 (Autoklaf 127°C; 10 menit); A5 (Autoklaf 127°C; 20 menit); A6 (Autoklaf 127°C; 30 menit). Angka dalam tabel merupakan rerata dari 3 ulangan, $\pm$ menunjukkan standar deviasi.

Nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan (*lightness*) dengan nilai berkisar antara 0 yang berarti hitam sampai 100 yang berarti putih. Semakin tinggi nilai L^* menunjukkan warna yang semakin cerah. Nilai L^* tepung komposit termodifikasi berkisar antara 55,60 hingga 62,47. Nilai L^* yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah bila dibandingkan dengan rerata nilai L^* tepung komposit berbahan dasar tepung ubi jalar, pati jagung, dan tepung kedelai berkisar antara 90,64-95,02 (Ginting *et al.*, 2015). Tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 127°C selama 30 menit memiliki nilai L^* terendah yaitu 55,60, sedangkan tepung komposit termodifikasi autoklaf pada suhu 121°C selama 10 menit memiliki nilai L^* tertinggi yaitu 62,47.

Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang tidak signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai L^* tepung komposit termodifikasi ($p > 0,05$). Nilai L^* tepung komposit termodifikasi mengalami penurunan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (**Tabel 1**). Berdasarkan hasil uji ANOVA, diketahui bahwa adanya perbedaan yang signifikan terhadap nilai L^* tepung komposit termodifikasi autoklaf seiring dengan peningkatan waktu autoklaf (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) ($p < 0,05$). Sementara variasi suhu autoklaf (121°C dan 127°C) menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan terhadap nilai L^* tepung komposit termodifikasi ($p > 0,05$). Proses pemanasan dapat menurunkan kecerahan produk tepung.

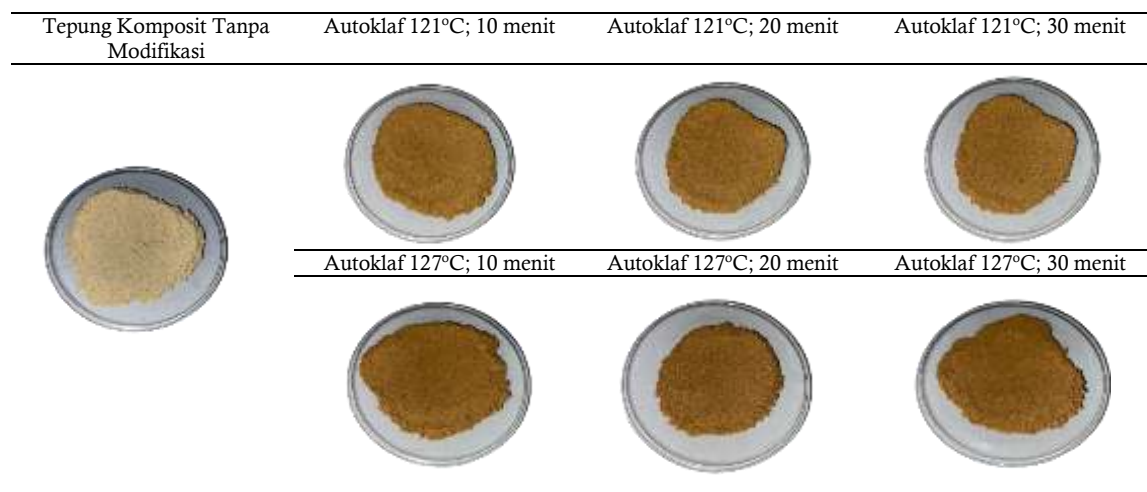
Penurunan nilai L^* tepung komposit termodifikasi disebabkan oleh reaksi pencokelatan non enzimatis yang terjadi selama proses pemanasan autoklaf. Peningkatan suhu dan waktu autoklaf yang digunakan dapat meningkatkan terjadinya reaksi Maillard dan menyebabkan warna tepung komposit termodifikasi semakin gelap (**Gambar 3**) (Syafutri *et al.*, 2021). Reaksi Maillard dapat terjadi karena adanya reaksi antara gula pereduksi dengan komponen amino yang akan meningkat seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (Safitri *et al.*, 2023).

Nilai a^* (*redness*) merupakan warna campuran merah-hijau dengan nilai berkisar antara 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai a^* (-) berkisar antara 0 sampai -80 untuk warna hijau. Nilai a^* tepung komposit termodifikasi berkisar antara 4,38 hingga 5,21. Yuniarsih *et al.* (2019) melaporkan

bahwa nilai a^* tepung komposit talas beneng dan daun kelor berkisar antara -0,91 sampai 3,76. Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai a^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Nilai a^* tepung komposit termodifikasi mengalami peningkatan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (**Tabel 1**). Sementara variasi suhu autoklaf (121°C dan 127°C) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai a^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Hasil uji ANOVA juga menunjukkan variasi waktu autoklaf (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai a^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$).

Nilai b^* (*yellowness*) menunjukkan warna kromatik campuran biru-kuning dan nilai b^* (+) berkisar 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai b^* (-) berkisar 0 sampai -70 untuk warna biru. Nilai b^* tepung komposit termodifikasi berkisar antara 21,62 hingga 25,00. Yuniarsih *et al.* (2019) melaporkan bahwa nilai b^* tepung komposit talas beneng dan daun kelor berkisar antara 11,64 sampai 14,55. Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai b^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$).

Nilai b^* tepung komposit termodifikasi mengalami penurunan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf (**Tabel 1**). Sementara variasi suhu autoklaf (121°C dan 127°C) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai b^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Hasil uji ANOVA juga menunjukkan variasi waktu autoklaf (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap nilai b^* tepung komposit termodifikasi ($p < 0,05$). Gabungan nilai a^* yang tinggi dan nilai b^* yang rendah menghasilkan tepung komposit termodifikasi autoklaf dengan warna kusam (merah) dan sedikit kuning (**Gambar 3**), sehingga menghasilkan tingkat kecerahan yang rendah (Kaemba *et al.*, 2017).



Gambar 3. Tepung Komposit Termodifikasi dengan Variasi Suhu dan Waktu Autoklaf

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu dan waktu autoklaf mempengaruhi karakteristik fisik tepung komposit termodifikasi. Nilai pH mengalami penurunan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf ($p < 0,05$). Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang tidak signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai densitas kamba tepung komposit termodifikasi ($p > 0,05$). Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang tidak signifikan yang disebabkan oleh interaksi antara suhu dan waktu autoklaf terhadap nilai L^* tepung komposit termodifikasi ($p > 0,05$). Nilai a^* tepung komposit termodifikasi mengalami peningkatan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf ($p < 0,05$). Nilai b^* tepung komposit termodifikasi mengalami penurunan seiring dengan semakin tinggi suhu autoklaf dan semakin lama waktu autoklaf ($p < 0,05$).

DAFTAR PUSTAKA

Agusman, Apriani, S.N.K., dan Murdinah. 2014. Penggunaan Tepung Rumput Laut *Eucheuma cottonii* pada Pembuatan Beras Analog dari Tepung *Modified Cassava Flour* (MOCAF). *JPB Perikanan* 9(1): 1-10.

- Arifin, N., Monica, M., dan Fatati. 2023. Pengaruh Penambahan Ragi Tempe Terhadap Kualitas Fisik Tepung Putih Telur Itik. Prosiding Seminar Nasional Cendekia Peternakan (SENACENTER) (69-75) 2(1), 8 Februari, Kediri: UNISKA.
- Arygunartha, G.Y., Setianingsih, N.L.P.P., dan Sunarso, S.U.P. 2022. Pengaruh Proses Pengolahan Terhadap Sifat Fisika dan Kimia Bubuk Kedelai: *Literature Review*. *Jurnal Impresi Indonesia (JII)* 1(2): 89-94.
- Astawan, M. dan Hazmi, K. 2016. Karakteristik Fisikokimia Tepung Kecambah Kedelai. *PANGAN* 25(2): 105-112.
- Astuti, S.D., Andarwulan, N., Hariyadi, P. dan Agustia, F.C. 2014. Formulasi dan Karakterisasi *Cake* Berbasis Tepung Komposit Organik Kacang Merah, Kedelai, dan Jagung. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3(2): 54-59.
- Atmaka, W. dan Sigit, B. 2010. Kajian Karakteristik Fisikokimia Tepung Instan Beberapa Varietas Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 3(1): 13-20.
- Augustyn, G.H., Tetelepta, G., dan Abraham, I.R. 2019. Analisis Fisikokimia Beberapa Jenis Tepung Jagung (*Zea mays* L.) Asal Pulau Moa Kabupaten Maluku Barat Daya. *AGRITEKNO Jurnal Teknologi Pertanian* 8(2): 58-63.
- Aulana, L.N., Sugiyono, dan Syamsir, E. 2015. Karakterisasi Sifat Fisikokimia dan Fungsional Terigu Modifikasi Panas. *Jurnal Mutu Pangan* 2(2): 96-102.
- Aulia, R.E. dan Putri, W.D.R. 2015. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Oranye Hasil Modifikasi Kimia dengan STPP. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2): 476-482.
- Demir M.K. and Elgün A. 2014. Comparison of Autoclave, Microwave, IR and UV-C Stabilization of Whole Wheat Flour Branny Fractions upon the Nutritional Properties of Whole Wheat Bread. *J Food Sci Technol* 51(1): 59-66.
- Diniyah, N., Windrati, W.S., Maryanto, M., Purnomo, B.H., dan Wardani, W. 2014. Karakterisasi Tempe Koro Pedang (*Canavalia ensiformis* (L)) yang Dibuat dengan Variasi Persentase Ragi dan Jenis Pengemas. *J of Agro-based Industry* 31(1): 1-10.
- Fera, T., Ferdiansyah, M.K., Affandi, A.R., dan Umiyati, R. 2021. Perbandingan Karakteristik *Bulk Density* dan Serat Kasar pada Tepung Sukun serta Tepung Terigu. *Science and Engineering National Seminar* 6 (SENS 6) (1-4), 16 Desember, Semarang: UPGRIS.
- Gavi, N.A.M. dan Martati, E. 2018. Pengaruh Substitusi Tepung Tempe Koro Pedang (*Canavalia ensiformis* L.) dan Minyak Jagung Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan Organoleptik *Brownies* Kukus. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 6(2): 94-105.
- Ginting, I., Julianti, E., dan Nainggolan, R.J. 2015. Karakteristik Fisikokimia Tepung Komposit Berbahan Dasar Tepung Ubi Jalar, Pati Jagung, dan Tepung Kedelai. *J.Rekayasa Pangan dan Pert* 3(1): 19-25.
- Giovani, S., Aidina, R., Komalasari, E., dan Puteri, N.E. 2023. Formulasi dan Karakteristik Organoleptik Tepung Komposit Rumpun Laut Merah, Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning, dan Tempe Koro Pedang. *Jurnal Teknologi Pangan* 17(2): 55-69.
- Kaemba, A., Suryanto, E., dan Mamujaja, C.F. 2017. Karakteristik Fisiko-Kimia dan Aktivitas Antioksidan Beras Analog dari Sagu Baruk (*Arenga microcarpha*) dan Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L. Poirét). *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 5(1): 1-8.
- Khoirunisa, A.N. dan Sjoefan, O. 2022. Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Komposisi Kimia Biji Rami (*Linum usitatissimum*) sebagai Bahan Pakan Unggas. *Jurnal Sains dan Teknologi Peternakan* 3(2): 35-42.
- Lepar, D.M.E., Oessoe, Y.Y.E., dan Sumual, M.F. 2023. Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tepung Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Teknologi Pertanian* 14(2): 99-109.
- Natalie, K., Pantjajani, T., Dewi, A.D.R., dan Purwanto, M.G.M. 2019. Karakterisasi Fisikokimia dan *Functional Properties* Tepung Kulit Buah Jeruk Bali (*Citrus maxima*) dan Tepung Kulit Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *TEKNOLOGI PANGAN: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian* 13(1): 44-53.
- Pangastuti, H.A., Affandi, D.R., dan Ishartani, D. 2013. Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Tepung Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris* L.) dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan. *Jurnal Teknosains Pangan* 2(1): 20-29.
- Puteri, N.E., Astawan, M., dan Palupi, N.S. 2017. Karakteristik Tepung Tempe Larut Air. *Jurnal Pangan* 26(2): 117-126.
- Putri, N.A., Herlina, H., dan Subagio, A. 2018. Karakteristik MOCAF (*Modified Cassava Flour*) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agroteknologi* 12(1): 79-89.

- Rosahdi, T.D., Kurniasih, N., Supriadin, A., Sari, F.A.N., dan Aisah, D.S. 2022. Potensi Tepung Biji Durian (*Durio zibenthinus* Murr) dan Tepung Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Sebagai Prebiotik. *TEKNOTAN* 16(1): 25-28.
- Rozi, A. dan Ukhty, N. 2021. Karakteristik Tepung Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*) sebagai Sumber Kalsium dengan Perlakuan Suhu Pengeringan yang Berbeda. *J Fishtech* 10(1): 25-34.
- Safitri, E., Anggo, A.D., dan Rianingsih, L. 2023. Pengaruh Penambahan Tepung Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) terhadap Kualitas dan Daya Terima *Fish Flakes*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan* 5(1): 52-61.
- Sede, V.J., Mamuaja, C.F., dan Djarkasi, G.S.S. 2015. Kajian Sifat Fisik Kimia Beras Analog Pati Sagu Baruk Modifikasi HMT (*Heat Moisture Treatment*) dengan Penambahan Tepung Komposit. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 3(2): 24-35.
- Silviwanda, Naenum, N.T., Putri, N.U., Mayangsari, R., dan Fadilla, R.T. 2023. Perbandingan Sifat Fisiokimia Pati Tepung Beras, Singkong & Pisang Termodifikasi dengan Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). *EDUFORTECH* 8(1): 43-52.
- Syafutri, M.I., Pratama, F., Syaiful, F., Sari, R.A., Sriutami, O., dan Pusvita, D. 2021. Pengaruh *Heat Moisture Treatment* terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Beras Merah Termodifikasi. *PANGAN* 30(3): 175-186.
- Tanjung, Y.S.N., Widia, I.W., dan Kinasih, M. 2023. Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Tepung terhadap Karakteristik Kimia Pasta Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *JURNAL BETA (BIOSISTEM DAN TEKNIK PERTANIAN)* 10(1): 229-236.
- Yuniarsih, E., Adawiyah, D.R., dan Syamsir, E. 2019. Karakter Tepung Komposit Talas Beneng dan Daun Kelor pada Kukis. *Jurnal Mutu Pangan* 6(1): 46-53.
- Zainol, N., Subramanian, S., Adnan, A.S., Zulkifli, N.H., Zain, A.A.M., Kassim, N.R.W., and Kamarudin, A.A. 2020. The Potential Source for Composite Flours as Food Ingredient from Local Grown Crops. *Food Research* 4(2): 24-30.