JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN. 2810-0824
Vol. 5 No. 4 Oktober 2026

Hal. 266-280

Analisis Neraca Massa, Kadar Air, dan Kadar Abu Pada Pembuatan Tepung Okara (Ampas Tahu) Menggunakan Metode Pengeringan

Analysis of Mass Balance, Moisture Content, and Ash Content in the Production of Okara (Tofu Dreg) Flour Using the Drying Method

Febrian Hidayatul Fazri[1]

[1]Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Departeman Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran

*Email Koresponden: febrian23001@mail.unpad.ac.id

Received : 9 Juli 2026 | Accepted : 22 Oktober 2026 | Published : 28 Oktober 2026

Kata Kunci

kadar abu, kadar air, neraca massa, rendemen, tepung okara.

Copyright (c) 2026 Febrian Hidayatul Fazri

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Okara merupakan hasil samping industri tahu yang masih mengandung protein, serat, dan mineral, namun pemanfaatannya sebagai bahan pangan masih terbatas. Salah satu upaya meningkatkan nilai tambah okara adalah mengolahnya menjadi tepung melalui proses pengeringan. Tujuan penelitian ini menganalisis neraca massa, efisiensi proses, rendemen, kehilangan massa, kadar air, dan kadar abu pada pembuatan tepung okara menggunakan metode pengeringan. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental laboratorium dengan dua kali pengulangan (duplo). Proses pembuatan tepung okara meliputi penyiapan bahan, pemerasan, pengeringan menggunakan *oven blower* pada suhu 50°C selama ±6 jam, penggilingan, dan pengayakan menggunakan ayakan 60 mesh. Proses pengolahan menggunakan ampas tahu sebanyak 3441 g menghasilkan tepung okara sebanyak 508 g. Hasil analisis neraca massa menunjukkan keseimbangan massa pada setiap tahapan proses dengan rendemen akhir sebesar 14,8%. Efisiensi proses tertinggi diperoleh pada tahap penyiapan bahan dan pengeringan sebesar 1 (100%), sedangkan efisiensi terendah terdapat pada proses pengayakan sebesar 89,6%. Kehilangan massa terbesar terjadi pada tahap pemerasan, yaitu 1572 g, akibat hilangnya kandungan air dari ampas tahu basah. Tepung okara yang dihasilkan memiliki kadar air sebesar 14,76% dan kadar abu sebesar 1,52%, sehingga proses pengeringan berperan penting dalam menghasilkan tepung okara yang lebih stabil dan bernilai tambah.

JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN. 2810-0824
Vol. 5 No. 4 Oktober 2026
Hal. 266-280

Keywords
ash content, moisture content, mass balance, yield, okara flour.

ABSTRACT
Okara is a byproduct of the tofu industry that still contains protein, fiber, and minerals; however, its use as a food ingredient remains limited. One way to increase the value of okara is to process it into flour through a drying process. The objective of this study was to analyze the mass balance, process efficiency, yield, mass loss, moisture content, and ash content in the production of okara flour using a drying method. The study was conducted using a laboratory experimental method with two replicates (duplo). The okara flour production process included material preparation, pressing, drying using a blower oven at 50°C for approximately 6 hours, grinding, and sieving using a 60-mesh sieve. The processing of 3,441 g of tofu residue yielded 508 g of okara flour. Mass balance analysis results showed mass balance at every stage of the process with a final yield of 14.8%. The highest process efficiency was achieved during the ingredient preparation and drying stages at 1 (100%), while the lowest efficiency was observed during the sieving process at 89.6%. The greatest mass loss occurred during the pressing stage, amounting to 1.572 g, due to the loss of water content from the wet soya bean residue. The resulting okara flour had a moisture content of 14.76% and an ash content of 1.52%, indicating that the drying process plays a crucial role in producing more stable okara flour with added value.

1. PENDAHULUAN

Industri pengolahan tahu merupakan salah satu sektor agroindustri berbasis kedelai selain tempe yang berkembang pesat di Indonesia dan berkontribusi terhadap penyediaan pangan. Di balik tingginya produksi tahu, industri ini juga menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu yang disebut okara dalam jumlah yang sangat besar. Menurut Suhartini et al. (2023) terdapat sekitar 84.000 pabrik tahu skala UMKM yang tersebar di berbagai kota di Indonesia dan dari sekitar 2,56 juta ton kedelai per tahun, diperkirakan 1,024 juta ton atau 40% yang dihasilkannya adalah ampas tahu yang sebagian besarnya hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau bahkan dibuang sebagai limbah, sehingga potensi dan nilai ekonominya masih sangat rendah. Okara sebagai hasil samping industri tahu diketahui masih mengandung komponen gizi esensial, antara lain protein, serat pangan, lemak, mineral, serta senyawa bioaktif, sehingga memiliki potensi yang signifikan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pengembangan pangan fungsional dan produk pangan bernilai tambah (Karim et al., 2025). Berdasarkan potensi tersebut, pemanfaatan okara menjadi tepung merupakan salah satu pendekatan yang prospektif dalam meningkatkan nilai tambah hasil samping industri tahu, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya melalui konsep ekonomi sirkular, serta meminimalkan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah agroindustri.

Salah satu tahapan kritis dalam proses pembuatan tepung okara adalah pengeringan (*drying*), yang berperan penting dalam menentukan kualitas dan stabilitas produk akhir. Okara segar memiliki kadar air yang relatif tinggi sekitar 75–80%, sehingga rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzimatis, serta berbagai reaksi kimia yang dapat mempercepat penurunan mutu selama penyimpanan (Guimarães et al., 2018). Oleh karena itu,

proses pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air hingga mencapai tingkat yang aman, sehingga dapat meningkatkan stabilitas produk, memperpanjang masa simpan, serta mempermudah proses penanganan, penyimpanan, dan distribusi. Selain berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia tepung yang dihasilkan, proses pengeringan juga menentukan efisiensi produksi karena terjadi perubahan massa sebagai akibat dari penguapan air selama proses berlangsung.

Analisis neraca massa memiliki peran penting dalam mengevaluasi proses produksi tepung okara karena dapat menggambarkan distribusi massa bahan dari tahap awal hingga produk akhir, menghitung rendemen, serta mengidentifikasi tahapan yang menghasilkan penurunan massa terbesar. Proses pengeringan tidak hanya bertujuan mengurangi kadar air, tetapi juga memengaruhi rendemen serta karakteristik fisikokimia tepung yang dihasilkan (Ostermann-Porcel et al., 2017; Guimarães et al., 2020). Selain itu, efisiensi proses diperlukan untuk membedakan pengurangan massa yang memang menjadi tujuan pengolahan, seperti penguapan air selama pengeringan, dari kehilangan bahan yang tidak diinginkan akibat penempelan pada alat atau bahan yang tidak berhasil dipulihkan.

Karakteristik fisikokimia, terutama kadar air dan kadar abu, juga menentukan mutu tepung okara selain efisiensi proses. Saat ini belum tersedia standar mutu khusus di Indonesia yang mengatur batas kadar air maupun kadar abu pada tepung okara, meskipun berbagai penelitian telah menjelaskan karakteristik kimia tepung okara. Akibatnya, mutu produk yang dihasilkan masih sangat bervariasi antarpenelitian maupun antarprodusen sehingga diperlukan data ilmiah yang dapat menjadi dasar dalam pengembangan standar mutu dan peningkatan daya simpan produk.

Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis neraca massa pada proses pembuatan tepung okara menggunakan metode pengeringan, menentukan kadar air dan kadar abu tepung okara yang dihasilkan, serta mengevaluasi hubungan antara efisiensi proses pengeringan dengan mutu tepung okara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efisiensi proses pengolahan okara, menjadi referensi dalam pengembangan teknologi pengolahan produk samping agroindustri menjadi produk pangan bernilai tambah, serta memberikan data pendukung bagi industri dan peneliti dalam pengembangan standar mutu tepung okara yang berkaitan dengan kualitas dan masa simpan produk.

2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei–Juni 2026 dan data diolah pada bulan Juli 2026. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan 1, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran dan Laboratorium Kimia dan Proses Agroindustri, Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.

2.2 Alat dan Bahan

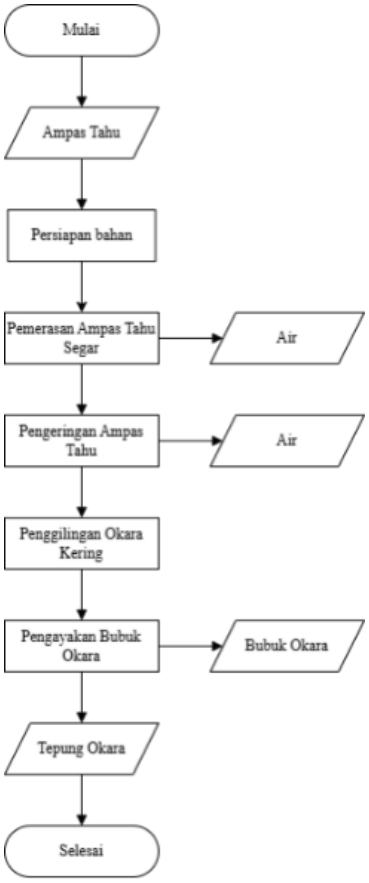
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah baskom, neraca digital (*CAMRY*), neraca analitik (*BIOBASE*), spatula silikon, kain saring, loyang, *oven blower* (*SHEL LAB*), *chopper* (*MITOCHIBA*), ayakan 60 *mesh*, cawan aluminium, cawan porselen, *oven* pengering, tanur (*B-ONE*), krustang, dan desikator. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah okara segar,

yaitu limbah padat dari produksi tahu yang diperoleh dari pabrik tahu lokal skala UMKM di Jatinangor, Sumedang.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan Tepung Okara (Mubarok et al., 2025)

Proses pembuatan tepung okara diawali dengan persiapan bahan yaitu menimbang ampas tahu yang digunakan sebanyak 3–3,5 kg. Ampas tahu yang digunakan kemudian dilakukan pengurangan kadar air awal melalui pemerasan menggunakan kain penyaring. Tahap ini bertujuan untuk mengurangi kandungan air bebas sehingga proses pengeringan selanjutnya dapat berlangsung lebih efektif. Ampas tahu yang telah diperas kemudian dikeringkan menggunakan *oven blower* pada suhu 50°C selama ±6 jam. Selama proses pengeringan, bahan dibalik secara berkala untuk memastikan distribusi panas yang merata dan memperoleh tingkat kekeringan yang homogen. Setelah mencapai kondisi kering, okara kering digiling menggunakan *chopper* hingga menjadi halus semua, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh untuk memperoleh tepung okara dengan ukuran partikel yang seragam. Diagram alir pembuatan tepung okara dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan tepung okara

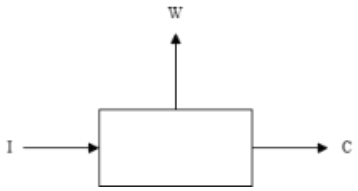
2.3.2 Neraca Massa

Analisis neraca massa dilakukan dengan menimbang massa bahan pada setiap tahapan proses menggunakan neraca digital dan neraca analitik. Pengukuran diawali dengan menentukan massa ampas tahu basah sebagai bahan baku awal. Selanjutnya, massa bahan diukur setelah proses pemerasan untuk mengetahui jumlah air yang terpisah serta perubahan massa akibat pengurangan kadar air awal. Pengukuran kemudian dilakukan kembali setelah proses pengeringan menggunakan *oven blower* untuk menentukan massa okara kering dan menghitung kehilangan massa akibat penguapan air selama proses berlangsung. Tahap berikutnya meliputi penimbangan massa hasil penggilingan serta tepung yang diperoleh setelah proses pengayakan menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh*. Data massa pada setiap tahapan digunakan untuk menyusun neraca massa, menghitung rendemen tepung okara, menentukan kehilangan massa pada setiap proses, serta mengevaluasi efisiensi proses pengolahan secara keseluruhan.

2.4 Parameter Pengamatan

2.4.1 Neraca Massa

Neraca massa merupakan suatu metode perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan jumlah massa bahan yang masuk, terakumulasi, dan keluar dari suatu sistem selama periode tertentu. Konsep ini didasarkan pada hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, sehingga jumlah massa yang memasuki suatu sistem harus sama dengan jumlah massa yang keluar dan terakumulasi di dalam sistem. Dengan demikian, total massa dalam suatu proses akan tetap konstan selama tidak terjadi kehilangan atau penambahan massa dari luar sistem (Yuliani, 2020). Aliran bahan pada proses pembuatan tepung okara meliputi beberapa tahapan, yaitu penyiapan bahan baku berupa okara basah, pemerasan untuk mengurangi kadar air awal, pengeringan menggunakan *oven blower*, penggilingan hingga menjadi serbuk halus, dan pengayakan menggunakan ayakan berukuran 60 mesh untuk memperoleh tepung okara dengan ukuran partikel yang seragam. Seluruh proses dilakukan sebanyak dua kali pengulangan (duplo). Proses dasar industri dapat digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses dasar industri (Yuliani, 2020)

Keterangan:
I (*Input*) = Aliran atau massa yang masuk ke dalam sistem.
W (*Waste*) = Aliran atau massa yang keluar dari sistem.
C (*Accumulation*) = Akumulasi atau perubahan massa yang tersimpan di dalam sistem.

Secara umum, neraca massa dapat dinyatakan dengan Persamaan 1:

$$Massa\ Masuk = Massa\ Keluar + Akumulasi \quad (1)$$

atau, pada kondisi tunak (*steady state*) tanpa akumulasi pada Persamaan 2:

$$Massa\ Masuk = Massa\ Keluar \quad (2)$$

2.4.2 Efisiensi Proses

Efisiensi proses merupakan tingkat efektivitas proses dalam mengonversi bahan baku menjadi produk yang diinginkan melalui pemanfaatan sumber daya secara optimal, sehingga kehilangan bahan selama proses dapat diminimalkan dan hasil produksi dapat dimaksimalkan (Putri et al., 2025). Efisiensi proses pemanfaatan ampas tahu menjadi tepung okara dapat dihitung berdasarkan Tabel 1. variabel efisiensi proses pembuatan tepung okara dan persamaan-persamaannya sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel efisiensi proses pembuatan tepung okara

Variabel	Proses
A1	Persiapan bahan
A2	Pemerasan
A3	Pengeringan
A4	Penggilingan
A5	Pengayakan

Proses 1
Efisiensi proses persiapan bahan

$$A1\ (\%) = \frac{Ampas\ tahu\ yang\ diolah}{Ampas\ tahu\ yang\ diterima} \times 100 \quad (3)$$

Proses 2
Efisiensi proses pemerasan

$$A2\ (\%) = \frac{Ampas\ tahu\ setelah\ diperas + air}{Ampas\ tahu} \times 100 \quad (4)$$

Proses 3
Efisiensi proses pengeringan

$$A3\ (\%) = \frac{Okara\ kering + air\ yang\ teruapkan}{Ampas\ tahu} \times 100 \quad (5)$$

Proses 4
Efisiensi proses penggilingan

$$A4\ (\%) = \frac{Bubuk\ okara}{Okara\ kering} \times 100 \quad (6)$$

Proses 4
Efisiensi proses pengayakan

$$A5\ (\%) = \frac{Tepung\ okara}{Bubuk\ okara} \times 100 \quad (7)$$

2.4.3 Rendemen Proses

Rendemen merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara jumlah produk yang dihasilkan (*output*) dengan jumlah bahan baku yang digunakan (*input*) dalam suatu proses pengolahan (Ermawati & Wiyono, 2022). Nilai rendemen digunakan untuk menggambarkan tingkat keberhasilan proses dalam mengonversi bahan baku menjadi produk. Semakin tinggi nilai rendemen yang diperoleh, semakin besar proporsi bahan baku yang berhasil dikonversi menjadi produk akhir. Perhitungan rendemen dilakukan menggunakan Persamaan 8.

$$Rendemen\ Proses\ (\%) = \frac{Output}{Input} \times 100 \quad (8)$$

(Sumber: Ermawati & Wiyono, 2022)

Adapun untuk perhitungan rendemen akhir pada proses pembuatan tepung okara menggunakan Persamaan 9.

$$Rendemen\ Akhir\ (\%) = \frac{Qasko}{Qaskb} \times 100 \quad (9)$$

(Sumber: Arisandi et al., 2022)

Keterangan:
$Qaskb$ = Jumlah ampas sari kedelai basah (kg)
$Qasko$ = Jumlah tepung ampas sari kedelai (okara) (kg)

2.4.4 Kehilangan Massa

Kehilangan massa merupakan selisih antara massa bahan yang masuk dan massa produk yang diperoleh pada setiap tahapan proses pengolahan (Rochman et al., 2019). Pada proses pembuatan tepung okara, kehilangan massa terutama disebabkan oleh berkurangnya kandungan air selama proses pengeringan, serta adanya kehilangan bahan pada tahap pemerasan, penggilingan, dan pengayakan. Besarnya kehilangan massa dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk mengevaluasi efisiensi proses pengolahan dan mengidentifikasi tahapan yang berpotensi menyebabkan kehilangan bahan. Nilai kehilangan massa dihitung menggunakan Persamaan 10.

$$Kehilangan\ Massa\ (g) = Massa\ bahan\ input - massa\ bahan\ output \quad (10)$$

(Sumber: Ermawati & Wiyono, 2022)

2.4.5 Kadar Air (AOAC, 2012)

Penentuan kadar air dilakukan menggunakan metode oven pengering pada suhu 105°C. Cawan alumunium terlebih dahulu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam

untuk menghilangkan sisa kelembapan, kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit hingga mencapai suhu ruang dan ditimbang sebagai bobot cawan kosong (W0). Sebanyak 2 g sampel dimasukkan ke dalam cawan, kemudian ditimbang dan dicatat sebagai bobot awal sampel beserta cawan (W1). Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, kemudian didinginkan kembali di dalam desikator selama 30 menit sebelum dilakukan penimbangan akhir sebagai bobot cawan beserta sampel kering (W2). Nilai kadar air ditentukan berdasarkan selisih bobot sebelum dan sesudah proses pengeringan menggunakan Persamaan 11.

$$Kadar\ Air\ (\%) = \frac{W1 - W2}{W1 - W0} \times 100 \quad (11)$$

Keterangan:
W0 = berat cawan kosong (g)
W1 = berat cawan dan sampel sebelum dikeringkan (g)
W2 = berat cawan dan sampel setelah dikeringkan (g)

2.4.6 Kadar Abu (AOAC, 2012)

Penentuan kadar abu dilakukan menggunakan metode pengabuan dengan tanur. Cawan porselen terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan sisa kelembapan, kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit hingga mencapai suhu ruang dan ditimbang sebagai bobot cawan kosong (W1). Sebanyak 3 g sampel dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian ditimbang dan dicatat sebagai bobot sampel (W). Selanjutnya, sampel diabukan di dalam tanur pada suhu 550°C selama 3 jam hingga diperoleh abu berwarna putih atau abu berwarna keabu-abuan yang menandakan proses pengabuan telah berlangsung sempurna. Setelah proses pengabuan selesai, cawan didinginkan kembali di dalam desikator selama 30 menit hingga mencapai suhu ruang, kemudian ditimbang sebagai bobot cawan beserta abu (W2). Nilai kadar abu dihitung berdasarkan perbandingan bobot residu abu terhadap bobot awal sampel menggunakan Persamaan 12.

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{W2 - W1}{W} \times 100 \quad (12)$$

Keterangan:
W = berat sampel (g)
W1 = berat cawan kosong (g)
W2 = berat cawan dan abu setelah pengabuan (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

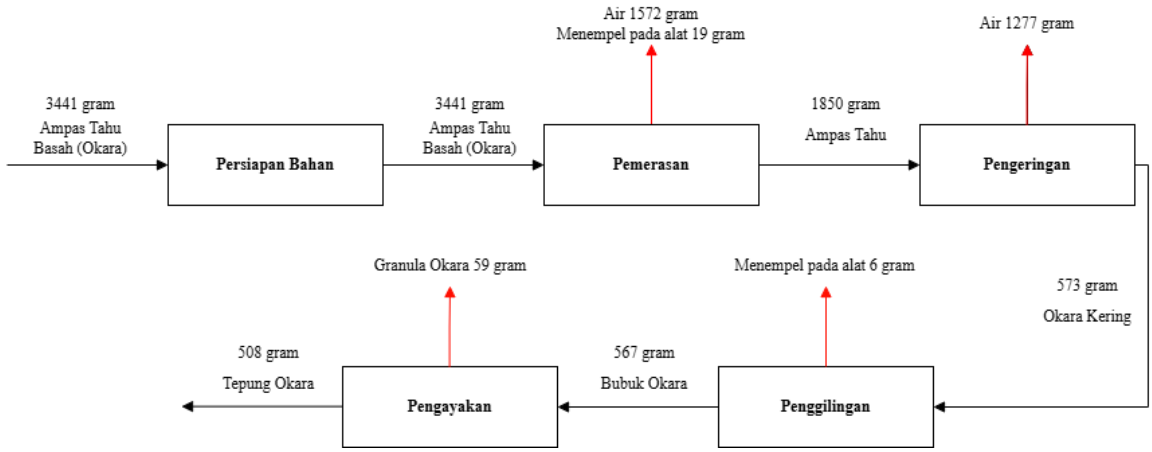
3.1 Neraca Massa

Neraca massa merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk menghitung dan mengevaluasi jumlah massa bahan yang masuk, keluar, serta terakumulasi dalam suatu sistem atau unit operasi (Herlambang et al., 2025). Prinsip dasar neraca massa didasarkan pada penyusunan persamaan keseimbangan massa yang saling independen, dengan jumlah persamaan yang sesuai dengan jumlah variabel massa yang belum diketahui (Yuliani, 2020). Neraca massa pembuatan tepung okara dapat dilihat pada Tabel 2. dan Gambar 3.

JOFE : Journal of Food Engineering | E-ISSN. 2810-0824
Vol. 5 No. 4 Oktober 2026
Hal. 266-280

Tabel 2. Neraca massa pembuatan tepung okara

No.	Proses	*Input*	*Output*
1.	Persiapan bahan	Ampas tahu = 3441 g	Ampas tahu = 3441 g
	Total	**3441 g**	**3441 g**
2.	Pemerasan	Ampas tahu = 3441 g	Ampas tahu = 1850 g Menempel pada alat = 19 g Air = 1572 g
	Total	**3441 g**	**3441 g**
3.	Pengeringan	Ampas tahu = 1850 g	Okara kering = 573 g Air = 1277 g
	Total	**1850 g**	**1850 g**
4.	Penggilingan	Okara kering = 573 g	Bubuk okara = 567 g Menempel pada alat = 6 g
	Total	**573 g**	**573 g**
5.	Pengayakan	Bubuk okara = 567 g	Tepung okara = 508 g Granula okara = 59 g
	Total	**567 g**	**567 g**



Gambar 3. *Flowchart* neraca massa pembuatan tepung okara

Pada tahap persiapan bahan, massa ampas tahu yang digunakan sebagai bahan baku sebesar 3441 g dan seluruhnya menjadi massa keluaran dengan jumlah yang sama, yaitu sebesar 3441 g. Tidak terjadi perubahan massa pada tahap ini karena proses hanya berupa penimbangan bahan tanpa adanya perlakuan fisik maupun termal yang menyebabkan kehilangan komponen bahan. Tahap penyiapan berfungsi sebagai tahap awal untuk memastikan bahan baku siap diproses pada tahapan berikutnya sehingga massa masuk sama dengan massa keluar.

Tahap pemerasan bertujuan untuk mengurangi kandungan air yang terdapat pada ampas tahu segar sebelum dilakukan pengeringan. Dari massa awal sebesar 3441 g, diperoleh ampas tahu hasil pemerasan sebesar 1850 g dan air hasil pemerasan sebesar 1572 g, serta ampas tahu yang menempel pada alat sebesar 19 g sehingga total massa keluaran tetap sebesar 3441 g. Penurunan massa pada tahap ini disebabkan oleh keluarnya air bebas akibat tekanan mekanis, sedangkan komponen padatan sebagian besar tetap berada pada ampas tahu. Menurut Karim et

al. (2025), okara segar memiliki kadar air sekitar 70–80%, sehingga proses pemerasan penting karena mampu menurunkan kadar air awal bahan sehingga kebutuhan energi serta durasi pada proses pengeringan dapat dikurangi.

Tahap pengeringan merupakan proses yang memberikan perubahan massa paling besar. Massa ampas tahu hasil pemerasan sebesar 1850 g menghasilkan okara kering sebanyak 573 g dan uap air sebesar 1277 g. Penurunan massa yang cukup besar menunjukkan bahwa sebagian besar kandungan air yang masih tersisa setelah pemerasan berhasil dihilangkan selama proses pengeringan. Proses pengeringan merupakan tahapan paling penting dalam pengolahan okara karena mampu menekan aktivitas mikroorganisme, mempertahankan kualitas nutrisi, serta meningkatkan stabilitas penyimpanan. Selain itu, efektivitas proses pengeringan akan berpengaruh terhadap rendemen, karakteristik fisik, dan sifat fungsional tepung okara yang dihasilkan (Yang et al., 2020).

Pada tahap penggilingan, massa okara kering sebesar 573 g menghasilkan bubuk okara dengan massa sebesar 567 g dan menempel pada alat sebesar 6 g. Tidak terjadi kehilangan massa yang besar pada tahap ini karena proses hanya berupa pengecilan ukuran partikel tanpa adanya pemisahan komponen bahan. Bahan yang Proses pengecilan ukuran bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan bahan sehingga mempermudah proses pengayakan dan menghasilkan tepung dengan ukuran partikel yang lebih seragam.

Tahap terakhir yaitu pengayakan menggunakan ayakan berukuran 60 *mesh*. Bubuk okara sebanyak 567 g menghasilkan tepung okara sebanyak 508 g dan granula okara yang tertahan pada ayakan sebesar 59 g, sehingga total massa keluaran tetap sebesar 567 g. Pengayakan bertujuan memperoleh ukuran partikel yang homogen sehingga karakteristik fisik tepung menjadi lebih seragam.

3.2 Efisiensi Proses

Menurut Hadiyarti et al. (2018), efisiensi merupakan ukuran yang menunjukkan tingkat optimalisasi pemanfaatan sumber daya dalam suatu proses, sehingga tidak terjadi pemborosan bahan, energi, maupun waktu. Suatu proses dikatakan efisien apabila mampu menghasilkan produk secara maksimal dengan penggunaan bahan baku seminimal mungkin. Nilai efisiensi dinyatakan dalam rentang 0–1, di mana nilai yang semakin mendekati 1 (100%) menunjukkan bahwa proses berlangsung semakin efisien dengan kehilangan sumber daya yang semakin kecil. Pada Tabel 3. efisiensi proses pembuatan tepung okara pada tahap persiapan bahan memiliki nilai efisiensi tertinggi, yaitu 1 (100%). Hal tersebut terjadi karena massa bahan yang masuk sama dengan massa yang keluar. Pada proses persiapan bahan, ampas tahu hanya ditimbang untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya sehingga tidak ada pemborosan bahan. Sedangkan, pengeringan berhasil menurunkan kadar air secara maksimal hingga ampas tahu menjadi okara kering. Proses pemerasan juga memiliki nilai efisiensi yang tinggi yaitu sebesar 0,994 (99,4%). Nilai tersebut diperoleh karena sebagian kecil ampas tahu menempel pada penyaring sehingga tidak bisa dilanjutkan pada proses selanjutnya sedangkan sebagian besar massa bahan berupa air yang dipisahkan dari ampas tahu, mengingat okara segar memiliki kadar air yang relatif tinggi, yaitu sekitar 75–85% (Mensah et al., 2026). Menurut Guimarães et al. (2020) menjelaskan bahwa pengurangan kadar air merupakan tahapan penting dalam pengolahan okara karena kadar air bahan segar yang tinggi perlu dikurangi untuk memperoleh tepung dengan karakteristik yang sesuai, maka dari itu penurunan massa pada tahap pemerasan dan pengeringan tidak dapat langsung diartikan sebagai pemborosan bahan karena besarnya massa yang terpisah merupakan air yang memang hendak dikurangi. Proses penggilingan memiliki

nilai efisiensi sebesar 0,98 (98%), tingginya nilai yang diperoleh karena hanya sebagian kecil massa bubuk okara yang menempel pada alat sehingga sebagian besar massa bubuk okara dapat dilanjutkan pada proses selanjutnya. Pada proses pengayakan, nilai efisiensi sebesar 0,896 (89,6%). Nilai efisiensi yang relatif tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar bubuk okara berhasil lolos ayakan, sedangkan bubuk okara yang tertahan masih dapat dimanfaatkan kembali melalui proses penggilingan ulang sehingga tidak seluruhnya menjadi limbah.

Tabel 3. Efisiensi proses pembuatan tepung okara

No.	Proses	Efisiensi Proses (%)
1.	Persiapan bahan	100
2.	Pemerasan	99,4
3.	Pengeringan	100
4.	Penggilingan	98,9
5.	Pengayakan	89,6

3.3 Rendemen Proses

Rendemen merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara massa bahan baku (*input*) dengan massa produk yang dihasilkan (*output*) setelah melalui proses pengolahan. Menurut Ermawati & Wiyono (2022), nilai rendemen digunakan sebagai indikator keberhasilan suatu proses dalam mengonversi bahan baku menjadi produk. Semakin tinggi nilai rendemen yang diperoleh, semakin besar jumlah produk yang dihasilkan dari bahan baku yang digunakan. Nilai rendemen pada proses pembuatan tepung okara dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rendemen proses pembuatan tepung okara

No.	Proses	Rendemen (%)
1.	Persiapan bahan	100
2.	Pemerasan	53,8
3.	Pengeringan	31
4.	Penggilingan	98,9
5.	Pengayakan	89,6
	Rendemen akhir	**14,8**

Masing-masing proses pada pembuatan tepung okara memiliki nilai rendemen yang berbeda karena massa *input* dan *output* pada setiap tahapan proses tidak sama. Rendemen terbesar sebesar 100% terdapat pada proses persiapan bahan. Hal tersebut terjadi karena massa bahan yang masuk sama dengan massa bahan yang dihasilkan sehingga tidak terjadi kehilangan massa selama proses berlangsung. Proses pemerasan menghasilkan rendemen sebesar 53,8% karena sebagian massa bahan berupa air dipisahkan dari ampas tahu. Rendemen paling kecil terdapat pada proses pengeringan, yaitu sebesar 31%. Tingginya kadar air okara sekitar 70–80% mengakibatkan rendahnya rendemen pada proses pemerasan dan pengeringan disebabkan oleh hilangnya sebagian besar kandungan air dalam ampas tahu sehingga massa produk yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan massa awal (Colletti et al., 2020). Proses penggilingan menghasilkan rendemen sebesar 98,9% karena sebagian kecil bubuk okara tertinggal dan menempel pada alat. Proses pengayakan menghasilkan rendemen sebesar 89,6% karena sebagian besar bubuk okara berhasil lolos ayakan menjadi tepung okara, sedangkan sebagian kecil tertahan pada ayakan. Rendemen akhir pada proses pembuatan tepung okara sebesar

14,8%. Rendemen akhir yang relatif rendah disebabkan oleh tingginya kandungan air pada ampas tahu yang dikeluarkan selama proses pemerasan dan pengeringan.

3.4 Kehilangan Massa

Kehilangan massa merupakan selisih antara massa bahan yang masuk (*input*) dengan massa bahan yang keluar (*output*) pada setiap tahapan proses pengolahan (Ermawati & Wiyono, 2022). Kehilangan massa pada proses pembuatan tepung okara terjadi akibat adanya pengurangan kadar air maupun pemisahan bahan selama proses pengolahan. Nilai kehilangan massa pada setiap tahapan proses dihitung berdasarkan selisih antara massa *input* dan *output*, yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kehilangan massa pada pembuatan tepung okara

No.	Proses	Kehilangan Massa (g)
1.	Persiapan bahan	0
2.	Pemerasan	1572
3.	Pengeringan	1277
4.	Penggilingan	6
5.	Pengayakan	59

Pada proses persiapan bahan tidak terjadi kehilangan massa atau bernilai 0 g. Hal tersebut terjadi karena massa bahan yang masuk dan massa bahan yang keluar memiliki nilai yang sama. Pada proses persiapan bahan, ampas tahu sebesar 3441 g seluruh bahan yang telah ditimbang menjadi bahan untuk proses berikutnya. Proses pemerasan mengalami kehilangan massa terbesar yaitu, sebesar 1572 g. Hal tersebut terjadi karena sebagian besar air bebas yang terkandung dalam ampas tahu dipisahkan melalui proses pemerasan sehingga massa bahan berkurang dan sebagian kecil massa yang hilang merupakan ampas tahu yang menempel pada alat. Proses pengeringan merupakan tahapan yang memiliki kehilangan massa sebesar 1277 g. Hal tersebut terjadi karena sebagian besar kandungan air pada ampas tahu menguap selama proses pengeringan sehingga hanya diperoleh 573 g okara kering. Tingginya kehilangan massa pada proses pemerasan dan pengeringan dapat menjadi kendala dalam proses produksi tepung karena tingginya kandungan air pada okara segar (Guimarães et al., 2020). Pada proses penggilingan, okara kering yang digiling hanya kehilangan massa sebesar 6 g dari massa total bubuk okara yang dihasilkan sebesar 567 g, massa yang hilang tersebut karena bubuk okara menempel pada alat. Pada proses pengayakan terjadi kehilangan massa sebesar 59 g. Kehilangan massa tersebut disebabkan oleh adanya partikel bubuk okara yang tertahan pada ayakan sehingga hanya 508 g yang lolos menjadi tepung okara.

3.5 Kadar Air dan Kadar Abu

Tepung okara yang dihasilkan memiliki kadar air sebesar 14,76% dan kadar abu sebesar 1,52%, dapat dilihat pada Tabel 6. Kadar air menunjukkan jumlah air yang masih terkandung dalam tepung setelah proses pengeringan, sedangkan kadar abu menggambarkan jumlah residu anorganik, terutama mineral, yang tertinggal setelah bahan mengalami proses pengabuan. Kedua parameter tersebut merupakan karakteristik fisikokimia yang penting dalam mengevaluasi mutu tepung okara karena kadar air berkaitan dengan kestabilan selama penyimpanan, sedangkan kadar abu memberikan gambaran mengenai kandungan mineral total dalam tepung.

Tabel 6. Kadar air dan kadar abu tepung okara

Parameter	Tepung Okara
Kadar air (%)	14,76±0,73
Kadar abu (%)	1,52±0,14

Kadar air merupakan salah satu parameter penting karena berpengaruh terhadap stabilitas produk selama penyimpanan. Semakin rendah kadar air, semakin rendah pula aktivitas air (*water activity*) sehingga pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, dan reaksi kimia penyebab kerusakan dapat dihambat. Nilai kadar air sebesar 14,76% pada tepung okara menunjukkan bahwa proses pengeringan telah mampu menurunkan kandungan air, meskipun nilainya masih relatif tinggi untuk produk tepung. Pada penelitian Handayani et al. (2026) mengenai produksi tepung okara dengan menggunakan *Greenhouse Effect Drying* pada suhu 40–52°C selama 22 jam menghasilkan tepung okara dengan kadar air sebesar 8,04%, sedangkan penelitian Rasmiyana et al. (2026) terkait produksi tepung okara dengan metode fermentasi selama 48 jam dan pengeringan selama 24 jam pada suhu 50–60°C dapat menghasilkan tepung okara dengan kadar air yang lebih rendah yaitu sebesar 0,91%. Perbedaan kadar air pada penelitian ini dan penelitian terdahulu disebabkan karena perbedaan metode dan durasi pengeringan. Semakin lama waktu pengeringan maka semakin banyak jumlah air yang menguap dari bahan. Menurut (Guimarães et al., 2018), proses pengeringan merupakan tahap yang sangat penting dalam pengolahan okara karena tingginya kadar air pada okara segar menyebabkan bahan mudah mengalami kerusakan, sedangkan pengeringan mampu meningkatkan umur simpan dan mempertahankan kualitas tepung okara. Kadar air tepung terigu menurut SNI 3751-2018 adalah <14,5%, maka tepung okara pada penelitian ini belum memenuhi kriteria SNI sehingga diperlukan durasi pengeringan yang lebih optimal.

Nilai kadar abu sebesar 1,52% menunjukkan kandungan mineral yang masih terdapat pada tepung okara setelah proses pengeringan. Kadar abu dipengaruhi oleh komposisi bahan baku dan proses pengolahan yang dilakukan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian mineral dalam okara masih dapat dipertahankan selama proses pengeringan sehingga berkontribusi terhadap nilai gizi produk. Pada penelitian lain menyebutkan bahwa tepung okara mengandung kadar abu sebesar 4–5,8%. Kadar abu yang berbeda pada tepung okara dapat menunjukkan bahwa mineral dan kandungan anorganik pada setiap ampas tahu dapat berbeda bergantung pada varietas kedelainya. Semakin banyak mineral dan kandungan anorganik pada tepung okara maka semakin tinggi kadar abunya. Mengacu SNI 3751-2018 tentang tepung terigu sebagai bahan makanan, kadar abu maksimal tepung terigu adalah 0,70%. Namun, menurut (Asghar et al., 2023) okara merupakan hasil samping kedelai yang mengandung berbagai mineral, sehingga kadar abu dapat digunakan sebagai indikator kandungan mineral total pada tepung okara.

4. KESIMPULAN

Proses pembuatan tepung okara melalui tahapan penyiapan bahan, pemerasan, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan menunjukkan keseimbangan massa sesuai dengan prinsip neraca massa, di mana total massa masukan sama dengan total massa keluaran pada setiap tahapan proses. Kehilangan massa terbesar terjadi pada proses pemerasan akibat hilangnya kandungan air dari okara segar, sedangkan tahap persiapan bahan dan pengeringan memiliki efisiensi serta rendemen sebesar 100% karena tidak terjadi pemborosan bahan. Proses pembuatan tepung okara dengan bahan baku berupa ampas tahu sebanyak 3441 g menghasilkan

tepung okara sebanyak 508 g. Rendemen akhir tepung okara yang diperoleh sebesar 14,8%, sedangkan kadar air dan kadar abu masing-masing sebesar 14,76% dan 1,52%. Nilai kadar air menunjukkan bahwa proses pengeringan telah mampu menurunkan kandungan air okara, namun masih perlu dioptimalkan untuk menghasilkan tepung dengan stabilitas penyimpanan yang lebih baik. Sementara itu, kadar abu menunjukkan bahwa kandungan mineral pada tepung okara masih dapat dipertahankan selama proses pengolahan. Oleh karena itu, optimalisasi kondisi pengeringan, seperti suhu dan lama pengeringan, direkomendasikan untuk menghasilkan tepung okara dengan kadar air yang lebih rendah tanpa menurunkan kualitas nutrisi, sehingga berpotensi meningkatkan mutu produk dan efisiensi proses pada skala industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Padjadjaran atas dukungan fasilitas penelitian dan seluruh pihak yang telah membantu penulisan dan penelitian artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists*. New York: Chemist Inc

Arisandi, F., Mahyudin, I., Suyanto, S., & Mahreda, E. S. (2022). PEMANFAATAN TEPUNG AMPAS SARI KEDELAI (OKARA) SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PEMBUATAN KUE UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN DI KABUPATEN TAPIN PROVINSI KALIMANTAN SELATAN. *EnviroScienteae*, *18*(1), 134. https://doi.org/10.20527/es.v18i1.13002

Asghar, A., Afzaal, M., Saeed, F., Ahmed, A., Ateeq, H., Shah, Y. A., Islam, F., Hussain, M., Akram, N., & Shah, M. A. (2023). Valorization and food applications of okara (soybean residue): A concurrent review. *Food Science & Nutrition*, *11*(7), 3631–3640. https://doi.org/10.1002/fsn3.3363

BSN. (2018). *SNI 3751-2018 tentang tepung terigu sebagai bahan makanana.* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Colletti, A., Attrovio, A., Boffa, L., Mantegna, S., & Cravotto, G. (2020). Valorisation of By-Products from Soybean (Glycine max (L.) Merr.) Processing. *Molecules*, *25*(9), 2129. https://doi.org/10.3390/molecules25092129

Ermawati, D., & Wiyono, A. E. (2022). Analisis Neraca Massa Pada Pembuatan Serbuk Pewarna Alami Daun Sawi (Brassica rapa var. Parachinensis L.). *Journal of Food Engineering*, *1*(4), 160–170. https://doi.org/10.25047/jofe.v1i4.3379

Guimarães, R. M., Silva, T. E., Lemes, A. C., Boldrin, M. C. F., Da Silva, M. A. P., Silva, F. G., & Egea, M. B. (2018). Okara: A soybean by-product as an alternative to enrich vegetable paste. *LWT*, *92*, 593–599. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.058

Hadiyarti, Y., Akbar, A. R., & Udiantoro. (2018). Kajian Neraca Massa pada Industri Kelapa Sawit Studi Kasus Di PT. Alam Tri Abadi Kec. Murung Pudak, Kab. Tabalong, Kalimantan Selatan. *JTAM Inovasi Agroindustri*, *1*(2), 1–11.

Handayani, B. R., Werdiningsih, W., Rahayu, T. I., Bachmida, E. A., Amuddin, Safitri, M., Khaerunnisa, I., & Rukayadi, Y. (2026). The Impact of Drying Duration Using a Greenhouse Effect Dryer on Okara Flour Quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1631*(1), 012056. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1631/1/012056

Herlambang, Y. D., Mujahidin, I., Arifin, F., & Apriandi, N. (2025). *NERACA MASSA DAN ENERGI: untuk Rekayasa Termal dan Sistem Industri*. Yogyakarta: PENERBIT KBM INDONESIA.

Karim, A., Osse, E. F., & Khalloufi, S. (2025). Innovative strategies for valorization of byproducts from soybean industry: A review on status, challenges, and sustainable approaches towards zero-waste processing systems. *Heliyon*, *11*(3), e42118. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42118

Mensah, S. P., Osei, E. D., Atuna, R. A., & Amagloh, F. K. (2026). Influence of Pretreatment and Particle Size Modification on Proximate Composition and Physicofunctional Properties of Soymilk By-Product (Okara)—A Proof-of-Concept Study. *Journal of Food Quality*, *2026*(1), 9528174. https://doi.org/10.1155/jfq/9528174

Mubarok, M. A., Fadhila, P. T., Galuh, A., & Firmanda, N. (2025). Pengaruh Substitusi Tepung Okara dan Penambahan Bubuk Kayu Manis terhadap Karakteristik Fisikokimia Cookies. *Journal of Food Engineering*, *4*(4), 267–275.

Ostermann-Porcel, M. V., Rinaldoni, A. N., Rodriguez-Furlán, L. T., & Campderrós, M. E. (2017). Quality assessment of dried okara as a source of production of gluten-free flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(9), 2934–2941. https://doi.org/10.1002/jsfa.8131

Putri, N. A., Hakiki, R., Purwadi, J., & Budiarjo, B. (2025). Analisis Efisiensi Proses Produksi dalam Meningkatkan Produktivitas Perusahaan Manufaktur. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *2*(2), 97–102.

Rasmiyana, R., Rakhmadevi, A. G., Prasetyo, F. H. H., Fadilah, P. T., & Dewi, P. S. (2026). Pengaruh Modifikasi Tepung Okara melalui Fermentasi: Perbandingan Metode fermentasi dan Lama Inkubasi terhadap Sifat Fisikokimia: Fermentation Methods and Incubation Time: Their Effects on the Physicochemical Properties of Modified Okara Flour. *Jurnal Teknologi Dan Mutu Pangan*, *4*(2), 119–125. https://doi.org/10.30812/jtmp.v4i2.5883

Rochman, D. A., Sutrisno, E., & Ernes, A. (2019). KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA SERBUK JAMU DAUN BELUNTAS (Pluchea indica L.). *Agromix*, *10*(1), 59–66. https://doi.org/10.35891/agx.v10i1.1459

Suhartini, S., Indah, S. H., Rahman, F. A., Rohma, N. A., Rahmah, N. L., Nurika, I., Hidayat, N., & Melville, L. (2023). Enhancing anaerobic digestion of wild seaweed Gracilaria verrucosa by co-digestion with tofu dregs and washing pre-treatment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *13*(5), 4255–4277. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02507-z

Yang, H., Sombatngamwilai, T., Yu, W.-Y., & Kuo, M.-I. (2020). Drying Applications during Value-Added Sustainable Processing for Selected Mass-Produced Food Coproducts. *Processes*, *8*(3), 307. https://doi.org/10.3390/pr8030307

Yuliani, H. R. (2020). *Neraca Massa Dan Neraca Panas*. Yogyakarta: Deepublish.