Agrointek Volume 20 No 2 2026: 373-383

p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410

AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian

journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

# Pengaruh macam inokulum dan jenis kacang kedelai yang digunakan terhadap kadar protein terlarut dan total padatan terlarut pada tempe

Nur Hidayat[1*], Dinda Galuh Wulandini[1], Dian Handayani[2]

[1]*Teknologi Industri Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia*
[2]*Ilmu Gizi, Departemen Gizi, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia*

Article history
*Diterima:*
29 September 2023
*Diperbaiki:*
30 Agustus 2024
*Disetujui*:
31 Agustus 2024

Keyword
*Completely Randomized Design (CRD);*
*Dissolved Protein Content;*
*Inoculum Types;*
*Soybean Tempeh;*
*Soybean Types;*
*Total Dissolved Solids;*
*Total Protein Content*

**ABSTRACT**

*Tempeh is an Indonesian fermented food product with high nutrients that can be used to increase nutritional value (particularly vegetable protein) for people suffering from stunting, malnutrition, kidney failure with protein metabolism disorders. The purpose of this study was to analyze the interaction effect of variations in inoculum types and variations of soybean species in tempeh fermentation on dissolved protein content and total dissolved solids. The research design used was Completely Randomized Design (CRD) with 2 (two) factors including variations of soybean varieties and tempeh inoculum with 3 (three) levels of treatment for each factor. The test results were analyzed using Two-Way ANOVA. The soluble protein content and the digestibility of tempeh's protein was only influenced by the type of soybean with imported soybean tempeh yielding the highest output of 0,956% and 4,175% respectively. Tempeh's protein content was influenced by the type of soybean and inoculum with the best yield of group local soybean tempeh and laru inoculum of 37,69% (%wb). The moisture content of tempeh was only influenced by the type of with the soybean tempeh yielding the highest yield of 61,07% (%wb). Type of inoculum and soybean didn't affect the tempeh's total soluble solid. Tempeh $S_3$ $K_1$ (inoculum raprima and imported soybean) had the best interaction among all parameters which showed dissolved protein content of 1,035%, total dissolved solids of 7,00% brix, total protein content of 22,332%, protein digestibility of 4,848%, and water content of 60,298%.*

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

[*] Penulis korespondensi
Email : nhidayat@ub.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i2.22490

## PENDAHULUAN

Tempe merupakan produk pangan fermentasi tradisional khas Indonesia. Bahan baku paling umum untuk pembuatan tempe di pasaran yaitu kedelai dan ampas tahu (Astawan et al., 2017). Meskipun dapat dibuat dari berbagai jenis bahan baku, tempe yang paling populer di masyarakat yaitu tempe kedelai. Tempe kedelai kaya akan zat gizi yang sering dimanfaatkan sebagai sumber pangan penambah nilai gizi (terutama protein nabati) bagi penderita gizi buruk, *stunting,* pasien gagal ginjal yang mengalami gangguan metabolisme protein, dan lain sebagainya karena kandungan proteinnya yang tinggi (Winarno et al., 2017).

Dua unsur utama yang penting dalam fermentasi tempe yaitu inokulum dan substrat. Sebelum jenis-jenis inokulum dikembangkan, pemberian starter fermentasi tempe tradisional cukup dilakukan dengan daun waru (*Hibiscus*) kering yang mengandung jamur tempe dengan nama "usar" (Astawan et al., 2017). Inokulum merupakan starter dalam fermentasi tempe yang mengandung jamur *Rhizopus sp.* yang telah dibiakkan. Inokulum yang terkenal di Indonesia saat ini yaitu usar, laru, dan inokulum bubuk dari LIPI .Umumnya, penggunaan inokulum LIPI lebih mudah dibandingkan dengan inokulum usar maupun laru. Hal tersebut dikarenakan inokulum usar dan laru masih mengandung mikroorganisme kontaminan yang cukup tinggi sehingga kondisi fermentasi yang terjadi kurang aseptis. Selain itu, kapang yang terkandung pada usar dan laru cukup bervariasi sehingga kualitas tempe kedelai yang dihasilkan dapat menurun. Adapun inokulum LIPI lebih mudah diaplikasikan karena mengandung sedikit mikroorganisme kontaminan sehingga hasil fermentasi tempe dengan inokulum tempe lebih stabil. Akan tetapi, ketersediaan inokulum LIPI belum merata karena hanya tersedia pada daerah Jawa khususnya Bandung sehingga kebanyakan industri tempe di Indonesia masih menggunakan inokulum usar maupun laru (Triyono et al., 2017). Perbedaan karakteristik inokulum tempe dapat mempengaruhi proses fermentasi tempe yang berpengaruh pada daya cerna zat gizi tempe yang dihasilkan. Semakin optimum kinerja inokulum yang digunakan maka tempe yang dihasilkan juga memiliki daya cerna lebih tinggi akibat hidrolisis zat gizinya yang berlangsung dengan baik.

Kedelai sebagai substrat pembuatan tempe umumnya dipilih karena berkualitas unggul dibandingkan dengan bahan baku lainnya. Tempe kedelai memiliki kandungan zat gizi yang kompleks seperti protein, fosfor, zat besi, vitamin B1, dan vitamin A yang nilainya lebih tinggi dibandingkan tempe jenis lainnya. Selain itu, dari kemudahan pengolahan, sisi tekstur, serta citarasa yang dihasilkan, tempe kedelai lebih unggul dibandingkan jenis tempe lainnya (Astawan et al., 2017). Menurut Astawan et al (2013), kedelai berdasarkan sumbernya dapat dibagi menjadi 2, yaitu kedelai lokal dari Indonesia dan kedelai impor. Jenis kedelai yang saat ini beredar di pasaran adalah kedelai impor Genetically Modified Organism (GMO) yang telah termodifikasi secara genetik. Hal tersebut dikarenakan produksi kedelai lokal di Indonesia yang rendah sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan kedelai nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2012, produksi kedelai nasional hanya memenihi 29% kebutuhan nasional atau hanya mencapai 779.740 ton sedangkan kebutuhan kedelai nasional mencapai 2,2 juta ton. Padahal, banyak jenis kedelai lokal varietas unggul yang cocok digunakan dalam pembuatan tempe seperti kedelai Grobongan, Anjasmara, dan Argomulyo. Dari segi kandungan gizi, kedelai lokal dan kedelai impor juga memiliki perbedaan. Kedelai lokal memiliki kandungan protein total yang lebih tinggi dibandingkan kedelai impor sedangkan kedelai impor memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk melihat tempe dengan kandungan gizi dan daya cerna terbaik dari substrat kedelai lokal dan impor.

Tempe terkenal akan kandungan proteinnya yang tinggi. Protein merupakan komponen biokimia yang memiliki banyak fungsi untuk tubuh diantaranya sebagai sumber energi, penyedia enzim dan hormon, serta pendukung sistem imun. Proses fermentasi kedelai menjadi tempe menyebabkan struktur protein terhidrolisis menjadi protein terlarut yang mudah diserap oleh pencernaan. Umumnya, perbedaan kadar protein terlarut pada tempe diakibatkan protein yang terdapat dalam bahan pangan terdiri atas beberapa asam amino dengan kelarutan yang berbeda-beda tergantung pada struktur, jumlah, dan jenisnya. Denaturasi protein selama proses fermentasi menyebabkan asam amino larut air mengurai sehingga daya cerna protein meningkat. Untuk

mengetahui daya cerna protein dapat dilakukan dengan analisis kadar protein terlarut dengan metode titrasi formol (Gozali, 2015). Selain protein, banyak pula zat organik lainnya yang terhidrolisis selama proses fermentasi tempe menjadi bahan-bahan terlarut dalam air yang mudah dicerna oleh pencernaan (Yuda et al., 2018). Untuk mengetahui hal tersebut, dapat dilakukan dengan analisis total padatan terlarut dengan refraktometer (Hadiwijaya, 2020).

Kadar protein terlarut dan total padatan terlarut merupakan faktor penting bagi konsumen untuk dapat memperoleh manfaat tempe secara maksimal. Dalam penelitian ini, akan dianalisis secara spesifik pengaruh macam inokulum dan varietas kacang kedelai yang digunakan terhadap kadar protein terlarut dan total padatan terlarut pada tempe. Inokulum yang digunakan sebanyak 3 macam yaitu usar, laru, dan inokulum bubuk dari LIPI. Penggunaan ketiga jenis inokulum ini untuk melihat pengaruh dari penggunaan dari inokulum tradisional dan inokulum murni terhadap hasil akhir kadar protein terlarut dan kadar lemak tempe. Adapun varietas kedelai yang digunakan yaitu 3 macam dari jenis kedelai lokal dan kedelai impor yang umum ditemukan di pasaran yaitu kedelai lokal Grobongan, lokal Anjasmara, dan impor GMO. Penggunaan ketiga jenis varietas kedelai ini untuk melihat pengaruh dari penggunaan bahan baku kedelai jenis lokal dan impor terhadap hasil akhir kadar protein terlarut dan total padatan terlarut tempe yang dihasilkan. Harapannya, setelah penelitian dilakukan maka dapat diketahui kombinasi macam inokulum serta varietas kacang kedelai terbaik untuk menghasilkan tempe dengan kualitas kandungan protein terlarut dan total padatan terlarut yang terbaik.

## METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor. Dilakukan analisis kadar protein terlarut dan total padatan terlarut pada fermentasi jam ke-0 dan ke-48 jam serta kadar protein total dan kadar air pada fermentasi jam ke-48 jam untuk mengetahui pengaruh interaksi setiap parameter pengamatan. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan *Two-Way* ANOVA (*Analysis of Variance*). Selanjutnya data ANOVA diuji lanjut dengan *Duncan* (DMRT) untuk mengetahui nilai tengah mana saja yang sama dan nilai tengah mana saja yang tidak sama. Rancangan percobaan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan Percobaan

| S \ K | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ |
|---|---|---|---|
| $S_1$ | $S_1$ $K_1$ | $S_1$ $K_2$ | $S_1$ $K_3$ |
| $S_2$ | $S_2$ $K_1$ | $S_2$ $K_2$ | $S_2$ $K_3$ |
| $S_3$ | $S_3$ $K_1$ | $S_3$ $K_2$ | $S_3$ $K_3$ |

Keterangan S: Macam Inokulum; K: Jenis Kedelai
$S_1$: Usar; $S_2$: Laru; $S_3$: Raprima; $K_1$: Impor GMO; $K_2$: Lokal Grobongan; $K_3$: Lokal Anjasmara

### Bahan dan Alat

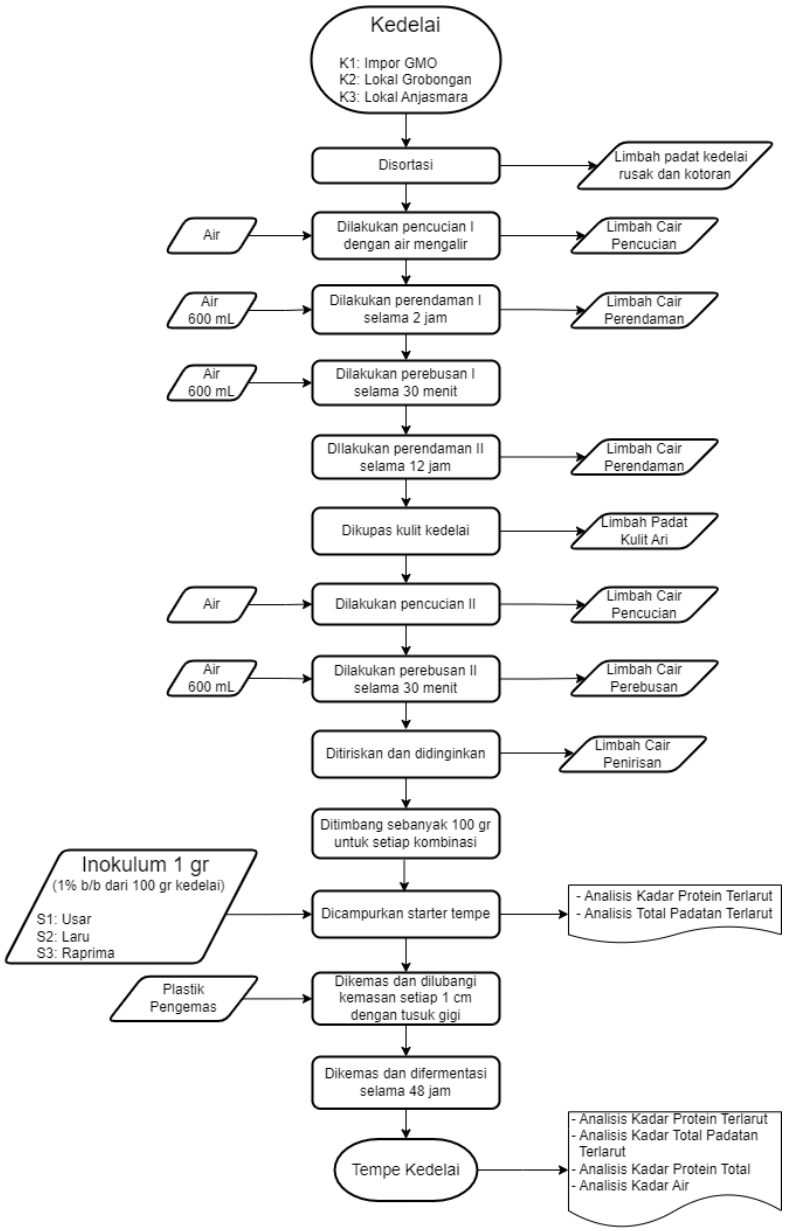
Alat yang digunakan dalam pembuatan tempe yaitu timbangan digital, bak, centong, kompor, panci, peniris, gelas ukur, dan sendok. Alat yang digunakan untuk pengujian kadar protein terlarut yaitu timbangan analitik, cawan porselen, *magnetic stirrer*, labu ukur 100 mL, gelas ukur 50 mL, pipet ukur 0,4 mL, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 2 mL. Alat yang digunakan untuk pengujian total padatan terlarut yaitu mortar, alu, dan refraktometer. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian kadar air yaitu oven, *cruicible* bertutup, neraca analitik, sendok, dan desikator.

Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan tempe yaitu kacang kedelai impor (diperoleh dari Pasar Landungsari), kedelai lokal grobongan dan lokal anjasmara (diperoleh dari petani kedelai Grobongan), inokulum tempe berupa usar, laru, dan raprima, plastik Petromax (ukuran 24x12 cm), tusuk gigi, dan air bersih. Bahan yang dibutuhkan dalam uji kadar protein terlarut yaitu sampel tempe jam ke-0 dan jam ke-48, aquades, kertas saring, kalium oksalat, indikator PP, NaOH, dan formaldehida. Bahan yang dibutuhkan dalam uji kadar air yaitu sampel tempe hasil penelitian dengan berbagai variasi jenis kedelai dan macam inokulum.

### Metode Pengujian

#### *Pembuatan Tempe Kedelai*

Prosedur pembuatan tempe kedelai dilakukan sesuai dengan Gambar 1.




Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### *Analisis dan Pengujian*

Analisis Kadar Air

Pengujian kadar air dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berdasarkan standar mutu tempe kedelai SNI 01-3144-2009. Hasil analisis kemudian dihitung dengan Persamaan 1.

$$Kadar\ Air\ Basis\ Basah\ (\%) = \frac{W1-W2}{W1-W0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan
W0 : Bobot *cruicible* kosong dan tutupnya
W1 : Bobot *cruicible* dan tutupnya berisi sampel sebelum dikeringkan
W2 : Bobot *cruicible* dan tutupnya berisi sampel setelah dikeringkan

Analisis Kadar Protein Terlarut

Metode pengujian kelarutan protein dapat dilakukan dengan metode titrasi formol yang dijelaskan dalam Gozali (2015). Hasil analisis kemudian dihitung dengan Persamaan 2.

$$N\ amino\ (\%) = \frac{Titrasi \times N\ NaOH \times 14{,}007 \times FP}{Berat\ Sampel\ (g) \times 10} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan
Titrasi formol: titrasi sampel – titrasi blanko
FP :Faktor pengenceran (100/10=10)
14,007 :bobot molekul Nitrogen;

Analisis Total Padatan Terlarut

Pengujian total padatan terlarut dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berdasarkan penelitian Hadiwijaya et al. (2020) dengan menggunakan sampel yang sama dengan analisis protein terlarut dan alat Refraktometer ATAGO PAL-3.

Analisis Kadar Protein Total

Pengujian kadar protein dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berdasarkan standar mutu tempe kedelai SNI 01-3144-2009. Hasil analisis kemudian dihitung dengan Persamaan 3.

$$Kadar\ Protein\ (\%) = \frac{(V2-V1)\times N\times 14{,}007\times 6{,}25}{W} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan
V1 : Volume HCl 0,1000 N untuk titrasi blanko (mL)
V2 : Volume HCl 0,1000 N untuk titrasi contoh (mL)
N : normalitas larutan HCl
W : bobot contoh (mg)
14,007 : bobot atom Nitrogen;
6,25 : faktor protein untuk kedelai.

Penentuan Daya Cerna Protein

Penentuan daya cerna protein dilakukan setelah memperoleh data hasil analisis protein terlarut tempe pada jam ke-48 dan protein total tempe . Dalam hal ini, protein terlarut dilambangkan sebagai N total filtrat yang menunjukkan kadar protein tercerna. Adapun protein total dilambangkan sebagai N total sampel yang menunjukkan total protein keseluruhan dari sampel. Perhitungannya didasarkan pada penelitian Saputra (2014) dengan Persamaan 4.

$$Daya\ Cerna\ Protein\ (\%) = \frac{Protein\ Terlarut\ (\%)}{Protein\ Total\ (\%)} \times 100\% \quad (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Kadar Air

Hasil rata-rata analisis kadar air tidak terdapat perbedaan dari interaksi macam inokulum dan jenis kedelai terhadap protein terlarut tempe ($p>0,05$). Adapun pada faktor jenis kedelai terdapat perbedaan ($p<0,05$) sedangkan faktor macam inokulum tidak terdapat perbedaan terhadap kadar air ($p>0,05$). Hasil uji DMRT jenis kedelai terhadap kadar air dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2 Pengaruh Faktor Jenis Kedelai Terhadap Kadar Air Tempe

| Kedelai | Kadar Air (%) |
|---|---|
| Anjasmoro | 57,767[a] |
| Impor | 60,813[b] |
| Grobongan | 61,068[b] |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan ada perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata (α=5%)

Berdasarkan uji lanjut faktor jenis kedelai pada Tabel 2, diketahui kadar air tempe terhadap perbedaan jenis kedelai berkisar pada 57,375–61,763%. Kedelai lokal varietas grobongan menghasilkan tempe dengan kadar air paling tinggi diikuti dengan kedelai impor ($K_1$) dan kedelai grobongan ($K_2$). Hasil pengujian kadar air keseluruhan jika dibandingkan dengan SNI tempe kedelai telah sesuai dengan standar yaitu kurang dari 65% karena kadar air tertinggi sampel tempe yang diperoleh hanya sebesar 61,068%. Hasil analisis kadar air menunjukkan bahwa kedelai impor dan kedelai grobongan memiliki kandungan air cukup tinggi yaitu 60,813% dan 61,068%. Hal tersebut berpengaruh terhadap kandungan zat terlarutnya dimana kedelai impor memiliki kadar zat terlarut rata-rata tertinggi dengan protein terlarut sebesar 0,956% dan total padatan terlarut sebesar 6,56 %brix. Perbedaan kadar air tempe berdasarkan jenis kedelai ini diperkuat dengan penelitian Elisabeth et al. (2017) dimana kadar air tempe kedelai impor yang paling tinggi diikuti dengan kedelai grobongan dan anjasmara. Perbedaan kadar air ini dapat disebabkan oleh perbedaan penanganan masing-masing kedelai oleh petani seperti proses pengeringan, penyimpanan, dan pendistribusian. Proses pendistribusian kedelai impor cenderung memiliki jangka waktu yang lebih panjang sehingga kadar air yang terserap selama periode tersebut lebih tinggi yang akhirnya berpengaruh terhadap kadar air akhir tempe yang dihasilkan. Selain itu, perbedaan kadar air ini dapat pula disebabkan oleh perbedaan daya serap air ke dalam matriks biji dan perbedaan pengembangan biji dari masing-masing varietas kedelai. Namun, secara keseluruhan kadar air tempe masih memenuhi standar nasional indonesia. Selain itu, meskipun sama-sama tergolong varietas lokal, tempe kedelai grobongan memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan kedelai anjasmara. Hal tersebut dikarena kadar air kedelai grobongan yang lebih tinggi dan ukuran biji kedelainya yang lebih besar sehingga daya serap airnya lebih tinggi dibandingkan kedelai

anjasmara. Dalam Astawan (2013) diketahui kedelai grobongan memiliki kadar air (%bb) sebesar 11,68% dan dimensi biji sebesar 8,65 x 5,64 x 7,13 mm sedangkan kedelai anjasmara hanya memiliki kadar air (%bb) sebesar 7,79% dan dimensi biji sebesar 7,75 x 5,18 x 6,36 mm.

**Analisis Kadar Protein Terlarut**

Hasil rata-rata analisis kenaikan kadar protein terlarut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan dari interaksi macam inokulum dan jenis kedelai terhadap kenaikan kadar protein terlarut tempe ($p>0,05$). Adapun pada faktor jenis kedelai terdapat perbedaan ($p<0,05$) sedangkan faktor macam inokulum tidak terdapat perbedaan terhadap kenaikan kadar protein terlarut ($p>0,05$). Keseluruhan sampel mengalami kenaikan protein terlarut setelah fermentasi seperti yang dijelaskan oleh Barus et al. (2019) yang menyatakan bahwa keberadaan enzim protease selama proses fermentasi yang paling mempengaruhi proses kelarutan protein. Selama proses fermentasi, kapang *Rhizopus* sp. akan menghasilkan berbagai enzim untuk membantu proses fermentasi salah satunya adalah enzim protease. Aktivitas protease yang memecah protein total menjadi protein terlarut yang menyebabkan kenaikan protein terlarut tempe dari sebelum dan sesudah proses fermentasi. Hasil uji DMRT dari faktor jenis kedelai terhadap kadar protein terlarut dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3 Pengaruh Jenis Kedelai Terhadap Kenaikan Protein Terlarut Tempe

| Kedelai | Kadar Protein Terlarut (%) |
|---|---|
| Grobongan | 0,612[a] |
| Anjasmoro | 0,753[ab] |
| Impor | 0,956[b] |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata ($\alpha$=5%)

Berdasarkan Tabel 3 diketahui terdapat pengaruh nyata dari perbedaan masing-masing jenis kedelai protein terlarut dari tempe yang dihasilkan. Kedelai impor menghasilkan kenaikan protein terlarut paling tinggi yang diikuti oleh kedelai anjasmara dan grobongan. Menurut Haloho dan Kartianty (2020), proses penyimpanan kedelai impor cenderung lebih lama dibandingkan dengan kedelai lokal. Penyimpanan kedelai yang relatif lebih lama ini dapat membuat struktur protein total pada kedelai impor lebih mudah terpecah menjadi komponen protein terlarut ketika berada dalam keadaan lembab selama proses fermentasi. Oleh karena itu, setelah proses fermentasi kandungan protein protein terlarutnya yang paling tinggi dibandingkan kedelai lokal. Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Noviana et al. (2016) yang menyatakan selama periode penyimpanan terjadi kenaikan kadar air yang dapat menyebabkan hidrolisis protein yang dapat merubah struktur protein. Hal tersebut berpengaruh terhadap keberadaan protein terlarut yang semakin meningkat pada saat fermentasi tempe.

**Analisis Total Padatan Terlarut**

Hasil rata-rata analisis kenaikan total padatan terlarut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan dari interaksi macam inokulum dan jenis kedelai terhadap kenaikan total padatan terlarut tempe ($p>0,05$). Adapun pada faktor jenis kedelai terdapat perbedaan ($p<0,05$) sedangkan faktor macam inokulum tidak terdapat perbedaan terhadap kenaikan total padatan terlarut ($p>0,05$). Keseluruhan sampel mengalami kenaikan total padatan terlarut tempe selama periode fermentasi seperti yang telah dijelaskan oleh Nowak dan Szebiotko (1992) yang mengamati mengenai perubahan biokimia tempe kedelai selama proses fermentasi. Selama proses fermentasi, secara berturut-turut kedelai akan mengalami kenaikan komponen biokimia mulai dari kenaikan protein terlarut (*Trichloroacetic soluble* N) dan gula (khususnya gula berbobot molekul rendah) hingga menjadi tempe. Terdapat satu jenis gula bernama stakiosa yang selama fermentasi mengalami hidrolisis menjadi gula rafinosa. Kapang *Rhizopus sp.* tidak membutuhkan gula rafinosa tersebut dalam jumlah yang banyak selama proses fermentasi sehingga meningkatnya kandungan gula rafinosa yang kemudian menjadi penyebab utama seiring meningkatnya padatan terlarut tempe. Kenaikan protein terlarut juga menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya total padatan terlarut tempe meskipun pengaruhnya tidak sebesar peningkatan gula yang terhidrolisis. Nilai total padatan terlarut dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi zat terlarut akibat proses fermentasi oleh kapang tempe. Selama proses fermentasi dihasilkan berbagai enzim protease, lipase, karbohidrase, dan phytase oleh *Rhizopus sp.* Jika dibandingkan, nilai total padatan terlarut tempe dari jam ke-0 pasti meningkat pada jam ke-48 akibat aktivitas enzim-enzim tersebut (Palupi dan Saihullah, 2013).

**Analisis Kadar Protein Total**

Hasil rata-rata analisis kadar protein total menunjukkan adanya perbedaan dari interaksi macam inokulum dan jenis kedelai terhadap kadar protein total tempe ($p<0,05$) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisis kadar protein tempe dengan variasi macam inokulum dan jenis kacang kedelai (%bb)

| Sampel | Kadar Protein Total (%) |
|---|---|
| $S_1$ $K_1$ | $23,33 \pm 5,21^a$ |
| $S_2$ $K_1$ | $29,17 \pm 2,81^b$ |
| $S_3$ $K_1$ | $22,33 \pm 2,62^a$ |
| $S_1$ $K_2$ | $36,41 \pm 3,11^c$ |
| $S_2$ $K_2$ | $34,42 \pm 3,41^b$ |
| $S_3$ $K_2$ | $34,52 \pm 3,11^b$ |
| $S_1$ $K_3$ | $26,07 \pm 5,48^a$ |
| $S_2$ $K_3$ | $37,69 \pm 2,74^c$ |
| $S_3$ $K_3$ | $33,44 \pm 2,34^b$ |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan ada perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata (α=5%)

Berdasarkan Tabel 4, diketahui kadar protein total tempe berkisar pada 23,327 – 37,686% dengan kadar protein rata-rata tertinggi pada tempe yang menggunakan kedelai lokal anjasmara dan inokulum laru yaitu 37,686%. Interaksi macam inokulum dan jenis kedelai yang menghasilkan protein total pada tempe tertinggi yaitu sampel $S_2$ $K_3$ dan $S_1$ $K_2$. Tingginya kadar protein total tempe setelah fermentasi ini menurut Arumsari et al. (2022) dapat disebabkan oleh terjadinya proses perombakan karbohidrat oleh kapang *Rhizopus sp.* selama fermentasi. Jumlah perombakan karbohidrat menjadi padatan terlarut lebih banyak dibandingkan perombakan protein sehingga menyebabkan kenaikan nilai protein total. Jika dikaitkan dalam penelitian ini, nilai total padatan terlarut menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan protein terlarut karena karbohidrat yang terhidrolisis berjumlah lebih banyak dibandingkan jumlah protein yang terhidrolisis. Selain menjadi padatan terlarut, karbohidrat juga menjadi sumber energi selama proses fermentasi yang menyebabkan penurunannya signifikan. Menurut Kantun et al. (2015), kadar protein total dan kadar air memiliki hubungan yang berkebalikan. Semakin tinggi kadar air maka akan semakin rendah kadar proteinnya dan begitu pula sebaliknya karena tingginya aktivitas perombakan protein total menjadi protein terlarut. Jumlah air dalam fermentasi tempe yang merupakan fermentasi media padat sangat penting karena mempengaruhi proses sintesis protoplasma fungi dan difusi enzim pada jaringan substrat. Oleh karena itu, dapat dilihat sampel tempe dengan kandungan tinggi air akan memiliki kadar protein lebih rendah dibandingkan dengan tempe dengan kandungan air yang rendah. Faktor macam inokulum dan jenis kedelai yang menunjukkan perbedaan signifikan terhadap kadar protein total tempe ($p>0,05$). Hasil uji DMRT masing-masing faktor terhadap protein total dapat dilihat dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Pengaruh Faktor Macam Inokulum Terhadap Kadar Protein Tempe

| Inokulum | Kadar Protein Total (%) |
|---|---|
| Usar | $28,605^a$ |
| Raprima | $30,098^a$ |
| Laru | $33,757^b$ |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan ada perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata (α=5%)

Tabel 6 Pengaruh Faktor Jenis Kedelai Terhadap Kadar Protein Tempe

| Kedelai | Kadar Protein Total (%) |
|---|---|
| Impor | $24,941^a$ |
| Anjasmoro | $32,398^b$ |
| Grobongan | $35,119^b$ |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan ada perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata (α=5%)

Berdasarkan uji lanjut faktor macam inokulum pada Tabel 5, perbedaan signifikan terlihat pada tempe dengan macam inokulum laru ($S_2$) menghasilkan tempe dengan protein total paling tinggi diikuti dengan inokulum raprima ($S_3$) dan usar ($S_2$). Laru merupakan inokulum yang mengasilkan kadar protein total tertinggi dikarenakan berasal dari tepung tempe. Proses pembuatan laru yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan tempe kering yang dihancurkan yang kemudian dihasilkan tepung tempe yang mengandung *Rhizopus sp*. Berdasarkan penelitian Syafitri dan Lidiasari (2014), konsentrasi penambahan tepung tempe ke dalam *tortila* labu kuning berpengaruh nyata terhadap kadar proteinnya. Selain itu, dalam penelitian Setyawan

et al. (2021) juga diperoleh hasil penelitian yang menunjukkan penambahan sejumlah tepung tempe terhadap formulasi makanan pendamping ASI (MPASI) menunjukkan kenaikan kadar protein akhirnya secara nyata. Hal tersebut sesuai dengan penelitian ini dimana laru yang merupakan tepung tempe ketika digunakan sebagai inokulum akan mempengaruhi kadar protein totalnya sebesar 33,757%.

Berdasarkan uji lanjut faktor jenis kedelai pada Tabel 6, perbedaan signifikan terlihat pada tempe dengan kedelai lokal varietas anjasmara ($K_3$) yang menghasilkan tempe dengan protein total paling tinggi diikuti dengan kedelai grobongan ($K_2$) dan kedelai impor ($K_1$). Kedelai impor memiliki kadar protein paling rendah dibandingkan kedelai lokal. Jika dibandingkan dengan data penelitian protein terlarut, urutan protein total dari yang tertinggi ke terendah dan urutan protein terlarut dari yang tertinggi ke terendah berkebalikan akibat hidrolisis protein yang telah terjadi. Urutan protein total tempe dari yang tertinggi ke terendah yaitu grobongan, anjasmara, dan impor sedangkan urutan protein terlarut dari yang tertinggi ke terendah kebalikannya yaitu impor, anjasmara, dan grobongan. Hal tersebut telah sesuai dengan pernyataan Noviana et al. (2016) dikarenakan protein total pada kedelai impor mengalami hidrolisis yang paling tinggi sehingga protein totalnya menjadi yang paling rendah. Dengan demikian, diketahui ketiga macam inokulum dalam penelitian ini memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar protein total tempe karena aktivitas *Rhizopus sp*. dalam merombak karbohidrat yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi kadar protein total akhir dari tempe. Kemudian, ketiga jenis kedelai dalam penelitian ini memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar protein total tempe karena pengaruh dari terhidrolisisnya protein pada kedelai selama periode fermentasi yang mempengaruhi komposisi akhir protein total tempe. Hal tersebut menyebabkan interaksi macam inokulum dan jenis kedelai sampel tempe yang dihasilkan juga berpengaruh nyata.

## Penentuan Daya Cerna Protein Tempe

Daya cerna protein ditentukan dengan membagi hasil analisis kadar protein terlarut dengan analisis kadar protein total terhadap variasi inokulum dan kacang kedelai. Hasil rata-rata analisis daya cerna protein menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan dari interaksi macam inokulum dan jenis kedelai terhadap kenaikan kadar protein terlarut tempe ($p>0,05$). Adapun faktor macam inokulum tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p>0,05$) sedangkan faktor jenis kedelai menunjukkan perbedaan signifikan terhadap daya cerna protein ($p>0,05$).. Hasil uji DMRT dari jenis kedelai terhadap daya cerna protein dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7 Pengaruh Faktor Jenis Kedelai Terhadap Daya Cerna Protein Tempe

| Kedelai | Daya Cerna Protein (%) |
|---|---|
| Grobongan | 2,041[a] |
| Anjasmoro | 2,673[a] |
| Impor | 4,175[b] |

Keterangan: Perbedaan superskrip pada parameter menunjukkan ada perbedaan yang signifikan atau berbeda nyata ($\alpha$=5%)

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa kedelai impor menghasilkan tempe dengan daya cerna terbaik. Jenis kedelai impor dapat menghasilkan nilai daya cerna protein yang tinggi karena protein terlarut yang dihasilkan paling tinggi. Hal tersebut juga berkaitan dengan faktor endogenus berupa protein pada kedelai impor yang memiliki periode penyimpanan cenderung lebih lama (Saputra, 2014). Penyimpanan yang lebih lama membuat struktur protein total pada kedelai impor lebih mudah terpecah menjadi komponen protein terlarut ketika berada dalam keadaan lembab selama proses fermentasi (Haloho dan Kartianty, 2020). Daya cerna protein merupakan banyaknya nitrogen yang dapat terserap oleh tubuh sehingga semakin tinggi daya cerna protein maka semakin banyak ketersediaan asam amino secara biologis yang dapat diserap tubuh. Oleh karena itu, semakin tinggi daya cerna protein artinya semakin mudah protein tersebut dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan maka bahan makanan tersebut memiliki nilai gizi tinggi (Muchtadi, 2013). Dengan demikian, diketahui bahwa interaksi dari ketiga jenis kedelai dan macam inokulum tempe menghasilkan tempe dengan daya cerna protein yang berbeda-beda. Kedelai impor menghasilkan kombinasi tempe dengan daya cerna protein yang berkisar antara 3,064 – 4,848%. Adapun inokulum raprima menghasilkan kombinasi tempe dengan daya cerna protein yang berkisar antara 2,316 – 4,848%.

**Implikasi Pada Bidang Gizi**

Kurangnya asupan zat gizi di kalangan masyarakat dapat memicu berbagai masalah dalam bidang kesehatan. Permasalahan yang paling umum terjadi di Indonesia yaitu gizi buruk, *stunting,* maupun gangguan metabolisme protein pada pasien gagal ginjal (Ernawati et al., 2016; Sherly et al., 2021). Dibutuhkan sumber pangan yang memiliki daya cerna tinggi dengan perolehan yang mudah sehingga dapat menjadi pilihan terbaik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Makanan tinggi protein dan mineral seperti tempe kedelai merupakan salah satu asupan pangan yang tepat untuk memenuhi asupan zat gizi masyarakat (Fujiana et al., 2021). Tempe merupakan sumber pangan potensial dikarenakan keunggulannya sebagai produk hasil fermentasi sehingga memiliki daya cerna zat gizi lebih tinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian dimana protein terlarut dan total padatan terlarut kedelai mengalami peningkatan setelah terjadinya proses fermentasi menjadi tempe.

Protein nabati merupakan salah satu sumber protein penyela protein hewani yang dapat dijadikan sumber asupan protein bagi tubuh (Norra et al., 2021). Pembuktian terkait peningkatan daya cerna protein, portein terlarut, dan total padatan terlarut pada tempe dari hasil penelitian ini penting untuk diinfomasikan kepada masyarakat terutama bagi tenaga gizi. Harapannya, informasi ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menata diet pasien sesuai dengan kondisi penyakitnya. Pengembangan berbagai metode teknologi pangan yang dapat meningkatkan bioaviliabitias zat gizi protein terlarut dan total padatan terlarut tempe sangat dibutuhkan untuk mendukung perencanaan diet bagi pasien yang membutuhkan. Berdasarkan hasil penelitian, dilakukan pemilihan perlakuan terbaik dengan hasil $S_3$ $K_1$ atau tempe inokulum raprima dan kedelai impor sebagai tempe dengan interaksi terbaik dari keseluhan parameter. Hasil analisis parameter tempe $S_3$ $K_1$ menunjukkan kadar protein terlarut sebesar 1,035%, total padatan terlarut sebesar 7,00 %brix, kadar protein total sebesar 22,332%, daya cerna protein sebesar 4,848%, dan kadar air sebesar 60,298%. Oleh karena itu, disarankan penggunaan kombinasi tempe kedelai $S_3K_1$ sebagai bahan baku pembuatan berbagai produk olahan tempe bagi diet pasien sesuai dengan kondisi penyakitnya.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi macam inokulum dan jenis kedelai tidak mempengaruhi parameter kadar protein terlarut, total padatan terlarut, daya cerna protein, dan kadar air secara nyata tetapi mempengaruhi parameter protein total tempe secara signifikan. Adapun faktor macam inokulum dan jenis kedelai tidak mempengaruhi parameter total padatan terlarut secara nyata tetapi mempengaruhi parameter kadar protein terlarut, protein total, daya cerna protein, dan kadar air tempe. Penelitian ini menghasilkan tempe S3 K1 atau tempe dengan inokulum raprima dan kedelai impor sebagai tempe dengan interaksi terbaik dari keseluhan parameter. Hasil analisis parameter tempe S3 K1 menunjukkan kadar protein terlarut sebesar 1,035%, total padatan terlarut sebesar 7,00 %brix, kadar protein total sebesar 22,332%, daya cerna protein sebesar 4,848%, dan kadar air sebesar 60,298%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, serta karunia yang telah diberikan-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan publikasi ini dengan baik. Ucapan terima kasih dihanturkan pada BNBP FTP sebagai sumber dana dari penelitian ini. Ucapan terima kasih juga dihanturkan kepada Dr. Ir. Nur Hidayat, MP selaku Dosen Pembimbing I, Prof. Dian Handayani, SKM, M.Kes, PhD selaku Dosen Pembimbing II, serta Irnia Nurika, STP, MP, PhD selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, dan masukkannya dalam penyelesaian tugas akhir sehingga penyusunan jurnal ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

Arumsari NG, Suparthana IP, dan Nocianitri KA. Pengaruh suhu dan lama fermentasi terhadap karakteristik kedelai terfermentasi dalam tahapan produksi sere kedele. Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 11 (4): 776-787

Astawan M, Wresdiyanti T, dan Maknun L. 2017. Tempe Sumber Zat Gizi dan Komponen Bioaktif untuk Kesehatan. IPB Press, Bogor

Astawan M, Wresdiyati T, Widowai S, Bintari SH, dan Ichsani N. 2013. Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari berbagai varietas kedelai.

Jurnal Pangan 22(3): 241-252. https://doi.org/10.33964/jp.v22i3.102

Badan Pusat Statistik. 2022. Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. BPS RI, Jakarta. https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/871

Badan Standarisasi Nasional. 2009. Tempe Kedelai. SNI 01-3144-2009

Barus T, Maya F, dan Hartanti AT. 2019. Peran beberapa galur Rhizopus microsporus yang berasal dari "laru tradisional" dalam menentukan kualitas tempe. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 8 (1): 17-22. https://doi.org/10.17728/jatp.3761

Elisabeth DAA, Ginting E, Yulifianti R. 2017. Respon pengrajin tempe terhadap introduksi varietas unggul kedelai untuk produksi tempe. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian 3(20): 183-196

Ernawati F, Prihatini M, dan Yuriestia A. 2016. Gambaran konsumsi protein nabati dan hewani pada anak balita stunting dan gizi kurang di indonesia. Penelitian Gizi dan Makanan 39(2): 95-102

Fujiana F, Pondaag VT, Afra A, Evy F dan Fadly D. 2021. Potensi Pangan Fermentasi Tempe Dalam Mengatasi Kejadian Stunting di Indonesia. Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan 15(2): 20–26

Gozali M dan Nurhayati N. 2015. Karateristik tepung kedelai dari jenis impor dan lokal (varietas anjasmara dan baluran) dengan perlakuan perebusan dan tanpa perebusan. Jurnal Agroteknologi 9(02): 191-200

Hadiwijaya Y, Kusumiyati K, dan Munawar AA. 2020. Prediksi total padatan terlarut buah melon golden menggunakan vis-swnirs dan analisis multivariat. Jurnal Penelitian Saintek 25(2):103-114

Haloho JD dan Kartinaty T. 2020. Perbandingan bahan baku kedelai lokal dengan kedelai import terhadap mutu tahu. Journal TABARO Agriculture Science 4(1): 49-55

Kantun W dan Mallawa A. 2015. Respon tuna madidihang (Thunnus albacares) terhadap umpan dan kedalaman pada perikanan handline di Selat Makassar. Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada 17(1): 1–9

Muchtadi D. 2013. Nutrifikasi Protein (Bagian 1). Nutrifikasi Pangan, (Bagian 1) 1â, 41

Norra BI, Hendrika TP, Rohmah AA dan Nabinya I. 2021. Identifikasi pemahaman umum ayam (gallus gallus) dan ikan mujair (Oreochromis Mossambicus) pada mahasiswa UIN Walisongo Semarang. Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi 8(1): 29-36

Noviana I, Qadir A, dan Suwarno FC. 2016. Perilaku biokimia benih kedelai selama penyimpanan dalam kondisi terkontrol. Jurnal Agronomi Indonesia 44(3): 255-260

Nowak J and Szebiotko K. 1992. Some biochemical changes during soybean and pea tempeh fermentation. Food microbiology 9(1): 37-43

Palupi HT dan Saihullah M. 2013. Pembuatan susu tempe kajian pengaruh lama fermentasi tempe dan penggunaan carboxymethyl cellulose (CMC). Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian 5(1).

Saputra, D. 2014. Penentuan daya cerna protein in vitro ikan bawal (Colossoma macropomum) pada umur panen berbeda. ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications 5(2):1127-1133.

Setyawan RH, Saskiawan I, Widhyastuti N, dan Kasirah. 2021. Formulasi makanan pendamping ASI (MP-ASI) bubuk instan terfortifikasi tempe dan jamur tiram putih (Pleorotus ostreatus). Jurnal Biologi Indonesia 17(1): 57–65. DOI: 10.47349/jbi/17012021/57

Sherly S, Putra DA, Siregar A, dan Yuliantini E. 2021. Asupan energi, protein, kalium dan cairan dengan status gizi (SGA) pasien GGK yang menjalani hemodialisa. Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan 5(2): 211-220

Syafitri MI dan Lidiasari E. 2014. Pengaruh konsentrasi penambahan tepung tempe terhadap karakteristik tortilla labu kuning (The Effect of Tempe Flour Addition Concentration on Pumpkin Tortilla Characteristics). Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian 19(3): 289–296

Triyono M, Nazaruddin, dan Werdiningsih W. 2017. Uji aktivitas inokulum tempe dari bahan limbah kulit pisang terhadap mutu tempe kedelai. Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan) 3 (1): 200-206

Winarno FG, Winarno W, dan Winarno ADA. 2017. Tempe Kumpulan Fakta Menarik Bedasarkan Penelitian. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Yuda IGYW, Wijaya IMM, dan Suwariani NP. 2018. Studi pengaruh pH awal media dan konsentrasi substrat pada proses fermentasi produksi bioetanol dari hidrolisat tepung biji Kluwih (Actinocarpus communis) dengan menggunakan Saccharomyces cerevisiae. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri 6(2): 115-124. Agric. Agric. Sci. Procedia 3, 255–261. doi:10.1016/j.aaspro.2015.01.04