

FORMULASI PRODUK KERUPUK DARI LIMBAH TULANG AYAM KAMPUNG: KAJIAN PROPORSI BAHAN DAN KONSENTRASI SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE

Formulation of Crackers from Free-Range Chicken Bone By-Products: Study on Ingredient Proportions and Sodium Tripolyphosphate Concentrations

Wisnu Prayogo*

Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Medan, Medan, 20221,
Indonesia

Korespondensi penulis : wisnuprayogo@unimed.ac.id

Riwayat Artikel: Dikirim; 11 Agustus 2025 Diterima; 12 Agustus 2025 Diterbitkan; 6 November 2025

Abstract

The utilization of free-range chicken bones, a by-product of chicken meat processing, remains suboptimal despite their high nutritional content and potential for value-added food products. This study aimed to develop chicken bone crackers by determining the optimal proportions of ingredients (free-range chicken bone, wheat flour, and tapioca flour) and sodium tripolyphosphate (STPP) concentrations, evaluated based on nutritional composition, expansion ratio, and organoleptic properties. A randomized block design was employed with two factors: the proportion of chicken bone : wheat flour : tapioca flour (5:15:80; 10:20:70; and 15:25:60) and STPP concentration (0.1%, 0.25%, and 0.5%), each with three replications. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Organoleptic evaluation was conducted by 25 semi-trained panelists, assessing color, aroma, taste, and texture. The best treatment was determined using the Zeleny method. The results showed that ingredient proportions had a highly significant effect on nutritional content, expansion ratio, and the organoleptic properties of the cooked crackers. STPP concentration had a highly significant effect on the expansion ratio and texture. The best treatment was obtained at a proportion of 15:25:60 with an STPP concentration of 0.5%.

Keywords: Waste, crackers, free-range chicken bones, STPP, nutrition.

PENDAHULUAN

Produksi dan konsumsi daging unggas, termasuk ayam, saat ini menghadapi tantangan dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Salah satu isu utama adalah meningkatnya kehilangan pangan (*food loss*) dan sampah makanan (*food waste*) yang menjadi sorotan global. Setiap tahun, dunia kehilangan sekitar 1,2 miliar ton makanan atau 14% dari total produksi, setara dengan pemborosan 25% air untuk pertanian dan menyumbang sekitar 8% emisi gas rumah kaca (FAO, 2019). Permasalahan ini dihadapi oleh negara maju maupun berkembang. Di negara berkembang, sebagian besar kehilangan pangan terjadi akibat keterbatasan teknologi dan fasilitas, sedangkan di

negara maju disebabkan oleh prosedur pengecekan kualitas yang terlalu ketat dan rendahnya apresiasi masyarakat terhadap makanan (Rahmaniar *et al.*, 2023). Mengurangi *food loss* dan *food waste* di negara berkembang, termasuk Indonesia, dapat secara efektif menurunkan tingkat kelaparan dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam (Prayogo *et al.*, 2023). Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan intervensi yang holistik dan terintegrasi di seluruh rantai pasok pangan (Azmi *et al.*, 2021; Prayogo *et al.*, 2022). Jejak karbon dari pangan yang diproduksi namun tidak dikonsumsi diperkirakan mencapai 3,3 Gt CO₂-eq.

Daging ayam merupakan salah satu komoditas pangan dengan kontribusi

emisi terbesar setelah daging sapi dan produk laut. Konsumsi 1 kg daging ayam menghasilkan emisi sebesar 20,1 kg CO₂-eq (Azmi *et al.*, 2021). Industri pemotongan unggas menghasilkan berbagai limbah, termasuk produk samping organik padat seperti tulang, bulu, dan jeroan yang mencapai sekitar 28% dari bobot hidup ayam. Limbah organik padat (*soft wastes*), seperti tulang dan usus, kaya protein dan lipid, dan bahkan tulang dengan kandungan lipid tinggi kerap dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel (Kantarli *et al.*, 2016). Meskipun demikian, pemanfaatannya masih terbatas, dan potensi dampak lingkungannya perlu dikaji lebih lanjut mengingat kandungan nitrogen yang tinggi (Prayogo *et al.*, 2024). Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan populer di berbagai kalangan masyarakat karena mudah dibuat, bahan bakunya murah, dan memiliki pasar yang luas. Namun, maraknya penggunaan boraks sebagai bahan tambahan pada kerupuk menjadi masalah serius, mengingat boraks dilarang penggunaannya dalam pangan berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan. Konsumsi boraks dapat menyebabkan gangguan fungsi hati, ginjal, dan otak, serta berisiko memicu kanker dalam jangka panjang (Saktiningsih *et al.*, 2023; Adelia, 2024). Selain itu, kerupuk pada umumnya didominasi oleh kandungan pati sehingga nilai gizinya relatif rendah.

Tulang ayam kampung merupakan salah satu limbah organik yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pada tahun 2021, konsumsi daging ayam di Indonesia mencapai 0,14 kg per kapita per minggu, dengan total produksi daging ayam sebesar 3,42 juta ton (Susanto *et al.*, 2023). Selama ini, tulang ayam umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak atau pupuk, dengan nilai ekonomi yang rendah, padahal tulang ayam kampung

mengandung senyawa organik dan anorganik yang bermanfaat. Sebagai upaya pemanfaatan limbah tulang ayam kampung sekaligus menghasilkan produk pangan yang lebih aman, penelitian ini mengusulkan pembuatan kerupuk berbahan dasar tulang ayam kampung dengan penambahan sodium tripolyphosphate (STPP) sebagai alternatif pengganti boraks. STPP memiliki fungsi serupa boraks namun lebih aman digunakan dalam pengolahan pangan (Alfatina *et al.*, 2023; Fatina *et al.*, 2023). Dengan semakin ketatnya persaingan usaha di era globalisasi, pengembangan kerupuk tulang ayam kampung diharapkan dapat diterima oleh berbagai lapisan masyarakat sebagai inovasi pangan yang aman, bergizi, dan mendukung pengurangan limbah makanan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju pola konsumsi yang lebih berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menentukan proporsi optimal tulang ayam kampung, tepung terigu, tepung tapioka, dan STPP dalam pembuatan kerupuk tulang ayam kampung, ditinjau dari kadar gizi, daya kembang, serta sifat organoleptik.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tulang ayam kampung, tepung terigu, tepung tapioka, STPP, dan air. Selain itu, digunakan bumbu dapur yang terdiri atas garam, bawang putih, ketumbar, terasi, gula, dan penyedap rasa yang berfungsi untuk meningkatkan cita rasa produk. Bahan kimia dan peralatan laboratorium digunakan dalam proses analisis meliputi seperangkat alat untuk pengujian kadar air, karbohidrat, kalsium, daya kembang, serta uji organoleptik. Semua bahan dipilih dalam kondisi segar atau berkualitas baik untuk memastikan mutu

hasil penelitian.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari peralatan pengolahan dan peralatan analisis. Peralatan pengolahan meliputi pengering kabinet untuk proses pengeringan, blender dan alu untuk menghancurkan tulang, pencetak kerupuk, timbangan digital untuk mengukur bahan dengan presisi, termometer, spatula, baskom plastik, saringan 40 mesh untuk memisahkan partikel halus, pengukus, wajan penggorengan, kompor gas, sendok, tampah, dan pisau. Sementara itu, peralatan analisis mencakup seperangkat alat untuk pengujian kadar air, karbohidrat, kalsium, pengukuran daya kembang, serta perangkat pendukung pelaksanaan uji organoleptik.

Proses Pembuatan Kerupuk

Proses pembuatan kerupuk tulang ayam kampung diawali dengan menumbuk tulang ayam kampung hingga halus, menambahkan air secukupnya, kemudian menyaringnya menggunakan saringan berukuran 40 mesh untuk memperoleh partikel yang seragam. Tulang yang telah dihaluskan kemudian ditimbang bersama tepung terigu dan tepung tapioka sesuai rasio perlakuan, yaitu 5:15:80, 10:20:70, dan 15:25:60, lalu dicampur dengan STPP pada konsentrasi 0,1; 0,25; atau 0,5%. Bumbu dapur yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam campuran, kemudian diaduk bersama air hangat hingga menjadi adonan yang kalis selama kurang lebih 15–20 menit. Adonan tersebut dimasukkan ke dalam cetakan kerupuk, dikukus selama 1 jam, dan didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Setelah itu, adonan dilepaskan dari cetakan dan dijemur di bawah sinar matahari selama 6 jam, kemudian dipotong berbentuk dadu dan dijemur kembali selama 1 hari penuh untuk mengurangi kadar air hingga batas aman penyimpanan.

Uji Organoleptik

Pengujian organoleptik dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kesukaan konsumen terhadap kerupuk tulang ayam kampung yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah uji hedonik dengan melibatkan 25 panelis semi-terlatih. Kriteria panelis meliputi usia 20–40 tahun, dalam kondisi sehat, tidak sedang lapar, tidak terlibat dalam proses pembuatan kerupuk, tidak buta warna, serta bersedia berpartisipasi secara sukarela. Panelis diminta menilai atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur menggunakan skala kesukaan 1–9, di mana nilai 1 berarti “amat sangat tidak suka” dan nilai 9 berarti “amat sangat suka”. Penilaian dilakukan pada sampel yang telah disiapkan, dan setiap panelis mencatat hasil penilaiannya pada formulir yang disediakan oleh peneliti.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah proporsi tulang ayam kampung : tepung terigu : tepung tapioka dengan tiga level perlakuan, yaitu 5:15:80, 10:20:70, dan 15:25:60. Faktor kedua adalah konsentrasi STPP dengan tiga level perlakuan, yaitu 0,1; 0,25; dan 0,5%. Kombinasi kedua faktor menghasilkan sembilan perlakuan, masing-masing diulang tiga kali sehingga diperoleh total 27 satuan percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Apabila tidak terdapat interaksi antar perlakuan, dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), sedangkan jika terdapat interaksi digunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk membandingkan rata-rata perlakuan. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan menggunakan metode *Weighted Product* (WP), yang merupakan

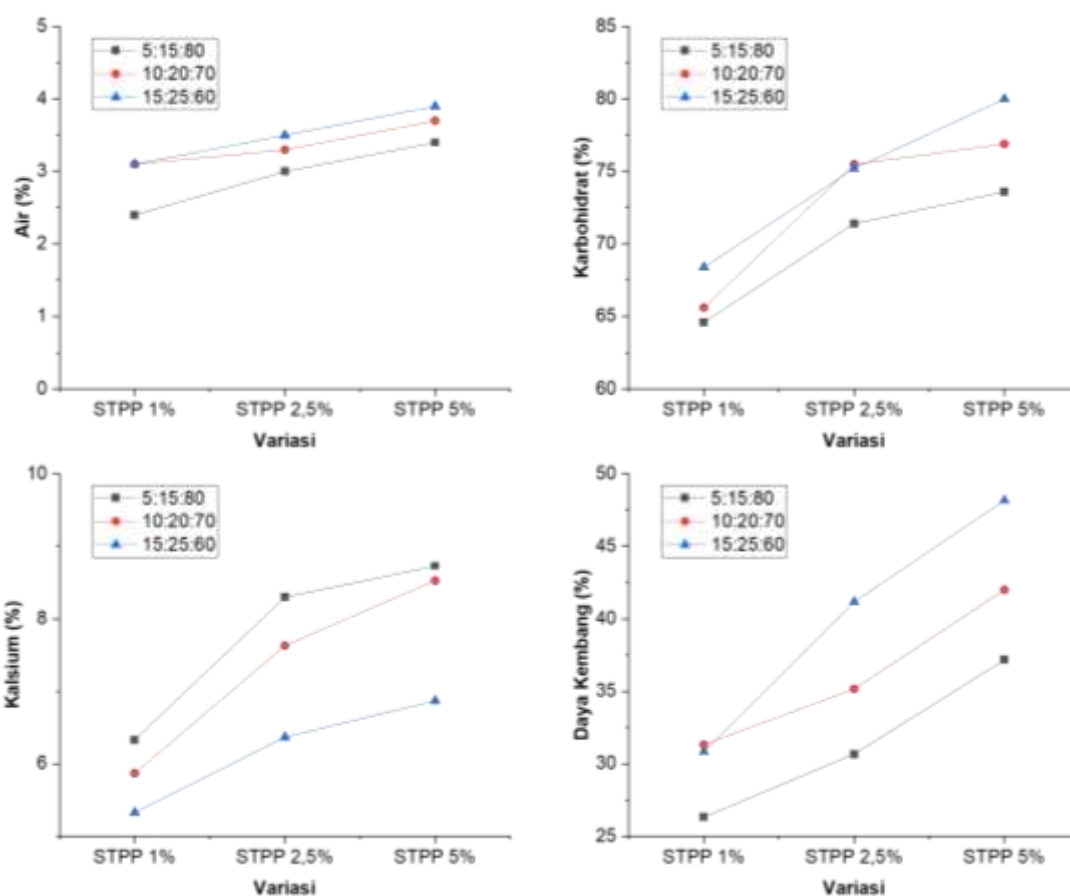
salah satu teknik pengambilan keputusan dalam *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) dengan mempertimbangkan bobot dari setiap parameter yang diukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tulang ayam kampung berpotensi sebagai sumber kalsium alami dalam pangan fungsional. Kandungan mineral

utamanya berupa kalsium fosfat dalam bentuk hidroksiapatit yang berperan penting bagi kesehatan tulang. Proses pengolahan menjadi tepung atau pasta tulang dapat meningkatkan ketersediaan hayati mineral, memudahkan penyerapan oleh tubuh. Selain mineral, tulang juga

Gambar 1:
Kadar Air, Karbohidrat, Kalsium, dan Daya Kembang Kerupuk Tulang Ayam Kampung Matang



Tepung terigu dan tepung tapioka merupakan sumber utama karbohidrat dalam kerupuk tulang ayam kampung.

Tepung terigu mengandung protein kolagen yang dapat berubah menjadi gelatin selama pemasakan, berkontribusi pada tekstur kerupuk. Pemanfaatan tulang ayam juga mendukung konsep zero waste,

mengubah limbah menjadi produk bernilai tambah.

Meski rendah karbohidrat, tulang ayam kampung cocok dikombinasikan dengan sumber pati untuk menghasilkan adonan kerupuk yang mengembang baik saat digoreng. Penambahan tulang sebagai fortifikan kalsium terbukti meningkatkan kadar mineral produk secara signifikan

tanpa mengganggu sifat organoleptik, menjadikan analisis kadar air, karbohidrat, dan kalsium relevan untuk formulasi. Tepung terigu mengandung gluten yang memberi elastisitas dan struktur pada adonan, sementara tepung tapioka kaya pati beramilopektin tinggi, memberikan kekenyalan dan kerenyahan khas. Kadar air terigu berkisar 10–12% dan tapioka 11–13%, memengaruhi kestabilan adonan. Karbohidrat pada terigu sekitar 72%, sedangkan pada tapioka 87–89%, menjadikannya sumber energi utama. Kalsium keduanya relatif rendah, 12–34 mg/100 g, sehingga penambahan tulang ayam kampung berperan penting dalam fortifikasi mineral. Studi fortifikasi menunjukkan kombinasi bahan tinggi karbohidrat dengan sumber kalsium dapat meningkatkan nilai gizi dan mencegah osteoporosis (Kisworo *et al.*, 2024).

Kadar Air

Kadar air kerupuk tulang ayam kampung yang dihasilkan, dengan variasi proporsi bahan dan konsentrasi STPP, berkisar antara 2,5–4,0% per 100 g produk. Nilai ini lebih rendah dibandingkan kadar air pada bahan baku tepung terigu (12,42%) dan tepung tapioka (9,00%). Penurunan kadar air terutama disebabkan oleh proses pengeringan dan penggorengan, yang menyebabkan penguapan air bebas maupun terikat dalam adonan. Hasil pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar air cenderung meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi STPP. Sebaliknya, peningkatan proporsi tulang ayam kampung pada formulasi justru menurunkan kadar air. Kerupuk dengan konsentrasi STPP 0,5% memiliki rata-rata kadar air tertinggi, sedangkan kadar air terendah (3,30%) diperoleh pada perlakuan proporsi 10:20:70 dengan konsentrasi STPP 0,25%. Kadar air rendah ini berkontribusi pada tekstur yang lebih renyah, sesuai dengan prinsip bahwa

rendahnya kadar air dalam produk kering meningkatkan kerenyahan dan daya simpan (Muchtar *et al.*, 2024).

Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat kerupuk tulang ayam kampung berkisar antara 60–80% per 100 g, sedikit lebih rendah dibandingkan kadar karbohidrat bahan baku tepung terigu dan tapioka (70–90%). Penurunan ini diperkirakan disebabkan oleh penambahan tulang ayam kampung, yang memiliki kandungan karbohidrat nol, sehingga menurunkan total persentase karbohidrat dalam formulasi. Seperti terlihat pada Gambar 1, kadar karbohidrat meningkat dengan bertambahnya konsentrasi STPP. Kerupuk dengan STPP 0,5% memiliki kadar karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dua perlakuan lainnya. Fenomena ini berkaitan dengan sifat STPP yang meningkatkan kemampuan adonan mengikat air, sehingga memengaruhi komposisi bahan padat dalam produk (Susanti *et al.*, 2023). Nilai terendah (64,9%) diperoleh pada proporsi 15:25:60 dengan STPP 0,1%, sedangkan kadar tertinggi (79%) diperoleh pada proporsi 5:15:80 dengan STPP 0,5%.

Kadar Kalsium

Kadar kalsium dalam kerupuk tulang ayam kampung berkisar antara 6–9% per 100 g, jauh lebih rendah dibandingkan kadar kalsium tulang ayam kampung segar (24–30%). Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh sifat STPP yang dapat menginaktivasi ion logam melalui pengendapan yang terbentuk selama proses pengolahan adonan kerupuk (Rizki *et al.*, 2018; Qolis *et al.*, 2020). Hasil pada Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi STPP secara signifikan menurunkan kadar kalsium produk. Sebaliknya, peningkatan proporsi tulang ayam kampung dalam formulasi secara konsisten meningkatkan kadar kalsium. Formulasi 15:25:60

menghasilkan kadar kalsium tertinggi dibandingkan dua perlakuan proporsi lainnya. Temuan ini selaras dengan Mustofa & Suyanto (2014), yang melaporkan bahwa komposisi bahan baku dominan menentukan kandungan nutrisi produk akhir.

Daya Kembang

Daya kembang merupakan parameter mutu penting yang mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap kerupuk. Nilai daya kembang kerupuk tulang ayam kampung dalam penelitian ini berkisar antara 25–50%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil menunjukkan bahwa daya kembang meningkat seiring bertambahnya proporsi tepung dan konsentrasi STPP hingga batas

tertentu. Proporsi tepung yang seimbang dengan bahan pengisi (tulang ayam kampung) menghasilkan pengembangan yang optimal, sedangkan dominasi tepung yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat pengembangan produk (Chaniago *et al.*, 2019). Daya kembang tertinggi diperoleh pada proporsi 15:25:60 dengan konsentrasi STPP 0,5%, sesuai dengan rekomendasi *Food and Drug Administration* (FDA) yang menetapkan batas aman penggunaan STPP sebesar 0,5% pada produk pangan. Penggunaan STPP melebihi batas tersebut dapat menurunkan kualitas sensori, seperti membuat produk terlalu kenyal atau bantat.

Tabel 2. Hasil Uji Proksimat Kerupuk Tulang Ayam Kampung

Parameter	Hasil Uji Proksimat Sampel (Rerata ± SD)		
	F1 (5:15:80 STPP 0,1)	F2 (5:15:80 STPP 0,25)	F3 (5:15:80 STPP 0,5)
Kadar Air (%)	3.40 ± 0.10 ^c	3.73 ± 0.15 ^d	3.90 ± 0.10 ^d
Karbohidrat (%)	73.57 ± 1.72 ^d	76.93 ± 1.10 ^e	80.03 ± 1.00 ^f
Kadar Kalsium (%)	8.73 ± 0.31 ^e	8.53 ± 0.25 ^e	6.87 ± 0.32 ^{ef}
Daya Kembang (%)	26.33 ± 0.58 ^a	31.33 ± 1.53 ^b	30.83 ± 1.04 ^b
Parameter	F4 (10:20:70 STPP 0,1)	F5 (10:20:70 STPP 0,25)	F6 (10:20:70 STPP 0,5)
Kadar Air (%)	3.03 ± 0.15 ^b	3.33 ± 0.06 ^c	3.53 ± 0.12 ^c
Karbohidrat (%)	71.37 ± 0.75 ^c	75.50 ± 0.56 ^e	75.17 ± 1.02 ^{de}
Kadar Kalsium (%)	8.30 ± 0.20 ^e	7.63 ± 0.12 ^d	6.37 ± 0.32 ^b
Daya Kembang (%)	30.67 ± 0.58 ^b	35.17 ± 0.76 ^c	41.17 ± 0.76 ^e
Parameter	F7 (15:25:60 STPP 0,1)	F8 (15:25:60 STPP 0,25)	F9 (15:25:60 STPP 0,5)
Kadar Air (%)	2.37 ± 0.15 ^a	3.10 ± 0.10 ^b	3.07 ± 0.06 ^b
Karbohidrat (%)	64.57 ± 0.67 ^a	65.60 ± 1.15 ^a	68.37 ± 0.06 ^b
Kadar Kalsium (%)	6.33 ± 0.35 ^b	5.87 ± 0.12 ^b	5.33 ± 0.42 ^a
Daya Kembang (%)	37.17 ± 0.76 ^d	42.00 ± 1.00 ^e	48.17 ± 0.76 ^f

Uji Proksimat

Tabel 2 menyajikan hasil uji proksimat kerupuk tulang ayam kampung pada sembilan kombinasi perlakuan yang berbeda. Berdasarkan hasil analisis *analysis of variance* (ANOVA), seluruh parameter yang diuji, meliputi kadar air, kadar karbohidrat, kadar kalsium, dan daya kembang, menunjukkan nilai signifikansi $P < 0,05$. Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap keempat parameter tersebut, baik yang disebabkan oleh variasi proporsi bahan (tulang ayam kampung, tepung terigu, dan tepung tapioka) maupun oleh penambahan STPP. Lebih lanjut, analisis menunjukkan bahwa proporsi bahan dan konsentrasi STPP berpengaruh signifikan terhadap kadar air, kadar karbohidrat, kadar kalsium, dan daya kembang. Untuk mengidentifikasi kelompok perlakuan yang berbeda secara signifikan, dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%. Perbedaan signifikan antar perlakuan ditunjukkan oleh notasi huruf yang berbeda, sedangkan notasi huruf yang sama menandakan tidak adanya perbedaan nyata pada parameter yang diuji.

Hasil analisis statistik pada Tabel 2 menunjukkan bahwa variasi proporsi bahan (tulang ayam kampung : tepung terigu : tepung tapioka) dan konsentrasi STPP memberikan pengaruh signifikan terhadap seluruh parameter proksimat dan daya kembang kerupuk tulang ayam kampung. Temuan ini konsisten dengan pengamatan pada Gambar 1, di mana perubahan komposisi bahan dan penambahan STPP mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia produk akhir. Pada kadar air, terlihat kecenderungan meningkat seiring penambahan konsentrasi STPP (Gambar 1). Hal ini disebabkan kemampuan STPP dalam mengikat molekul air pada matriks adonan, sehingga retensi air meningkat. Namun, pengaruh proporsi bahan menunjukkan tren

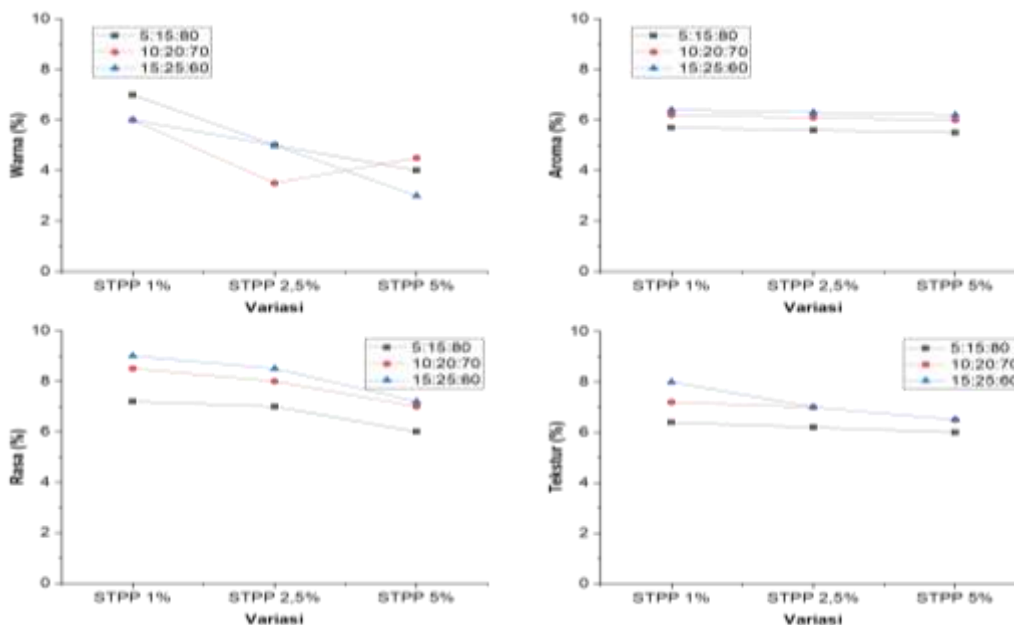
sebaliknya; semakin tinggi proporsi tulang ayam kampung, kadar air menurun. Fenomena ini kemungkinan disebabkan rendahnya kapasitas tulang ayam dalam mengikat air dibandingkan tepung yang kaya pati. Kadar air terendah (2,37%) ditemukan pada formulasi F7 (15:25:60, STPP 0,1%), yang sekaligus menghasilkan kerupuk dengan tekstur paling renyah.

Kadar karbohidrat juga menunjukkan peningkatan dengan penambahan konsentrasi STPP (Gambar 1). Hal ini berhubungan dengan peningkatan kadar air yang terikat dalam adonan, yang secara tidak langsung memengaruhi perhitungan kadar bahan padat, termasuk karbohidrat (Fatina et al., 2023). Formulasi dengan proporsi tepung lebih tinggi, seperti F3 (5:15:80, STPP 0,5%), menghasilkan kadar karbohidrat tertinggi (80,03%), sedangkan formulasi dengan proporsi tulang ayam tertinggi, seperti F7 (15:25:60, STPP 0,1%), menghasilkan kadar karbohidrat terendah (64,57%). Temuan ini sejalan dengan literatur bahwa substitusi bahan kaya pati dengan bahan non-pati akan menurunkan kadar karbohidrat total (Purnama et al., 2022). Sebaliknya, kadar kalsium menunjukkan tren penurunan seiring peningkatan konsentrasi STPP (Gambar 1). Hal ini sesuai dengan sifat STPP yang mampu menginaktivasi ion logam seperti kalsium melalui pembentukan endapan tidak larut (Qolis et al., 2020). Namun, peningkatan proporsi tulang ayam kampung secara signifikan meningkatkan kadar kalsium produk. Formulasi F1 (5:15:80, STPP 0,1%) memiliki kadar kalsium lebih rendah dibandingkan F7 (15:25:60, STPP 0,1%), yang menghasilkan kadar kalsium relatif tinggi (6,33%), meskipun masih jauh di bawah kadar kalsium tulang ayam mentah. Perbedaan ini juga dapat disebabkan oleh hilangnya sebagian mineral selama proses pengolahan, seperti perebusan, pengukusan, dan pengeringan.

Sebaliknya, kadar kalsium menunjukkan tren penurunan seiring peningkatan konsentrasi STPP (Gambar 1). Hal ini sesuai dengan sifat STPP yang mampu menginaktivasi ion logam seperti kalsium melalui pembentukan endapan tidak larut. Namun, peningkatan proporsi tulang ayam kampung secara signifikan meningkatkan kadar kalsium produk. Formulasi F1 (5:15:80, STPP 0,1%) memiliki kadar kalsium lebih rendah dibandingkan F7 (15:25:60, STPP 0,1%), yang menghasilkan kadar kalsium relatif tinggi (6,33%), meskipun masih jauh di bawah kadar kalsium tulang ayam mentah. Perbedaan ini juga dapat disebabkan oleh hilangnya sebagian mineral selama proses pengolahan, seperti perebusan, pengukusan, dan pengeringan (Mustofa & Suyanto, 2014).

Daya kembang kerupuk dipengaruhi secara positif oleh proporsi bahan dan penambahan STPP (Gambar 1). Formulasi F9 (15:25:60, STPP 0,5%) menunjukkan daya kembang tertinggi (48,17%), sementara daya kembang terendah terdapat pada F1 (5:15:80, STPP 0,1%) dengan nilai

26,33%. Peningkatan daya kembang pada konsentrasi STPP hingga 0,5% dapat dijelaskan oleh kemampuan STPP dalam mengikat ion logam yang berpotensi mengeraskan adonan, sehingga struktur adonan menjadi lebih elastis dan mampu mengembang optimal saat digoreng. Akan tetapi, penggunaan STPP melebihi 0,5% berpotensi memberikan efek negatif, seperti tekstur terlalu bantat, sebagaimana dilaporkan oleh FDA. Secara keseluruhan, kombinasi proporsi bahan 15:25:60 dan konsentrasi STPP 0,5% menghasilkan kinerja terbaik, ditunjukkan oleh kadar air yang masih dalam batas aman (<4%), kadar karbohidrat yang cukup tinggi (68,37%), kadar kalsium yang relatif optimal untuk produk olahan (5,33%), dan daya kembang tertinggi (48,17%). Formulasi ini tidak hanya memenuhi parameter mutu fisik dan kimia, tetapi juga memiliki potensi penerimaan konsumen yang tinggi karena menghasilkan kerupuk dengan tekstur dan nilai gizi yang seimbang.



Gambar 2:
Grafik Organoleptik Warna, Aroma, Rasa, dan Tekstur Kerupuk Tulang Ayam Kampung Matang

Uji Organoleptik

Warna merupakan parameter penting yang memengaruhi persepsi awal konsumen terhadap produk pangan, karena merupakan aspek pertama yang diamati sebelum parameter lain. Rerata tingkat kesukaan panelis terhadap warna kerupuk tulang ayam kampung berada pada rentang 3–6 (kategori tidak suka hingga agak suka). Hasil pada Gambar 2 menunjukkan bahwa tingkat kesukaan warna cenderung menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi STPP. Nilai kesukaan tertinggi diperoleh pada formulasi 15:25:60 dengan penambahan STPP 0,1% (6,44), sedangkan nilai terendah terdapat pada formulasi 5:15:80 dengan STPP 0,5% (3,06). Penurunan kesukaan ini dapat disebabkan oleh perubahan warna akibat reaksi kimia selama pengolahan, di mana STPP berpotensi memengaruhi warna melalui interaksi dengan komponen protein dan mineral (Costa *et al.*, 2021).

Aroma merupakan parameter kunci dalam penerimaan produk, karena meskipun visual menarik, aroma yang tidak sesuai dapat menurunkan minat konsumen (Salsabila *et al.*, 2023). Rerata kesukaan panelis terhadap aroma berada pada rentang 5–7 (kategori biasa hingga suka). Gambar 2 memperlihatkan bahwa kesukaan terhadap aroma meningkat seiring dengan meningkatnya proporsi tulang ayam kampung, sedangkan pengaruh penambahan STPP relatif kecil. Nilai tertinggi dicapai pada formulasi 15:25:60, sedangkan nilai terendah diperoleh pada 5:15:80. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan komposisi tulang ayam kampung dapat memperkuat aroma produk yang lebih disukai panelis.

Rasa merupakan parameter utama dalam penilaian organoleptik, karena sangat menentukan penerimaan akhir konsumen terhadap produk pangan. Rerata tingkat kesukaan panelis terhadap

rasa kerupuk berada pada rentang 5–8 (kategori biasa hingga sangat suka). Berdasarkan Gambar 2, kesukaan terhadap rasa meningkat seiring bertambahnya proporsi tulang ayam kampung dan konsentrasi STPP. Nilai tertinggi diperoleh pada formulasi 15:25:60 dengan STPP 0,5% (8,00), sedangkan nilai terendah terdapat pada 5:15:80 dengan STPP 0,1% (4,40). Peningkatan kesukaan rasa pada konsentrasi STPP yang lebih tinggi diduga berkaitan dengan perannya dalam memperbaiki tekstur dan mempertahankan cita rasa daging pada kerupuk.

Tekstur berperan penting dalam menentukan karakteristik sensori kerupuk, khususnya dalam memberikan sensasi renyah yang diharapkan konsumen. Rerata tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur kerupuk berada pada rentang 5–7 (kategori biasa hingga suka). Hasil pada Gambar 2 menunjukkan pola yang serupa dengan parameter rasa, di mana nilai tertinggi diperoleh pada formulasi 15:25:60 dengan STPP 0,5% (7,20), dan terendah pada 5:15:80 dengan STPP 0,1% (5,00). Hal ini konsisten dengan hasil daya kembang pada uji proksimat, yang menunjukkan bahwa formulasi tersebut memiliki pengembangan optimal sehingga memberikan tekstur lebih renyah (Costa *et al.*, 2021; Purnama *et al.*, 2022; Salsabila *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil uji Kruskal-Wallis, seluruh parameter organoleptik (warna, aroma, rasa, dan tekstur) menunjukkan nilai $P < 0,05$, yang mengindikasikan adanya perbedaan nyata antar perlakuan (F1–F9). Uji lanjut Mann-Whitney digunakan untuk mengidentifikasi kelompok perlakuan yang berbeda secara signifikan. Notasi huruf yang berbeda pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan nyata, sedangkan notasi yang sama

menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan pada taraf kepercayaan 95%.

Tabel 3. Hasil Uji Organoleptik Kerupuk Tulang Ayam Kampung

Parameter	Hasil Uji Hedonik Sampel (Rerata ± SD)		
	F1 (5:15:80 STPP 0,1)	F2 (5:15:80 STPP 0,25)	F3 (5:15:80 STPP 0,5)
Warna	3,72 ± 1,137 ^{aeqk}	3,40 ± 1,443 ^{flr}	3,04 ± 0,351 ^{abcdgms}
Aroma	4,2 ± 1,384 ^{abegmp}	5,36 ± 1,630 ^{aci}	6,00 ± 1,354 ^{bdj}
Rasa	4,40 ± 1,555 ^{adhms}	4,444 ± 1,474 ^{beint}	5,12 ± 1,424 ^{fjou}
Tekstur	5,00 ± 1,190 ^{aceh}	5,00 ± 1,323 ^{bdfi}	5,20 ± 1,041 ^{gj}
Parameter	F4 (10:20:70 STPP 0,1)	F5 (10:20:70 STPP 0,25)	F6 (10:20:70 STPP 0,5)
Kadar Air (%)	3,96 ± 1,136 ^{bhnt}	3,88 ± 1,424 ^{ciou}	4,08 ± 1,288 ^{djpv}
Karbohidrat (%)	4,32 ± 1,435 ^{cdfhnq}	5,40 ± 1,732 ^{efk}	5,88 ± 1,509 ^{ghl}
Kadar Kalsium (%)	4,80 ± 1,155 ^{cgkpv}	5,80 ± 1,732 ^{abcqw}	6,12 ± 1,509 ^{defgx}
Daya Kembang (%)	5,80 ± 1,291 ^{abk}	5,92 ± 1,256 ^{cdl}	5,92 ± 1,801 ^m
Parameter	F7 (15:25:60 STPP 0,1)	F8 (15:25:60 STPP 0,25)	F9 (15:25:60 STPP 0,5)
Kadar Air (%)	6,44 ± 1,083 ^{efghijw}	5,84 ± 1,375 ^{klmnop}	5,56 ± 2,043 ^{qrstuvw}
Karbohidrat (%)	4,32 ± 1,069 ^{ijklor}	5,88 ± 1,616 ^{mno}	6,00 ± 1,658 ^{pqr}
Kadar Kalsium (%)	6,12 ± 1,269 ^{hijlry}	7,84 ± 0,898 ^{mnopqr}	8,00 ± 1,225 ^{stuvwxy}
Daya Kembang (%)	5,60 ± 1,555 ⁿ	5,92 ± 1,115 ^{efgo}	7,20 ± 1,225 ^{hijklmno}

Perlakuan terbaik ditentukan menggunakan metode *Weighted Product* (WP) yang mempertimbangkan hasil uji proksimat dan organoleptik. Berdasarkan analisis WP, formulasi 15:25:60 dengan penambahan STPP 0,5% menempati peringkat pertama (Tabel 4). Formulasi ini memiliki skor organoleptik pada kisaran 5–8 untuk semua parameter (warna, aroma, rasa, dan tekstur), yang mencerminkan penerimaan panelis dari kategori biasa hingga sangat suka. Selain itu, formulasi ini juga menunjukkan daya kembang tertinggi, kadar karbohidrat dan kalsium yang cukup optimal, serta kadar air yang masih dalam batas mutu kerupuk kering. Dengan demikian, formulasi ini dinilai paling potensial untuk dikembangkan sebagai produk yang memiliki nilai gizi lebih baik dan aman

dikonsumsi.

Tabel 4. Pemilihan Perlakuan Terbaik Perlakuan

(Tulang ayam kampung : Tepung Terigu : Tepung Tapioka, STPP)	Ranking
5:15:80, 0,1%	9
5:15:80, 0,25%	7
5:15:80, 0,5%	8
10:20:70, 0,1%	6
10:20:70, 0,25%	5
10:20:70, 0,5%	4
15:25:60, 0,1%	3
15:25:60, 0,25%	2
15:25:60, 0,5%	1

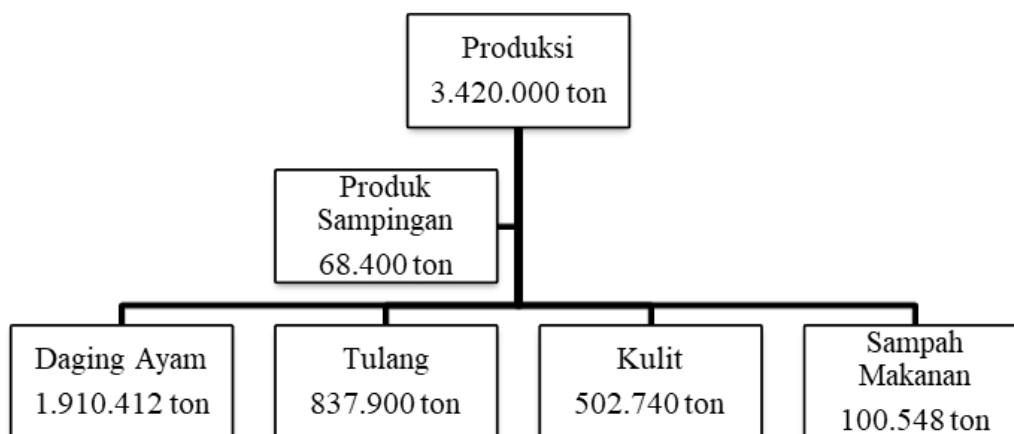
Konsumsi Berkelanjutan

Saat ini, isu utama yang menjadi perhatian global adalah *food loss* (kehilangan pangan) dan *food waste* (sampah makanan). Diperkirakan sepertiga dari total makanan yang diproduksi di dunia terbuang setiap tahunnya. Untuk mengurangi jumlah sampah makanan, berbagai alternatif telah dikembangkan, antara lain pengolahan menjadi biofuel, biopolymer, dan produk bernilai tambah lainnya. Dalam konteks produksi ayam di Indonesia, dari total produksi sebesar 3,24 juta ton, sekitar 2% dihasilkan sebagai produk samping berupa bulu, darah, dan limbah organik lainnya; 25% berupa daging ayam segar; 25% berupa tulang; 15% berupa kulit; dan sisanya berakhir menjadi sampah makanan (Azmi *et al.*, 2021; Mawaddah *et al.*, 2023). Berdasarkan analisis aliran material (Gambar 3), diperkirakan terdapat sekitar 800 ribu ton tulang ayam yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk berbagai produk pangan maupun non-pangan, sehingga dapat mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya (Yahya *et al.*, 2023). Selain pemanfaatan untuk produk pangan, metode penanganan sisa hasil hewan dapat mencakup pembuangan ke tempat pembuangan akhir (TPA/landfilling), pengomposan, anaerobic digestion, atau pemulihan (recovery) senyawa biologis

seperti karbon, nitrogen, dan hidrogen (Lasekan *et al.*, 2013). Pemilihan metode pengelolaan yang tepat dapat berkontribusi pada sistem konsumsi yang lebih berkelanjutan, sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari sektor peternakan unggas (Prayogo *et al.*, 2023; Prayogo *et al.*, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan dengan proporsi bahan tulang ayam kampung : tepung terigu : tepung tapioka sebesar 15:25:60 dan penambahan konsentrasi STPP sebesar 0,5% merupakan formulasi terbaik untuk pembuatan kerupuk tulang ayam kampung. Formulasi ini menghasilkan mutu yang optimal berdasarkan analisis kadar gizi (air, karbohidrat, dan kalsium), daya kembang, serta penilaian organoleptik (warna, aroma, rasa, dan tekstur). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar rentang nilai pada masing-masing variabel dibuat lebih sempit dengan jumlah perlakuan yang lebih banyak, sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat dan representatif. Selain itu, perlu mempertimbangkan faktor umur ayam kampung yang digunakan sebagai bahan baku, mengingat umur dapat memengaruhi komposisi gizi dan karakteristik fisik tulang.



Gambar 3. Analisis aliran material produksi ayam di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, S., Djatna, T., Suprihatin, S., & Indrasti, N. S. (2021). Analisis dan Desain Sistem Penilaian Daur Hidup Ayam Potong Berbasis Digital Business Ecosystem. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(2), 164-175.
- Adelia, T., & Mardhiyyah, Y. S. (2024). Eksplorasi alternatif bahan pengganti bleng (boraks) pada kerupuk puli berdasarkan karakteristik fisiko kimia produk dan penerimaan sensori. *Sustainability and Social Impact*, 1(1), 23-31.
- Alfatina, A., Prayitno, S. A., & Jumadi, R. (2023). Pengaruh penambahan konsentrasi sodium tripolyphosphate (STPP) pada pembuatan kerupuk ikan payus. *Justi (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 3(4), 529-537.
- Chaniago, R., Lamusu, D., & Samaduri, L. (2019). Kombinasi tepung terigu dan tepung tapioka terhadap daya kembang dan sifat organoleptik kerupuk terubuk (*Saccharum edule Hasskarl*). *Jurnal Pengolahan Pangan*, 4(1), 1-8.
- Costa, W. Y., & Manihuruk, F. M. (2021). Karakteristik Kimia Dan Organoleptik Kerupuk Daging Dengan Penambahan Tepung Tapioka Dan Waktu Pengukusan Berbeda. *Jurnal AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa*, 5(1), 9-14.
- FAO. (2019). <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-agriculture/2019/en/>
- Fatina, A. A. (2023). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sodium Tripolyphosphate (STPP) Pada Pembuatan Kerupuk Ikan Payus. *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 3(4), 1-10.
- Prayogo, W., Simanjuntak, J. P., Imami, A. D., Pusparini, F., Haitami, I., Purwaningrum, P., ... & Kadarsah, A. (2023). Strategi Pengolahan Sampah Plastik di Tempat Wisata. <https://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/56982/1/Book.pdf>
- Kisworo, D., Yuliant, W., Wulandari, B. R. D., Yuliani, E., & Permatasari, L. (2024). Inovasi Pembuatan Kerupuk Ceker Ayam Yang Higienis Dan Halal Untuk Mendukung Pengembangan Home Industri. *Jurnal*

- Pengabdian Magister Pendidikan IPA, 7(4), 1505-1600.
- Mawaddah, N., Gultom, T., Suryawan, I. W. K., & Prayogo, W. (2023). Evaluasi Pengolahan Sampah Organik Pada Bank Sampah Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bandar Lampung. *Environmental Engineering*, 3(2), 95-105.
- Muchtar, F., Hastian, H., & Ruksanan, R. (2023). Analisis Kadar Air, Kadar Protein dan Karakteristik Organoleptik Kerupuk Stik dengan Penambahan Konsentrasi Ikan Layang yang Berbeda. *Agritekhnologi (Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pangan)*, 3(2), 94-105.
- Mustofa, K. A., & Suyanto, A. (2014). Kadar kalsium, daya kembang, dan sifat organoleptik kerupuk onggok singkong dengan variasi penambahan tepung cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*). *Jurnal Pangan dan Gizi*, 2(1).
- Purnama, A., Sumardianto, S., & Anggo, A. D. (2022). Pengaruh Penambahan Stpp Terhadap Kemekaran Kerupuk Ikan Kembung (*Rastrelliger Sp.*) Dengan Bubur Rumput Laut *Caulerpa*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 4(2), 126-130.
- Prayogo, W., Novrianty, I., Purwanti, A., Mulyana, R., Panjaitan, N. H., Fitria, L., ... & Septiariva, I. Y. (2022). Pelatihan Pengolahan Sampah dengan Metode Takakura dan Pembuatan Stringbag bagi Kelompok Anak Usia Dini di Desa Bukit Lawang, Sumatera Utara. *International Journal of Community Service Learning*, 6(3), 381-395.
- Prayogo, W., Ratnaningsih, W., Suhardono, S., & Suryawan, I. W. K. (2024). Environmental education practices in Indonesia: A review. *Journal of Sustainable Infrastructure*, 3(1).
- Qolis, N., Handayani, C. B., & Asmoro, N. W. (2020). Fortifikasi kalsium pada kerupuk dengan substitusi tepung cangkang telur ayam ras. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1).
- Rahmaniar, R., Mariani, M., & Rusdin, I. (2023). Analisa Sensori Kerupuk Kulit Ayam Sebagai Pengembangan Produk dari Limbah Produksi Frozen Food; Nugget Ayam. *Journal Gallus Gallus*, 2(1), 49-57.
- Rizki, D., Sumardianto, S., & Wijayanti, I. (2018). Perbandingan Penambahan Ikan Teri (*Stolephorus Sp.*) Dan Rumput Laut *Caulerpa Racemosa* Terhadap Kadar Kalsium, Serat Kasar, Dan Kesukaan Kerupuk Ikan. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 46-53.
- Saktiningsih, H., Putri, C. A., Andriansyah, M. F., Niaga, S. D., & Ningsih, Y. C. (2023). Bahaya Formalin, Rhodamin B, dan Borak Pada Makanan terhadap Kelangsungan Fungsi Organ. *Jurnal Pengemas Kesehatan*, 2(2), 19-26.
- Salsabila, D., Widati, A. S., & Widyastuti, E. S. (2023). Penambahan Daging Itik Yang Optimum terhadap Kualitas Kerupuk Tradisional Ditinjau dari Kualitas Fisikokimia dan Organoleptik: The Optimum Addition of Duck Meat to The Quality of Traditional Crackers In Terms of Physical and Chemical Quality. *Journal of Animal Research and Applied Science*, 4(2), 42-51.
- Susanto, M. F., Setiawan, I., & Firmansyah, C. (2023). Dampak

kuota impor grand parents stock terhadap pemenuhan permintaan daging ayam broiler di Indonesia. Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian, 2(10), 950-963.

- Susanti, I., Suhartina, S., Dahniar, D., Mariani, M., & Rustang, R. (2023). Makanan ringan berbasis pengolahan hasil ikutan pemotongan ternak ayam. SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan, 7(1), 180-189.
- Yahya, I., Kartika, I., Gitama, G. N. D. P., & Lukita, C. (2023). Strategi Pemasaran Umkm Kerupuk Tulang Ayam Selama Masa Pandemi COVID-19. Jurnal Witana, 1(1), 16-20.