

Karakteristik Fisiko-Kimia Roti Tawar yang dipengaruhi oleh Jenis *Whole Egg Powder* Hasil Pengeringan *Drum Dryer*

Sherina Zahran Tiara

Program Studi Magister Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan
Jalan Sumatera No. 41, Bandung 40117

Abstract:

The application of whole egg powder (WEP) from drum drying in white bread products was researched. This study aims to examine the production of white bread using whole chicken and duck egg powder from drum drying and to determine whether the characteristics of the resulting bread can replace those of bread made using fresh eggs. The results showed that drum-dried WEP had a lower specific volume and carbohydrate content. Meanwhile, the other quality parameters of bread, such as moisture content, water activity, fat content, crumb texture, and color, showed no significant difference between the use of drum-dried WEP and fresh eggs. The findings of this study suggest that drum-dried WEP could be a viable alternative to fresh eggs in white bread production, offering potential benefits in terms of cost savings, convenience, and sustainability.

Abstrak:

Aplikasi tepung telur utuh (*WEP*) hasil pengeringan drum pada produk roti tawar telah diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji produksi roti tawar menggunakan tepung telur ayam dan bebek utuh hasil pengeringan drum dan untuk mengetahui apakah karakteristik roti yang dihasilkan dapat menggantikan karakteristik roti yang dibuat dengan menggunakan telur segar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *WEP* hasil pengeringan drum memiliki volume spesifik dan kadar karbohidrat yang lebih rendah. Sementara itu, parameter mutu roti yang lain, seperti kadar air, aktivitas air, kadar lemak, tekstur remah, dan warna, tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara penggunaan *WEP* hasil pengeringan drum dengan telur segar. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa *WEP* hasil pengeringan drum dapat menjadi alternatif yang layak untuk telur segar dalam produksi roti tawar, menawarkan manfaat potensial dalam hal penghematan biaya, kepraktisan, dan lebih tahan lama.

Abstrak:

Aplikasi bubuk endog utuh (*WEP*) tina pengeringan drum dina produk roti bodas ditalungtik. Ulikan ieu boga tujuan pikeun nalungtik produksi roti bodas ngagunakeun sakabeh hayam jeung bubuk endog bebek tina drum-garing sarta pikeun nangtukeun dupi karakteristik roti anu dihasilkeun bisa ngaganti roti anu dijieun maké endog seger. Hasilna nunjukkeun yén *WEP* anu dikeringkeun drum ngagaduhan volume spésifik sareng kandungan karbohidrat anu langkung handap. Samentara éta, parameter kualitas roti lianna, sapertos kadar cai, aktivitas cai, kandungan lemak, tékstur remah, sarta warna, némbongkeun henteu béda sacara signifikan antara pamakéan *WEP* drum-garing jeung endog seger. Papanggihan tina ulikan ieu nunjukkeun yén *WEP* drum-garing tiasa janten alternatif anu cocog pikeun endog seger dina produksi roti bodas, nawiskeun kauntungan poténsial tina segi penghematan biaya, kapraktisan, sareng langkung awét.

Pendahuluan

Roti tawar merupakan salah satu jenis panganan sumber karbohidrat berbahan dasar tepung terigu yang dibuat melalui proses pemanggangan. Produksi roti tawar terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, hal ini dikarenakan harganya yang relatif murah, sehingga mudah dijangkau oleh semua kalangan masyarakat (Abdi *et al.*, 2023; Arifin *et al.*, 2023).

Proses pembuatan roti tawar dipengaruhi oleh adanya gluten dari terigu yang bersifat elastis, sehingga dapat menahan gas yang membuat roti dapat mengembang. Protein gluten dari tepung terigu memiliki asam amino *lysine* yang terbatas untuk kebutuhan nutrisi pada tubuh. Selain itu, dikarenakan melalui proses pemanggangan, dalam pembuatan roti harus diimbangi dengan zat pengempuk seperti lemak dan gula agar permukaan roti yang dipanaskan tidak keras dan alot, sehingga dalam pembuatan produk roti membutuhkan emulsifier untuk menstabilkan fase lemak dalam adonan (Sang *et al.*, 2020; D'mello dan Dalal, 2022).

Menurut Sang *et al.* (2020), protein telur merupakan protein yang lengkap dengan nilai biologis yang tinggi. Selain itu, kandungan *lecithin* pada telur dapat berperan sebagai emulsifier. Telur juga memiliki banyak manfaat lainnya, sehingga menjadikannya sebagai bahan pangan alami yang penting dalam pembuatan produk bakeri (D'mello dan Dalal, 2022).

Telur merupakan salah satu bahan pangan hasil peternakan yang kaya akan zat gizi dimana dalam 100 g telur mengandung protein seimbang (12.8%), lemak yang mudah dicerna (11.8%), vitamin A (327.0 SI) dan mineral (256.0

mg). Selain itu, telur memiliki sifat fungsional yang bermanfaat dalam pembuatan produk roti, yaitu sebagai aerator alami pada proses baking (pemanggangan), sehingga dapat memperbaiki bentuk dan struktur produk, meningkatkan rasa dan tampilan, menambah keempukan, serta berperan sebagai zat pengembang, dan pengemulsi (Wulandari *et al.*, 2022; D'mello dan Dalal, 2022).

Penelitian mengenai pemanfaatan telur sebagai bahan pembuatan roti tawar selain telur ayam masih jarang ditemukan, padahal kandungan nutrisi telur lainnya tidak kalah dengan telur ayam. Salah satu contohnya adalah telur bebek. Telur bebek memiliki rasa yang lebih pekat, kuning telur yang lebih besar dan lebih berlemak, putih telurnya mengandung lebih banyak protein, mengandung sejumlah kecil tembaga, mangan, selenium, vitamin D dan E, dan merupakan sumber vitamin B yang baik yang dapat meningkatkan produksi darah (Mangueira *et al.*, 2020).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022 produksi telur ayam ras petelur dan telur bebek di Indonesia mengalami peningkatan. Volume produksi telur ayam meningkat 7.9%, yaitu sebesar 5.57 juta ton dan untuk telur bebek meningkat 3.1% dengan jumlah 355.187 ton. Peningkatan jumlah produksi telur ayam dan bebek juga menunjukkan adanya peningkatan konsumsi masyarakat terhadap bahan pangan tersebut.

Namun, apabila dilakukan pemanfaatan jenis *fresh egg* yang berbeda pada pembuatan roti, yang dapat juga berperan sebagai usaha diversifikasi pangan ini, masih memiliki kekurangan dan tantangan terutama di bidang industri pangan yaitu, telur termasuk ke dalam bahan pangan yang mudah sekali rusak

dan memiliki umur simpan yang pendek. Oleh karena itu, dibutuhkan cara penanganan dalam pengawetan telur dan penelitian mengenai aplikasi telur yang diawetkan (*preserved egg*) pada produk pangan roti tawar.

Cara penanganan dalam pengawetan telur dapat dilakukan dengan membuat tepung telur (*egg powder*). Menurut Wei *et al.* (2019), pengolahan telur mentah menjadi bentuk bubuk dapat memperpanjang umur simpan hingga satu tahun jika disimpan di *refrigerator*. *Egg powder* memiliki kelebihan diantaranya dapat menghemat ruang penyimpanan dan biaya transportasi, mudah digunakan dan lebih higienis, memiliki keseragaman yang baik, dapat langsung digunakan tanpa harus melalui proses *thawing*, tidak akan ada pertumbuhan bakteri pada produk di suhu ruang (selama penyimpanan tetap kering) (Belyavin *et al.*, 2016).

Dalam pembuatan *egg powder* diperlukan proses pengeringan. Proses pengeringan merupakan proses pengeluaran atau penghilangan sebagian air dari suatu bahan dengan menggunakan energi panas melalui proses penguapan. Teknologi pengeringan yang sesuai diperlukan agar mendapatkan hasil *egg powder* yang baik, sehingga dapat menggantikan *fresh egg*.

Metode pengeringan dalam pembuatan *egg powder* yang sering ditemukan adalah yang menggunakan *spray dryer*. Akan tetapi, proses pengeringan dengan metode ini membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena memerlukan suhu dan tekanan yang tinggi dalam prosesnya (Setiyawan *et al.*, 2024).

Terdapat penelitian pembuatan *egg powder* menggunakan teknik pengeringan dengan efisiensi energi yang lebih baik,

sehingga lebih ekonomis dan cocok dimanfaatkan untuk industri pangan yaitu, teknik pengeringan *drum dryer*. Tipe silinder pada *drum dryer* ada tiga jenis yaitu, *single drum dryer*, *double drum dryer*, dan *twin drum dryer* (Karthik *et al.*, 2017).

Menurut Hidayat *et al.* (2021), tipe *double drum dryer* dapat digunakan pada jenis produk yang lebih beragam, lebih efisien, dan tingkat produksi yang relatif lebih tinggi dibandingkan tipe silinder yang lain. Penelitian mengenai optimasi alat *double drum dryer* dalam pengeringan *chicken whole egg powder* sudah pernah dilakukan oleh Al-Amin *et al.* (2025). Akan tetapi, penelitian mengenai aplikasi hasil *WEP* dari pengeringan *drum dryer* pada produk roti masih belum ditemukan, sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pembuatan roti tawar menggunakan *chicken and duck WEP* hasil pengeringan *drum dryer*, serta mengevaluasi apakah karakteristik roti yang dihasilkan dapat menggantikan karakteristik roti yang dibuat menggunakan *fresh egg*.

Metodologi

Penelitian dilaksanakan di Pusat Riset Teknologi Tepat Guna (PRTTG), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Subang pada bulan September hingga Desember 2024.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan *WEP* yaitu, telur ayam dan telur bebek *grade A* yang didapatkan dari *supplier* telur Purwakarta dan maltodekstrin dengan bilangan DE (*Dextrose Equivalent*) 10-12.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan roti tawar yaitu, *WEP* yang dihasilkan, tepung terigu, gula, garam, ragi *Saccaromyces cereviceae* (*Saf-Instan*),

margarin, susu bubuk (*Baker's Mix*), susu UHT (*Ultra Milk*), *vanilla essence*, pengembang roti (*Bakers Bonus A*) dan air.

Alat-alat pembuatan *WEP* yang digunakan yaitu, *double drum dryer* (BRIN, Subang), *mixer* (Phillips, Indonesia), *chopper* (Phillips, Indonesia), *tray*, wadah, alat pengayakan mesh 35, spatula, *standing pouch aluminium foil*, dan timbangan digital.

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan roti tawar yaitu, wadah, spatula, *standing mixer* (Maksindo MKS-10B, Indonesia), *rolling pin*, *plastic wrap*, oven (mah yih MY-724, Taiwan), loyang/cetakan roti ukuran 22 x 11 x 11 cm dan timbangan digital.

Alat-alat yang digunakan untuk analisa, yaitu penggaris, jangka sorong, timbangan digital, timbangan analitik (GRAM FV-220C), cawan porselein, desikator, oven (Mettler UM 500, Jerman), tanur (Vulcan D-130), erlenmeyer, gelas ukur, labu ekstraksi, Aw meter (*Smart Water Activity Meter*, CGOLDENWALL HD-3A, Amerika), *automatic soxhlet extraction* (Buchi E-500 SOX, Switzerland), instrumen dumas (Buchi DuMaster, Switzerland), *texture analyzer* (Stable Micro Systems Ltd., TA.XTplus, Godalming, Inggris) *Chromameter* (Koniga Minolta CM700D, Jepang), lemari asam (Type FHP-150, inc Direct Mounted Fume Scrubber), *hot plate* (Heidolph MR 3001 K, Jerman).

Metode analisis yang digunakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan termasuk 2 kontrol dan diulang sebanyak 3 kali. Analisis statistik menggunakan sidik ragam ANOVA dan jika $p < 0.05$ maka dilanjutkan uji lanjut Duncan dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0.05$).

Hasil dan Pembahasan

A. Karakteristik *Drum Dried WEP*

Drum dried WEP yang dihasilkan ada dua jenis yaitu, *Chicken Whole Egg Powder (CWEP)* dan *Duck Whole Egg Powder (DWEP)*. *WEP* ini yang akan digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan roti tawar yang kemudian akan dianalisis karakteristik fisiko kimianya dan dibandingkan dengan kontrol yaitu, roti tawar yang menggunakan *Chicken Fresh Egg (CFE)* dan *Duck Fresh Egg (DFE)*. Karakteristik *drum dried WEP* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *Drum Dried WEP*

Parameter	<i>CWEP</i>	<i>DWEP</i>
Kadar Air	4.24	5.27
Kadar Abu	2.30	2.26
Kadar Aw	0.40	0.43
Lemak	19.9	20.43
Protein	24.31	20.08
Karbohidrat	49.25	51.96
Rendemen	30.27	33.74
L*	82.72	80.32
a*	3.49	2.99
b*	27.74	30.62

Ket: *CWEP* (*Chicken Whole Egg Powder*); *DWEP* (*Duck Whole Egg Powder*).

L*(*lightness*); a*(*redness*); b*(*yellowness*)

Nilai karakteristik *CWEP* memiliki kadar protein dan nilai kecerahan (L*) warna yang lebih tinggi dibandingkan *DWEP*, sedangkan parameter lainnya lebih rendah dibandingkan dengan *DWEP*. Perlakuan terbaik pada penelitian Al-amin *et al.* (2025), menghasilkan *double drum dried CWEP* dengan kadar protein yang lebih tinggi yaitu, 28.77%. Akan tetapi, memiliki nilai L*, a*, dan b* yang lebih rendah, yaitu berturut-turut 63.46, 1.59, dan 20.89.

Kadar protein *CWEP* lebih tinggi dibandingkan dengan *DWEP*, sedangkan kadar lemak *CWEP* lebih rendah

dibandingkan *DWEP*, hal ini sesuai dengan penelitian Sun *et al.*(2019) dimana persentase *albumen* pada *chicken egg* lebih besar dibandingkan *duck egg*, sedangkan persentase *yolk* lebih kecil. Presentase *albumen* dan *yolk* pada *chicken egg* adalah berturut-turut 62.74 ± 1.49 dan 27.52 ± 1.56 , sedangkan pada *duck egg* adalah 57.60 ± 1.56 dan 32.40 ± 1.44 .

B. Karakteristik Komponen Kimia Roti Tawar

Karakteristik mutu roti tawar dapat dilihat secara kimiawi yaitu, dengan mengetahui persentase kandungan nutrisinya. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat dan kadar Aw. Karakteristik komponen kimia roti tawar pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Menurut SNI 8371:2018, perihal syarat mutu roti tawar, kadar air maksimal yang terkandung dalam roti tawar adalah sebesar 40%. Kadar air roti tawar menggunakan *drum dried WEP* memiliki rata-rata berkisar 34.53 ± 0.89 - 35.46 ± 0.81 , sehingga memenuhi syarat mutu yang berlaku.

Hasil pengujian kadar air pada roti tawar dengan menggunakan jenis telur yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, sehingga setelah diuji lanjut menggunakan Duncan dengan selang kepercayaan 95%, didapatkan hasil bahwa perlakuan roti tawar kontrol DFE memiliki nilai kadar air yang lebih rendah dibandingkan seluruh perlakuan lainnya, yaitu sebesar $32.82 \pm 0.17\%$. Hal ini menunjukkan bahwa roti tawar yang menggunakan *CWEP* memiliki kadar air yang tidak berbeda nyata dengan kontrol CFE, sedangkan pada roti tawar *DWEP* hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol DFE.

WEP memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan *fresh egg*. Akan tetapi, dalam proses aplikasinya ke dalam produk, *WEP* tetap membutuhkan air sebagai zat pelarut. Hal ini sejalan menurut Abdi *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa pada 14 g *WEP* yang dilarutkan dalam 40 ml air sama dengan 1 butir telur berdasarkan perhitungan kadar air dan rendemen produk *WEP*.

Persentase kadar abu menunjukkan nilai kandungan mineral yang terdapat didalam suatu produk pangan. Berdasarkan hasil analisis Anova didapatkan hasil bahwa roti tawar yang dibuat dengan penggunaan jenis telur yang berbeda berpengaruh nyata terhadap hasil kadar abu ($p < 0.05$). Roti tawar yang menggunakan *CWEP* memiliki nilai kadar abu yang meningkat selaras dengan meningkatnya konsentrasi *CWEP* yang digunakan, dengan urutan kadar abu terendah hingga tertinggi, yaitu CP1; CP2, CP3; CP4, dengan nilainya berturut-turut 1.06 ± 0.04^c ; 1.11 ± 0.02^{abc} , 1.11 ± 0.04^{abc} ; 1.14 ± 0.02^a serta didapatkan nilai CP2, CP3, dan CP4 lebih besar dibandingkan dengan kontrol CFE yang nilainya 1.07 ± 0.06^{bc} .

Perlakuan roti tawar yang menggunakan *DWEP* memiliki rata-rata yang tidak berpengaruh nyata terhadap kontrol DFE, kecuali DP3 yang memiliki nilai lebih rendah, yaitu 1.13 ± 0.02^{ab} . Secara keseluruhan, roti tawar yang menggunakan baik DFE maupun *DWEP* memiliki nilai kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan CFE dan *CWEP*. Hal ini sejalan dengan informasi kandungan mineral telur ayam dan telur bebek per 100 gram dalam USDA (2019), dimana kandungan mineral telur bebek jumlahnya lebih besar dibandingkan telur ayam.

Tabel 2. Karakteristik Komponen Kimia Roti Tawar

	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Kadar Aw (α_w)	Kkal
CFE	34.30 ± 0.39 ^a	1.07 ± 0.06 ^{bc}	10.35 ± 0.23	4.34 ± 0.23	49.94 ± 0.36 ^{bc}	0.91 ± 0.00	280.21
DFE	32.82 ± 0.17 ^b	1.15 ± 0.04 ^a	10.43 ± 0.16	4.22 ± 0.15	51.38 ± 0.42 ^a	0.90 ± 0.00	285.20
CP1	34.53 ± 0.89 ^a	1.06 ± 0.04 ^c	10.00 ± 0.76	4.48 ± 0.45	49.92 ± 1.81 ^{bc}	0.91 ± 0.02	280.00
CP2	35.46 ± 0.81 ^a	1.11 ± 0.02 ^{abc}	9.91 ± 0.87	4.30 ± 0.10	49.21 ± 1.01 ^c	0.92 ± 0.01	275.18
CP3	35.25 ± 1.54 ^a	1.11 ± 0.04 ^{abc}	10.02 ± 0.68	4.37 ± 0.21	49.25 ± 1.53 ^c	0.91 ± 0.02	276.41
CP4	35.16 ± 0.95 ^a	1.14 ± 0.02 ^a	10.31 ± 0.60	4.17 ± 0.91	49.22 ± 0.57 ^c	0.92 ± 0.01	275.65
DP1	34.64 ± 1.91 ^a	1.14 ± 0.03 ^a	9.82 ± 0.53	3.76 ± 0.55	50.65 ± 2.01 ^{ab}	0.92 ± 0.02	275.72
DP2	34.92 ± 1.23 ^a	1.13 ± 0.01 ^a	9.86 ± 0.73	4.30 ± 0.23	49.79 ± 0.81 ^{bc}	0.92 ± 0.02	277.30
DP3	34.94 ± 1.10 ^a	1.13 ± 0.02 ^{ab}	9.83 ± 0.64	4.25 ± 0.18	49.86 ± 1.15 ^{bc}	0.92 ± 0.01	277.01
DP4	34.70 ± 0.42 ^a	1.14 ± 0.00 ^a	9.92 ± 0.35	4.39 ± 0.41	49.84 ± 0.22 ^{bc}	0.92 ± 0.01	278.55

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). CFE: Pembuatan roti menggunakan *chicken fresh egg*, DFE: Pembuatan roti menggunakan *duck fresh egg*, CP1: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (0.5%), CP2: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1%), CP3: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1.5%), CP4: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (2%), DP1: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (0.5%), DP2: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1%), DP3: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1.5%), DP4: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (2%)

Hasil analisis kadar protein pada roti tawar yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, sehingga perlakuan jenis telur yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein roti tawar. Selain itu, hal ini juga menunjukkan bahwa roti tawar yang menggunakan *drum dried WEP* menghasilkan kadar protein yang tidak berbeda nyata dengan roti tawar yang menggunakan *fresh egg*. Rata-rata nilai protein pada roti tawar yang menggunakan *CWEP* dan *DWEP* adalah 9.82 ± 0.53 - 10.31 ± 0.60 .

Pengukuran kadar lemak baik pada semua perlakuan menggunakan *CWEP* dan *DWEP*, maupun kontrol CFE dan DFE tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan rata-rata nilai lemak

pada setiap roti tawar yang menggunakan *drum dried WEP* berkisar antara 4.17 ± 0.91 - 4.48 ± 0.45 .

Perbedaan jenis telur pada roti tawar berpengaruh nyata terhadap kadar karbohidrat. Berdasarkan Tabel 2., didapatkan hasil analisis bahwa semakin tinggi konsentrasi *drum dried WEP* yang digunakan maka semakin rendah kadar karbohidrat yang terkandung didalam roti tawar dan secara keseluruhan, kadar karbohidrat roti tawar yang menggunakan DFE dan *DWEP* nilainya lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan CFE dan *CWEP*. Kadar karbohidrat terendah ada pada perlakuan CP4 sebesar 49.22 ± 0.57^c dan paling tinggi ada pada perlakuan DP1 sebesar 50.65 ± 2.01^{ab} . Hal ini juga sejalan dengan Tabel 1., dimana

kadar karbohidrat *DWEP* (51.96%) lebih besar dibandingkan dengan *CWEP* (49.25%).

Aktivitas air (α_w) merupakan air bebas dalam suatu bahan pangan dan dapat didefinisikan sebagai rasio fugasitas air di dalam produk pangan terhadap fugasitas air murni pada suhu dan tekanan yang sama dengan nilai angka tak berdimensi antara 0 (tidak ada air sama sekali) dan 1 (air murni) (Nielsen, 2017). Berdasarkan hasil analisis Anova didapatkan hasil bahwa roti tawar dengan perbedaan jenis *drum dried WEP* tidak berpengaruh nyata terhadap kadar α_w , serta hasilnya tidak berpengaruh nyata terhadap kontrol menggunakan *fresh egg* (CFE dan DFE). Rata-rata nilai kadar α_w pada roti tawar menggunakan *drum dried WEP* berkisar $0.91 \pm 0.02 - 0.92 \pm 0.02$.

C. Karakteristik Fisik Roti Tawar

Kualitas mutu produk roti selain dapat dilihat berdasarkan karakteristik kimiawi juga dapat dilihat berdasarkan karakteristik fisiknya. Karakteristik fisik roti tawar dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti peningkatan volume, volume spesifik, tekstur, dan warna roti tawar.

Menurut Arwini (2021), salah satu faktor yang menentukan mutu dari produk roti, yaitu volume roti yang besar. Karakteristik fisik peningkatan volume dan volume spesifik roti tawar pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Peningkatan Volume dan Volume Spesifik Roti Tawar

	Peningkatan Volume	Volume Spesifik
CFE	200.16 ± 26.32^a	1.69 ± 0.08^a
DFE	169.44 ± 15.24^b	1.67 ± 0.13^a
CP1	136.95 ± 9.32^{cd}	1.05 ± 0.26^b
CP2	145.70 ± 25.34^{bc}	1.05 ± 0.11^b
CP3	141.84 ± 16.73^{bcd}	0.94 ± 0.31^{bc}

CP4	114.27 ± 5.57^d	0.63 ± 0.20^c
DP1	110.93 ± 5.48^d	0.83 ± 0.44^{bc}
DP2	114.77 ± 8.51^d	1.10 ± 0.26^b
DP3	137.91 ± 22.13^{cd}	0.92 ± 0.22^{bc}
DP4	125.17 ± 11.00^{cd}	0.92 ± 0.22^{bc}

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Berdasarkan analisis Anova, didapatkan hasil bahwa setiap perlakuan berpengaruh nyata terhadap peningkatan volume roti tawar yang dihasilkan. Peningkatan volume yang paling besar ada pada roti tawar yang menggunakan CFE disusul dengan roti yang menggunakan DFE dengan nilai peningkatan volume berturut-turut $200.16 \pm 26.32\%$ dan $169.44 \pm 15.24\%$. Roti tawar yang menggunakan *drum dried WEP* memiliki peningkatan volume yang paling tinggi pada perlakuan CP2 sebesar 145.70 ± 25.34^{bc} .

Penggunaan *fresh egg* pada pembuatan roti tawar ini masih lebih unggul dalam menghasilkan volume roti yang lebih besar dibandingkan dengan *drum dried WEP*, hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan *fresh egg* dalam membentuk busa dan mengemulsi secara lebih baik dibandingkan *WEP*. Kemampuan untuk mengembangkan adonan ada pada kuning telur maupun putih telur dan peran sebagai pengemulsi ada pada kuning telur yang kaya akan lemak dan *lecithin*. Kandungan protein, lemak, dan *lecithin* dapat rusak apabila terkena panas secara terus-menerus, sehingga memungkinkan adanya penurunan sifat fungsional telur pada bentuk bubuk (D'mello dan Dalal, 2022).

Rasio peningkatan volume berbanding lurus dengan volume spesifik, sehingga semakin tinggi peningkatan volume maka volume spesifik nilainya akan semakin besar. Volume spesifik roti tawar kontrol

CFE dan DFE memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan roti tawar yang menggunakan *drum dried WEP*. Nilai volume spesifik roti tawar cenderung mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi *CWEP* yang digunakan.

Karakteristik fisik tekstur roti tawar utuh dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil tekstur roti tawar utuh menunjukkan adanya pengaruh signifikan pada nilai *hardness*, *springiness*, *cohesiveness*, *chewiness*, dan *resilience* ($p < 0.05$).

Nilai *hardness* pada roti tawar yang menggunakan *CWEP* lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol CFE, sedangkan pada roti tawar yang menggunakan *DWEP* lebih rendah dibandingkan kontrol DFE dan nilai *hardness* roti yang menggunakan *CWEP* lebih besar dibandingkan *DWEP*. Semakin tinggi konsentrasi *CWEP* dan *DWEP* yang digunakan maka nilai *hardness* cenderung akan semakin rendah dengan nilai *hardness* tertinggi ada pada perlakuan CP1 sebesar 1982.98 ± 629.77^a dan yang terendah ada pada perlakuan DP4 sebesar 1353.50 ± 486.26^{bc} . Semakin rendah nilai kekerasannya (*hardness*) maka teksturnya akan semakin lembut dan tekstur ini yang biasanya diinginkan pada produk roti (He *et al.*, 2023).

Nilai *springiness* roti tawar utuh yang menggunakan *CWEP* dan *DWEP* lebih rendah dibandingkan kontrol masing-masing (CFE dan DFE). Nilai *cohesiveness* roti tawar dengan *CWEP* lebih rendah dibandingkan dengan CFE dan roti tawar dengan *DWEP* hasilnya lebih tinggi daripada DFE. *Springiness* dan *resilience* digunakan untuk memperkirakan kemampuan pemulihan

roti tawar setelah deformasi, sedangkan *cohesiveness* digunakan untuk mendefinisikan resistensi internal (He *et al.*, 2023).

Menurut Imami dan Sutrisno (2018), kemampuan adonan dalam memerangkap udara dapat mendorong matriks gel meningkat saat pemanggangan, sehingga akan meningkatkan kemampuan cake kembali ke bentuk semula setelah diberi tekanan. Faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan adonan dalam memerangkap udara yaitu, pembentukan busa yang stabil. Menurut Jonathan *et al.* (2016), sistem emulsi yang stabil dapat membuat busa yang terbentuk mampu memerangkap udara dalam adonan dan dengan peningkatan kuning telur dalam adonan dapat meningkatkan hal tersebut.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada Tabel 4. memungkinkan adanya informasi bahwa *fresh egg* memiliki daya busa dan emulsifikasi yang lebih baik dibandingkan dengan *drum dried WEP*, sama halnya dengan hasil peningkatan volume yang dihasilkan, dimana roti tawar dengan menggunakan *fresh egg* memiliki volume yang lebih besar dan kedua analisis ini sama-sama dilakukan menggunakan roti tawar secara utuh. Selain itu, karena roti dianalisis secara utuh (beserta *crust*/kulitnya), sehingga dapat juga dipengaruhi oleh faktor yang mampu meningkatkan nilai *hardness* pada roti tawar yaitu, salah satunya adalah suhu pemanggangan. Apabila suhu pemanggangan meningkat maka nilai *hardness* juga akan meningkat karena akan terbentuk *crust* yang lebih tebal akibat tingginya transfer massa dan panas oleh proses evaporasi yang terjadi pada suhu tinggi (Mohamad *et al.*, 2015).

Tabel 4. Tekstur Roti Utuh dan *Crumb*

	Utuh						Crumb					
	Hard-ness	Springi-ness	Cohesiv-e-ness	Gummi-ness	Chewi-ness	Resili-ence	Hard-ness	Springi-ness	Cohesiv-e-ness	Gummi-ness	Chewi-ness	Resili-ence
CFE	1138.97 ± 57.56 ^c	0.91 ± 0.02 ^a	0.62 ± 0.03 ^a	657.61 ± 45.70	598.85 ± 47.98 ^c	0.27 ± 0.02 ^a	342.19 ± 22.26	0.79 ± 0.03	0.63 ± 0.02	177.77 ± 46.94	140.54 ± 34.09	0.23 ± 0.01
DFE	1650.04 ± 146.13 ^{ab}	0.90 ± 0.01 ^{ab}	0.55 ± 0.01 ^{cd}	904.74 ± 73.11	818.66 ± 72.58 ^{abc}	0.23 ± 0.01 ^{bc}	357.12 ± 79.66	0.85 ± 0.01	0.62 ± 0.01	220.43 ± 48.42	186.26 ± 41.49	0.23 ± 0.01
CP1	1982.98 ± 629.77 ^a	0.88 ± 0.03 ^{abc}	0.54 ± 0.04 ^d	1049.22 ± 261.15	924.80 ± 214.99 ^a	0.21 ± 0.02 ^{bc}	446.43 ± 121.22	0.83 ± 0.06	0.64 ± 0.04	278.06 ± 71.82	231.19 ± 57.21	0.24 ± 0.05
CP2	1678.90 ± 506.25 ^{ab}	0.88 ± 0.04 ^{abc}	0.56 ± 0.03 ^{bcd}	937.83 ± 263.57	823.88 ± 210.94 ^{abc}	0.22 ± 0.03 ^{bc}	420.54 ± 93.71	0.79 ± 0.01	0.61 ± 0.02	253.74 ± 47.26	201.32 ± 35.62	0.22 ± 0.01
CP3	1834.59 ± 663.45 ^{ab}	0.86 ± 0.05 ^{abc}	0.54 ± 0.01 ^{cd}	999.58 ± 354.27	851.36 ± 257.90 ^{ab}	0.20 ± 0.02 ^c	467.22 ± 140.96	0.78 ± 0.05	0.59 ± 0.04	273.07 ± 74.23	213.77 ± 52.39	0.20 ± 0.03
CP4	1913.31 ± 554.11 ^{ab}	0.84 ± 0.01 ^c	0.55 ± 0.01 ^{cd}	1062.75 ± 316.33	898.89 ± 271.76 ^a	0.21 ± 0.00 ^{bc}	436.81 ± 87.68	0.78 ± 0.05	0.60 ± 0.01	259.23 ± 46.96	203.69 ± 38.90	0.20 ± 0.01
DP1	1488.24 ± 516.78 ^{abc}	0.85 ± 0.05 ^{bc}	0.59 ± 0.04 ^{abcd}	859.26 ± 239.98	728.97 ± 183.69 ^{abc}	0.22 ± 0.03 ^{bc}	317.74 ± 56.23	0.79 ± 0.06	0.63 ± 0.03	200.74 ± 32.77	159.36 ± 34.30	0.22 ± 0.03
DP2	1425.79 ± 463.03 ^{abc}	0.87 ± 0.04 ^{abc}	0.60 ± 0.02 ^{ab}	852.02 ± 248.34	736.11 ± 193.77 ^{abc}	0.24 ± 0.02 ^{ab}	345.90 ± 26.36	0.80 ± 0.04	0.59 ± 0.02	203.09 ± 14.71	162.61 ± 16.68	0.20 ± 0.02
DP3	1359.60 ± 524.77 ^{bc}	0.85 ± 0.03 ^c	0.57 ± 0.03 ^{bcd}	766.70 ± 247.57	646.83 ± 183.34 ^{bc}	0.22 ± 0.02 ^{bc}	326.02 ± 92.86	0.78 ± 0.04	0.59 ± 0.06	187.92 ± 34.19	145.11 ± 19.93	0.20 ± 0.04
DP4	1353.50 ± 486.26 ^{bc}	0.84 ± 0.05 ^c	0.59 ± 0.02 ^{abc}	789.22 ± 248.01	656.25 ± 178.05 ^{bc}	0.23 ± 0.02 ^{bc}	329.22 ± 54.92	0.76 ± 0.03	0.61 ± 0.01	199.89 ± 33.19	151.42 ± 20.08	0.20 ± 0.01

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). CFE: Pembuatan roti menggunakan *chicken fresh egg*, DFE: Pembuatan roti menggunakan *duck fresh egg*, CP1: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (0.5%), CP2: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1%), CP3: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1.5%), CP4: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (2%), DP1: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (0.5%), DP2: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1%), DP3: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1.5%), DP4: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (2%)

Menurut He *et al.* (2023), volume spesifik dan tekstur *crumb* merepresentasikan struktur internal roti dan hal ini berkaitan erat dengan penerimaan konsumen. Menurut Arwini (2021), mutu produk roti yang baik salah satunya memiliki butiran yang seragam, tekstur roti yang elastis, halus dan lembut, serta memiliki struktur remah (*crumb structure*) yang rata dan berwarna terang.

Karakteristik fisik tekstur *crumb* roti tawar dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil analisa Anova menunjukkan bahwa roti tawar dengan jenis *drum dried WEP* tidak berpengaruh nyata terhadap setiap parameter tekstur yang diujikan ($p > 0.05$). Roti tawar *CWEP* dan *DWEP* tidak berpengaruh nyata terhadap masing-masing kontrol CFE dan DFE.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada Tabel 4. dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan *drum dried WEP* dapat dimanfaatkan untuk mensubstitusi penggunaan *fresh egg* dalam pembuatan

produk roti tawar dalam tekstur *crumb* yang dihasilkan karena tidak berbeda nyata ($p < 0.05$) dengan penggunaan *fresh egg*.

Warna yang dapat dilihat pada roti tawar bisa dari bagian kulit (*crust*) dan bagian dalam roti (*crumb*). Parameter nilai warna yang digunakan adalah L^* , a^* , b^* , ΔE , dan BI. Karakteristik fisik warna roti tawar bagian kulit (*crust*) dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan analisa Anova, warna pada *crust* roti tawar dengan penambahan *CWEP* dan *DWEP* memiliki pengaruh nyata terhadap ΔE (*color difference*), sedangkan terhadap L^* (*lightness*), a^* (*redness*), b^* (*yellowness*) dan BI (*browning index*) tidak berpengaruh nyata. Secara keseluruhan nilai warna semua perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol (CFE dan DFE). Total nilai perbedaan warna (ΔE) CP3 dan DP1 adalah yang tertinggi.

Tabel 5. Warna *Crust* dan *Crumb* Roti Tawar

	<i>Crust</i>					<i>Crumb</i>				
	L*	a*	b*	ΔE	BI	L*	a*	b*	ΔE	BI
CFE	42.03 ± 6.45	18.40 ± 0.41	28.74 ± 4.77	0	32.97 ± 0.46	75.47 ± 0.39	0.65 ± 0.36 ^d	21.30 ± 1.07	0	7.91 ± 0.54
DFE	48.87 ± 20.17	21.30 ± 7.61	29.07 ± 8.79	0	29.23 ± 4.48	73.93 ± 1.06	1.98 ± 0.43 ^a	20.08 ± 0.82	0	7.90 ± 0.34
CP1	53.08 ± 4.71	17.59 ± 1.02	36.19 ± 3.17	100.25 ± 69.22 ^{ab}	31.12 ± 1.11	73.93 ± 2.23	1.08 ± 0.56 ^{bcd}	21.03 ± 1.37	3.70 ± 4.82	8.09 ± 0.56
CP2	52.95 ± 7.93	17.15 ± 1.04	34.77 ± 4.97	108.16 ± 98.04 ^{ab}	29.66 ± 1.75	74.80 ± 2.44	1.30 ± 0.58 ^{abcd}	21.51 ± 0.66	2.71 ± 3.01	8.24 ± 0.30
CP3	57.05 ± 11.42	14.58 ± 3.69	34.67 ± 3.91	190.80 ± 180.99 ^a	26.50 ± 5.36	74.64 ± 2.55	1.71 ± 0.54 ^{abc}	22.05 ± 1.05	3.83 ± 3.25	8.60 ± 0.44
CP4	54.87 ± 1.21	16.82 ± 0.91	35.52 ± 0.60	107.58 ± 15.02 ^{ab}	28.75 ± 1.61	73.92 ± 0.22	1.86 ± 0.34 ^{ab}	23.17 ± 1.15	5.01 ± 3.89	9.25 ± 0.58
DP1	58.94 ± 14.11	12.92 ± 4.13	33.92 ± 3.90	174.78 ± 129.15 ^a	24.72 ± 7.08	74.36 ± 0.40	1.31 ± 0.41 ^{abcd}	22.25 ± 1.32	3.36 ± 2.31	8.63 ± 0.61
DP2	54.00 ± 10.37	15.46 ± 1.21	33.98 ± 5.17	87.60 ± 53.61 ^{ab}	27.78 ± 3.02	75.16 ± 2.39	1.04 ± 0.25 ^{cd}	21.74 ± 1.12	4.93 ± 5.45	8.23 ± 0.36
DP3	53.89 ± 9.87	16.84 ± 1.37	35.49 ± 4.16	82.03 ± 62.87 ^{ab}	30.03 ± 4.51	75.09 ± 2.41	1.42 ± 0.54 ^{abcd}	21.92 ± 0.96	4.86 ± 0.79	8.44 ± 0.86
DP4	56.60 ± 8.69	16.23 ± 1.38	36.04 ± 4.18	98.60 ± 77.41 ^{ab}	28.09 ± 2.71	75.07 ± 2.03	1.24 ± 0.55 ^{abcd}	21.70 ± 0.87	3.97 ± 2.08	8.28 ± 0.56

Ket: L*(lightness); a*(redness); b*(yellowness); ΔE (color difference); BI (browning index). Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). CFE: Pembuatan roti menggunakan *chicken fresh egg*, DFE: Pembuatan roti menggunakan *duck fresh egg*, CP1: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (0.5%), CP2: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1%), CP3: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (1.5%), CP4: Pembuatan roti menggunakan *chicken WEP* (2%), DP1: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (0.5%), DP2: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1%), DP3: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (1.5%), DP4: Pembuatan roti menggunakan *duck WEP* (2%)

Faktor yang dapat mempengaruhi perubahan warna pada produk roti, diantaranya adalah warna bahan baku, komposisi kimia yang terkandung, waktu dan suhu pemanggangan. Perubahan warna pada kulit (*crust*) roti sangat dipengaruhi oleh reaksi *Maillard* yang diakibatkan proses pemanggangan dimana adanya kontribusi dari gugus amino (asam amino dan protein) dan senyawa karbonil (gula pereduksi) pada kandungan masing-masing komponen warna dalam *crust* dan *crumb* yang diperoleh (Kowalski *et al.*, 2022).

Karakteristik fisik warna *crumb* roti tawar dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil warna pada *crumb* roti tawar dengan penambahan *drum dried WEP* berpengaruh nyata terhadap nilai

kemerahan (a^*) dan berpengaruh nyata terhadap kontrol CFE dan DFE. Nilai warna a^* tertinggi ada pada kontrol DFE dengan besar nilai 1.98 ± 0.43^a dan yang paling rendah ada pada kontrol CFE sebesar 0.65 ± 0.36^d . *Crumb* roti tawar yang menggunakan *CWEP* memiliki nilai kemerahan yang lebih besar dibandingkan dengan kontrol CFE, sedangkan roti tawar yang menggunakan *DWEP* nilainya lebih kecil dibandingkan kontrolnya, yaitu DFE.

Berdasarkan Tabel 5 serta apabila dilihat secara kasat mata, warna *crust* dan *crumb* roti tawar cukup berbeda. Nilai warna BI (*browning index*) *crust* angkanya cukup jauh dengan *crumb*, hal ini dapat diakibatkan oleh kelebihan air pada adonan roti yang sedang dipanggang akan mudah bermigrasi ke bagian

crust/kulit/kerak, sehingga kadar air yang lebih tinggi pada *crust* dapat meningkatkan derajat reaksi *Maillard* (Pyo *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Peningkatan volume dan volume spesifik roti tawar masih lebih besar yang menggunakan *fresh egg*. Namun, kadar karbohidrat roti tawar yang menggunakan *drum dried WEP* lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan *fresh egg*. Selain itu, hasil parameter kadar air (*CWEP*), kadar *Aw*, kadar protein, kadar lemak, tekstur pada *crumb* (*hardness*, *springiness*, *cohesiveness*, *gumminess*, *chewiness*, *resilience*) dan nilai warna *crumb* (*L**, *b**, ΔE , *BI*) menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan, sehingga *drum dried WEP* baik *chicken whole egg powder* (*CWEP*) maupun *duck whole egg powder* (*DWEP*) dapat menjadi alternatif solusi dalam mensubstitusi penggunaan *fresh egg* dalam pembuatan roti tawar, dengan berbagai keuntungan lainnya, seperti mudah digunakan, umur simpan lebih tahan lama, dan lebih hemat biaya.

Daftar Pustaka

- Abdi, Anggraini T., dan Asben A. (2023). Application of whole egg powder processed by oven drying and foam mat drying in bread making. *And. Int. J. Agric. Nat. Sci.* 4(1): 47-60.
- Al Amin, G.A., Ikrawan. Y., Darniadi, S., Hidayat, D.D., Hermiati, A., Rahayuningtyas, A., Mayasti, N.K.I., Indriati, A., Ratnawati, L., Desnilasari, D., Andriansyah, R.C.E., Ayustaningwarno, F. (2025). Physical and chemical properties of chicken whole egg flour produced by the BRIN double-drum drier: Effect of rotation speeds and steam pressure. *Journal of Food Process Engineering.* 1-13.
- Arifin, H. R., Lembong, E., dan Irawan, A.N. (2023). Karakteristik fisik roti tawar berbasis substitusi terigu dengan tepung komposit sukun (*Artocarpus atilis* F.) dan pisang (*Musa paradisiaca* L.) sebagai upaya pemanfaatan komoditas lokal. *Jurnal Penelitian Pangan*, 3(1): 20-26.
- Arwini, N.P.D. (2021). Roti, pemilihan bahan, dan proses pembuatan. *Vastuwidya*, 4(1): 33-40.
- Belyavin C.G. (2016). Eggs: Use in the food industry. In Encyclopedia of Food and Health, pp. 476-479. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00245-2>
- D'mello, C. E. W. dan Dalal, S.I. (2022). The acceptance of eggs as a natural aerator in baking. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 2(4): 28-34.
- He, Yue., Wang, A., Chen, Z., Nie, M., Xi, H., Gong, X., Liu, L., Wang, L., Sun, J., Bai, Y., Huang, Y., Sun, P., Wang, F., Tong, L. (2023). Effects of egg powder on the structure of highland barley dough and the quality of highland barley bread. *International Journal of Biological Macromolecules* 240. 1-11.
- Hidayat, D.D., Sagita, D., Darmajana, D., Indriati, A., Rahayuningtyas, A., Sudaryono. A., Kurniawan, Y., dan Nugroho, P. (2021). Pengembangan dan evaluasi termal pengering drum ganda untuk produk makanan siap saji dalam mendukung pencegahan stunting. *INMATEH Agricultural Engineering*, 64(2): 43-53.

- Imami, R.H. dan Sutrisno, A. (2018). Pengaruh proporsi telur dan gula serta suhu pengovenan terhadap kualitas fisik, kimia, dan organoleptik bolu bebas gluten dari pasta ubi kayu (*Manihot esculenta*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(3): 89-99.
- Jonathan, A.A.T., Trisnawati, C.Y., and Sutedja, A.M. (2016). Pengurangan Kuning Telur pada Beberapa Konsentrasi Gum Xanthan terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Cake Beras Rendah Lemak. *Jurnal Agroteknologi*, 10(1): 1-11.
- Karthik, P., Channwal, N., dan Anandharamakrishnan, C. (2017). *Drum Drying. Handbook of Drying for Dairy Product*, 43-56. ISBN:9781118930526
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, dan M., Mazurek, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT - Food Science and Technology*, 159 (113220): 1-9.
- Mangueira E.R., Cavalcante, J.A., Costa, N.A., Lima, A.G.B. (2020). Foam-mat drying process of duck egg white. *Diffusion Foundation*. 25:54-82.
- Mohamad, R.A., Taip, F.S., Kamil, S.M.M., and Bejo, S.K. (2015). Color and Volume Development of Cake Baking and Its Influence on Cake Qualities. *Journal of Applied Science and Agriculture*. 10(5):63-68.
- Nielsen, S.S. 2017. Food Analysis. Page (S. S. Nielse, Ed.) Food Analysis. 5th edition. Springer, Indiana.
- Pyo, S., Moon, C., Park, S., Choi, J., Park, J., Sung, J., Choi, E., Son, Y. (2024). Quality and staling characteristics of white bread fortified with lysozyme-hydrolyzed mealworm powder (*Tenebrio molitor* L.). *Food Science* 8.1-16.
- Sang Shangyuan, Xu Dan, Ma Yongshuai, Jin Yamei, Wu Fengfeng, dan Xu Xueming. (2020). Effect of egg yolk on the properties of wheat dough and bread. *Food Bioscience*, 37:1-7.
- Setiyawan, R., Al-Amin, G., Darniadi, S., Hidayat, D., Rahayuningtyas, A., Sagita, D., Denilasari, D., Ardiansyah, R., Ratnawati, L., Furqon, M., Hoesen, Y., Gandara, D. (2024). Development of egg yolk powder using a small-scale double drum dryer: Influence of steam pressure on physical properties. *BIO Web of Conferences* 99, 02011.
- Sun, C., Liu, J., Yang, N., dan Xu, G. (2019). Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*, 98(10): 4516-4521.
- USDA. (2019). National Nutrient Database for Standard Reference. Available from: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Accessed 11 April, 2024
- Wei, Lim J., Alkarkhi, Abbas F.M., and Huda, N. (2019). Physicochemical properties of egg yolk powder from eggs of different types of bird. *International Journal on Advance Science, Engineering and Information Technology*, 9(1): 373-378.

Wulandari, Z. dan Arief, I.I. (2022).
Review: Tepung telur ayam: Nilai
gizi, sifat fungsional, dan manfaat.
*Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi
Hasil Peternakan*, 10(2): 62-68.