

**SKRIPSI**

**STUDI PEMBUATAN ISOLAT PROTEIN DENGAN KACANG KEDELAI  
(*Glycine max*) DAN KECAMBAH KACANG KEDELAI (*Glycine max*)  
MENGUNAKAN METODE pH ISOELEKTRIK**

Disusun dan diajukan oleh

**DAHLIA  
G031191086**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**STUDI PEMBUATAN ISOLAT PROTEIN DENGAN KACANG KEDELAI  
(*Glycine max*) DAN KECAMBAH KACANG KEDELAI (*Glycine max*)  
MENGUNAKAN METODE pH ISOELEKTRIK**

*Study On The Production Of Protein Isolates From Soybeans (*Glycine max*) and Soybean  
Sprouts (*Glycine max*) Using The pH Isoelectric Method*



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Studi Pembuatan Isolat Protein dengan Kacang Kedelai (*Glycine max*) dan  
Kecambah Kacang Kedelai (*Glycine max*) Menggunakan Metode pH  
Isoelektrik  
Nama : Dahlia  
Nim : G031191086

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping

  
Dr. Andi Nur Faidah Rahman, STP., M.Si  
NIP. 19830428 200812 2 002

  
Prof. Ir Andi Dirpan, STP., M.Si, Ph.D  
NIP. 19820208 200604 1 003

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi

  
Dr. Andi Nur Faidah Rahman, STP., M.Si  
NIP. 19830428 200812 2 002

Tanggal lulus : 2024

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DAHLIA  
NIM : G031191086  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Meyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“STUDI PEMBUATAN ISOLAT PROTEIN DENGAN KACANG KEDELAI (*Glynie max*) DAN KECAMBAH KACANG KEDELAI (*Glycine max*) MENGGUNAKAN METODE pH ISOELEKTRIK”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 13 Februari 2024



Dahlia

## ABSTRAK

DAHLIA (NIM. G031191086). STUDI PEMBUATAN ISOLAT PROTEIN DENGAN KACANG KEDELAI (*Glycine max*) DAN KECAMBAN KACANG KEDELAI (*Glycine max*) MENGGUNAKAN METODE pH ISOELEKTRIK. Dibimbing oleh ANDI NURFAIDAH RAHMAN dan ANDI DIRPAN

**Latar Belakang** Kacang kedelai (*glycine Max*) merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang mudah diperoleh dan banyak tersedia di Indonesia serta memiliki memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Salah satu bentuk penanganan pada kacang kedelai yaitu dengan perkecambahan yang dapat meningkatkan kandungan gizi pada kedelai. Salah satu produk olahan dari kacang kedelai yaitu tepung isolat protein. Produk ini merupakan salah satu bentuk pengolahan kacang kedelai yang dapat dilakukandengan metode pH. **Tujuan** pada penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kandungan kimia dengan analisis proksimat dan fisik yaitu daya serap air dan daya serap minyak dari isolat protein kacang kedelai dan kecambah kedelai serta untuk mengetahui isolat protein terbaik dari kacang kedelai dan kecambah kacang kedelai berdasarkan kandungan kimia dan fisik **Metode** pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua perlakuan serta 3 kali ulangan. Kemudian dilakukan pula beberapa pengujian seperti pengujian kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, daya serap air, daya serap minyak dan densitas kamba. **Hasil** penelitian menunjukkan bahwa ISP yang dihasilkan dari kacang kedelai tanpa perkecambahan dan perkecambahan menghasilkan kadar air dengan rata-rata 10,700% untuk ISP kacang kedelai dan 10,067% untuk ISP kecambah kedelai, kadar abu dengan rata-rata 5,073% untuk ISP kacang kedelai dan 4,656% untuk ISP kecambah kedelai, kadar lemak dengan rata-rata 2,26% untuk ISP kacang kedelai dan 1,08% untuk ISP kecambah kedelai, kadar protein dengan rata-rata 79,62% untuk ISP kacang kedelai dan 82,96% untuk ISP kecambah kedelai dan kadar karbohidrat dengan rata-rata 2,342% untuk ISP kacang kedelai dan 1,236% untuk ISP kecambah kedelai. Sementara pada uji fisik didapatkan hasil pada DSA dengan rata-rata 5,63% untuk ISP kacang kedelai dan 6,15% untuk ISP kecambah kacang kedelai dan DSM dengan rata-rata 2,68% untuk ISP kacang kedelai dan 2,90% untuk ISP kecambah kacang kedelai. **Kesimpulan** yang diperoleh yaitu perlakuan terbaik yang diperoleh yaitu perlakuan dengan perkecambahan.

**Kata kunci:** *Isolat, kecambah, kacang kedelai (glycine Max), tepung.*

## ABSTRACT

DAHLIA (NIM. G031191086). STUDY ON THE PRODUCTION OF PROTEIN ISOLATES FROM SOYBEANS (*Glycine max*) AND SOYBEAN SPROUTS (*Glycine max*) USING THE pH ISOELECTRIC METHOD, Supervised by ANDI NURFAIDAH RAHMAN and ANDI DIRPAN

**Background** Soya bean (*glycine Max*) are one of the easily accessible and widely available types of legumes in Indonesia, known for their relatively high nutritional content. One of the methods of processing soybeans is through germination, which can enhance their nutritional value. One processed product of soybeans is soybean protein isolate. This product is a form of soybean processing achieved through pH methods. **The primary objective** of this research is to determine the comparison of chemical content through proximate and physical analysis, namely water absorption capacity and oil absorption capacity, of soybean and soybean sprout protein isolates. Additionally, the aim is to identify the best protein isolate from soybeans and soybean sprouts based on chemical and physical content. **Methods:** This research employed a completely randomized design (CRD) with two treatments and three replications. Various tests were conducted, including moisture content, ash content, protein content, fat content, carbohydrate content, water absorption capacity, oil absorption capacity, and bulk density. **Result** of this research was the percentage ratio between *matcha* and skim milk, consisting of eight. The results indicated that soybean protein isolate produced from non-germinated soybeans and germinated soybeans had an average moisture content of 10.70% for soybean protein isolate and 10.07% for germinated soya bean protein isolate, ash content of 5.07% for soybean protein isolate and 4.65% for germinated soybean protein isolate, fat content of 2.26% for soybean protein isolate and 1.08% for germinated soybean protein isolate, protein content of 79.62% for soybean protein isolate and 82.96% for germinated soybean protein isolate, and carbohydrate content of 2.34% for soybean protein isolate and 1.24% for germinated soybean protein isolate. In the physical tests, the results showed that the water absorption capacity averaged 5.63% for soybean protein isolate and 6.15% for germinated soybean protein isolate, while the oil absorption capacity averaged 2.68% for soybean protein isolate and 2.90% for germinated soybean protein isolate. **Conclusion:** The conclusion drawn was that the best treatment achieved through germination.

**Keywords:** *Isolate, germination, soya bean (glycine Max), flour*

## PERSANTUNAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena dengan rahmat Islam, iman, kesehatan, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Studi Pembuatan Isolat Protein Kacang Kedelai (Glynie Max) Dan Kecambah Kacang Kedelai (Glynie Max) Dengan Metode pH Isoelektrik”. Sebagai salah satu tugas akhir dan merupakan suatu persyaratan untuk memperoleh suatu sarjana Ilmu dan Teknologi Pangan di Universitas Hasanuddin. Salawat dan salam senantiasa dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, penutup para nabi dari nabi yang di utus sebagai rahmat seluruh alam, juga kepada keluarga, para sahabat dan ummatnya hingga akhir hari.

Melalui tulisan ini pula, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus, istimewa kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Muh Yusuf A dan Ibunda Kartini atas segala doa, restu, kasih sayang, pengorbanan dan perjuangan yang telah diberikan selama ini.

Dalam proses penyusunan Skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak, baik dari pemikiran, waktu dan finansial. Oleh karena itu sepatutnya pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada yang terhormat

1. **Dr. Andi Nur Faidah Rahman, STP.,M,Si** selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus pembimbing I dan **Prof. Ir. Andi Dirpan, STP., M.Si, Ph.D** selaku Dosen Pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan telah meluangkan waktu membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak.Ibu Dosen Pengajar yang selama ini telah mengajarkan banyak hal serta pengetahuan yang berlimpah selama kuliah di kampus ini serta seluruh Staf Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Hasanuddin
3. Kepala Laboratorium dan seluruh Laboran Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Hasanuddin yang memberikan ilmu, arahan, dan membantu selama penelitian ini.
4. Paling spesial untuk keluarga dan Saudaraku Rosyida, Nurmawaddah, Irfan, dan Saifullah terima kasih memberikan semangat, doa dan dorongan demi kesuksesan penulis dalam menempuh S1.
5. Spesial untuk teman-teman seperjuangan “ITP ” angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta banyak kenangan yang tak terlupakan selama ini.
6. Teman-teman KKN Perhutanan Sosial angk. 107 Jeneponto Takalar Gowa terkhusus posko Marayoka Terima kasih atas dukungan dan motivasi serta banyak kenangan bersama kalian yang tak terlupakan.
7. Teman-teman IPA 3 SMAN 2 Sinjai dan Teman- teman One Mart, terima kasih karena memberikan banyak kenangan dan pengalaman untuk penulis.
8. Serta terima kasih kepada seluruh pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas doa, semangat, dukungan, saran dan pemikiran yang diberikan kepada penulis.

Somoga semua amal kebbaikannya mendapat pahala dari Allah SWT, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, baik bentuk, isi maupun

penyusunannya, karena sesungguhnya kesempurnaan itu hanyalah milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi yang sederhana ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan.

Makassar, 2024

Dahlia

## RIWAYAT HIDUP



Dahlia lahir pada tanggal 15 Mei 2002, merupakan anak keempat dari lima bersaudara oleh pasangan Muh, Yusuf dan Kartini.

Adapun pendidikan formal yang pernah dijalani yaitu:

1. SDN 54 Batuleppa (2007-2013)
2. SMPN 3 Sinjai Selatan (2014-2016)
3. SMAN 2 Sinjai (2016-2019)

Pada tahun 2019 penulis diterima di Perguruan Tinggi Universitas Hasanuddin melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Program Strata Satu (S1) dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makasar. Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis mendapatkan beasiswa Bidikmisi dari Kemendikbud. Selain itu, penulis pernah melaksanakan kegiatan magang di salah satu instansi di Kab Takalar yaitu PTPN XIV PABRIK GULA TAKALAR pada tahun 2022

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
PERSANTUNAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kacang Kedelai ( <i>Glycine max</i> ) .....	4
2.2 Perkecambahan .....	5
2.3 Protein.....	5
2.3.1 Struktur Protein .....	6
2.3.2 Sifat Protein .....	7
2.3.3 Sifat Fungsional Protein .....	8
2.3.4 Kelarutan Protein .....	8
2.4 Isolat Protein .....	9
2.4.1 Pengertian Isolat Protein .....	9
2.4.2 Teknik Isolasi Protein .....	9
2.5 Penelitian Terdahulu.....	11

3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Rancangan Penelitian .....	13
3.4 Prosedur Penelitian.....	13
3.5 Uji Kimia .....	14
3.6 Uji Fisik .....	15
3.7 Analisis Data .....	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Perkecambahan Kacang Kedelai.....	17
4.2 Titik Isoelektrik Isolat Protein Kacang Kedelai.....	17
4.3 Sifat Kimia .....	18
4.3.1 Kadar air .....	19
4.3.2 Kadar abu.....	20
4.3.3 Kadar lemak .....	21
4.3.4 Kadar protein .....	22
4.3.5 Kadar karbohidrat.....	23
4.4 Sifat Fisik .....	24
4.4.1 Daya Serap Air.....	24
4.4.2 Daya Serap Minyak.....	25
5. PENUTUP .....	28
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran .....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	29
LAMPIRAN .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Gizi Kacang Kedelai ( <i>Glycine max</i> ) .....	4
Tabel 2. Penelitian Terdahulu tentang Isolat Protein .....	11
Tabel 3. Data Perbandingan Hasil Pengujian dengan USDA.....	19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kacang Kedelai ( <i>Glycine max</i> ).....	4
Gambar 2. Struktur Asam Amino .....	7
Gambar 3. Diagram Hasil Kadar Air .....	19
Gambar 4. Diagram Hasil Kadar Abu.....	20
Gambar 5. Diagram Hasil Kadar Lemak.....	21
Gambar 6. Diagram Hasil Kadar Protein .....	22
Gambar 7. Diagram Hasil Kadar Karbohidrat.....	23
Gambar 8. Diagram Hasil Daya Serap Air.....	24
Gambar 9. Diagram Hasil Daya Serap Minyak .....	26

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir .....	32
Lampiran 2. Tabel Data Hasil Pengujian .....	34
Lampiran 3. Tabel Output Uji Independent T-Test .....	35
Lampiran 4. Lampiran Dokumentasi Kegiatan Penelitian .....	39

## 1. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya alam yang beraneka ragam yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah kacang-kacangan. Kacang-kacangan memiliki kandungan gizi yang cukup banyak sehingga sering dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari. Tanaman kacang-kacangan juga diketahui memiliki kandungan yang bermanfaat untuk kesehatan diantaranya untuk mencegah penyakit kanker kolon, obesitas, kardiovaskular, dan diabetes (Sari *et al.*, 2020). Melihat banyaknya manfaat dan kandungan dari kacang-kacangan maka telah dilakukan banyak penelitian. Berbagai jenis kacang yang dikenal banyak oleh masyarakat diantaranya kacang merah, kacang hijau, kacang tanah, kacang tunggak dan kacang kedelai. Salah satu jenis kacang yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi dan berpotensi untuk diolah adalah kacang kedelai. Kacang kedelai mudah diperoleh dan banyak tersedia di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), produksi tanaman kedelai pada tahun 2014-2018 mencapai 1,71 ton/ha. Umumnya kacang kedelai diolah menjadi tempe, tahu, kecap, oncom dan susu kedelai (Yudiono, 2020).

Bentuk penanganan pada kacang-kacangan yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari kacang-kacangan yaitu dengan perkecambahan. Perkecambahan terjadi karena adanya proses respirasi aerobik dan metabolisme biokimia sehingga dapat meningkatkan nilai gizi dan bahan kimia nabati serta karakteristik fungsional pada kacang-kacangan salah satunya yaitu kandungan protein. Penelitian terkait peningkatan kandungan protein kacang kedelai yang dikecambahkan telah banyak dilakukan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Winarsi *et al.*, (2010), perkecambahan kedelai dapat meningkatkan kandungan proteinnya. Hasil yang diperoleh bahwa kandungan protein kacang kedelai setelah diberi perlakuan perkecambahan selama 24 jam mengalami peningkatan hingga 42,0%. Meningkatnya kandungan protein selama perkecambahan karena adanya aktivitas enzim proteolitik yang memecah protein menjadi asam amino yang lebih mudah diserap oleh tubuh manusia (Ferdiawan *et al.*, 2019). Salah satu bentuk pemanfaatan dari kacang kedelai yaitu dengan penepungan. Teknologi tepung dipilih karena mempunyai beberapa keunggulan diantaranya penanganan, pengolahan dan penyimpanannya lebih mudah. Tepung kecabah kacang kedelai dipilih sebagai langkah awal untuk diversifikasi pada produk kecabah kacang kedelai karena mudah diaplikasikan sebagai bahan baku maupun sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk olahan pangan. Berdasarkan informasi sebelumnya tentang kandungan gizi yang cukup tinggi dimana kacang kedelai kering rata-rata mengandung 34 g protein dan lemak 16,7 g dalam 100 g protein maka dilakukan pemanfaatan tepung kedelai dalam bentuk isolat protein.

Isolat protein merupakan protein paling murni yang mengandung lebih dari 90% protein murni dengan sedikit atau tanpa lemak dan karbohidrat. Metode pemurnian pada isolat protein dapat dilakukan dengan dua prinsip pemurnian yaitu ekstraksi dan pengendapan. Proses yang sangat penting dalam isolasi protein adalah proses koagulasi atau pengendapan protein dengan cara menurunkan pH larutan protein menggunakan asam. pH yang dapat digunakan yaitu pH isoelektrik. pH isoelektrik adalah titik di mana protein memiliki kelarutan minimum dalam larutan. Pada pH ini, protein cenderung membentuk agregat atau mengendap, karena muatan listriknya netral dan tidak ada gaya tolak atau tarik elektrostatis

yang signifikan antara molekul protein. Oleh karena itu, pH isoelektrik sering digunakan dalam berbagai aplikasi biokimia dan pemurnian karena pada titik ini protein cenderung menggumpal atau mengendap sehingga memudahkan pemisahan protein dari komponen non-protein lainnya sehingga dapat menghasilkan kandungan protein yang lebih tinggi. Kandungan protein yang tinggi pada isolat protein dapat digunakan secara luas dalam produksi formulasi pangan dan menghasilkan sifat fungsional yang diperlukan dalam proses produksi pangan salah satunya yaitu dengan pembuatan *meat analog* (Oktasari *et al.*, 2015).

Penelitian terkait penggunaan pH dalam pembuatan isolat protein telah banyak dilakukan. Oktasari *et al.*, (2015) mengungkapkan bahwa pembuatan isolat protein pada ikan gurami dapat dilakukan dengan menggunakan metode pH sehingga dapat meningkatkan kandungan protein pada ikan gurami. Hasil yang diperoleh bahwa kandungan protein daging ikan gurami adalah 19% dan setelah dilakukan isolat protein kandungan protein pada ikan gurame mengalami peningkatan hingga 64,86%. Penelitian lain dilakukan oleh Hery Winarsi, (2010), menunjukkan bahwa proses perkecambahan juga mampu meningkatkan kandungan protein pada isolat protein kacang hijau yaitu sebesar 36,5 % untuk isolat protein yang tidak dikecambahkan dan 42% untuk isolat protein yang dikecambahkan. Berdasarkan hal tersebut, dapat dilihat bahwa telah banyak dilakukan penelitian terkait dengan pembuatan isolat protein dengan metode pH dan perkecambahan. Tak terkecuali pada kacang kedelai, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perkecambahan dengan metode pH isoelektrik dalam pembuatan isolat protein kacang kedelai.

## 1.2 Rumusan Masalah

Salah satu produk olahan dari kacang kedelai adalah tepung isolat protein. Produk ini merupakan salah satu bentuk pengolahan kacang kedelai yang dapat dilakukan dengan metode pH. Bentuk pengolahan ini merupakan bentuk pengolahan yang dapat digunakan secara luas dalam pembuatan formulasi pangan serta dapat menghaikan sifat fungsional yang diperlukan dalam proses pembuatan pangan. Kedelai merupakan kacang-kacangan yang memiliki kandungan protein yang cukup tinggi dan memiliki kandungan lemak yang cukup rendah oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui isolat protein terbaik antara kacang kedelai yang dikecambahkan dan yang tidak dikecambahkan.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan karakteristik kimia melalui analisis proksimat dan karakteristik fisik melalui pengujian daya serap air dan daya serap minyak dari isolat protein kacang kedelai dan kecambah kedelai
2. Untuk mengetahui isolat protein terbaik dari kacang kedelai dan kecambah kacang kedelai berdasarkan karakteristik kimia dan fisik.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang pengaruh perkecambahan terhadap isolat protein kacang kedelai, sehingga dapat dijadikan referensi mengenai bentuk perlakuan yang menghasilkan kandungan protein yang cukup tinggi serta dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan isolat protein yang dapat digunakan luas dalam pembuatan formulasi pangan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kacang Kedelai (*Glycine max*)



Gambar 1 Kacang Kedelai

Indonesia merupakan negara yang memiliki aneka ragam polong-polongan. Polong-polongan yang sering dijumpai dan memiliki jumlah produksi yang cukup banyak adalah kacang kedelai, konsumsi kacang-kacangan menduduki urutan ke-3 setelah padi dan ikan Safitry *et al* (2022). Kacang kedelai adalah jenis polong-polongan yang dapat tumbuh baik ditempat yang berhawa panas dan curah hujan 100-400 mm<sup>3</sup>. Tanah yang cocok untuk penanamn kedelai yaitu tanah jenis aluvial, regosol, grumosol, latosol dan andoso. Secara umum, agar kedelai dapat tumbuh dengan maksimal/optimal kedelai memerlukan tanah yang subur, kaya bhan organik, dan pH antara 5,8-7(Purwandari 2007). Kacang kedelai merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang dapat diolah menjadi berbagai bentuk pangan olahan yang memiliki kandungan berupa protein, lemak dan vitamin sehingga dikenal dengan julukan *gold form the soil* (emas yang muncul dari tanah). Adapun Klasifikasi kedelai dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut (Purwandari 2007):

Famili : *Leguminosae*  
 Subfamili : *Papilionoidae*  
 Genus : *Glycine (L) Merr*  
 Species : *Glycine max* (kedelai putih), *Glycine soja* (kedelai hitam)

Kedelai berwarna putih kekuningan umumnya digunakan untuk membuat tempe, tahu dan tepung sedangkan kedelai berwarna hitam digunakan untuk membuat kecap. Kacang kedelai memiliki bentuk biji yang yang bervariasi yaitu bulat, bulat telur dan agak gepeng akan tetapi sebagian besar biji kacang kedelai memiliki bentuk bulat telur. Kedelai memiliki kandungan protein cukup tinggi sehingga dijadikan sebagai sumber utama protein nabati dan minyak nabati dunia. Tabel 1 kandungan gizi pada kedelai (Agung *et al.*, 2016).

No	Unsur Gizi	Kadar/ 100 g kedelai
1.	Energi	442 kal
2.	Air	75 g
3.	Protein	34,9 g
4.	Lemak	18,1 g
5.	Karbohidrat	34,8 g
6.	Mineral	4,7
7.	Kalsium	227 mg

Kandungan protein pada kacang kedelai lebih tinggi dibandingkan jagung, beras, kacang hijau, tepung singkong, daging, ikan segar, dan telur ayam serta hampir sama dengan kadar protein pada susu skim kering. Kacang kedelai juga memiliki kandungan asam amino

lisin yang lebih tinggi sehingga mampu meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Kacang kedelai juga memiliki kandungan polifenol yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh manusia yaitu dapat dijadikan sebagai antioksidan yang mampu mencegah kerusakan sel yang diakibatkan oleh radikal bebas (Tamam *et al.*, 2013).

## 2.2 Perkecambahan

Perkecambahan merupakan suatu proses pada kacang-kacangan yang terjadi secara alami yang ditandai dengan pecahnya kulit dan munculnya sumbu embrio. Selama proses perkecambahan terjadi perubahan secara fisiologi dan morfologi diantaranya penghambatan, penyerapan air, hidrasi jaringan, penyerapan O<sub>2</sub>, aktivasi dan pencernaan enzim, pengangkutan molekul terhidrolisis ke hipokotil, peningkatan respirasi dan asimilasi, inisiasi pembelahan dan perluasan seldan adanya embrio. Proses perkecambahan melibatkan sejumlah hormon diantaranya hormon giberelin yang berperan untuk mengaktifkan enzim hidrolitik, hormon sitokinin untuk memicu pembelahan sel, dan hormon auksin untuk meningkatkan pertumbuhan yang ditandai dengan munculnya ujung akar, akar dan pucuk lembaga. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses perkecambahan kedelai yaitu varietas, suhu, cahaya, proses inhibisi air, dan stres lingkungan (Aminah, 2020).

Perkecambahan pada kacang kedelai dapat menyebabkan perubahan komponen zat gizi menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah dicerna dan dapat meningkatkan kapasitas antioksidan pada kedelai Astawan *et al.*, (2016). Antioksidan adalah senyawa yang memiliki fungsi untuk melindungi sel-sel tubuh dari radikal bebas. Selain itu, proses perkecambahan pada kedelai juga mampu meningkatkan senyawa bioaktif pada produk kecabah kedelai yang berperan sebagai antiosteoporosis, antidiabetik dan anti infalmasi atau berperan sebagai pangan fungsional. Adapun komponen fungsional pada kecabah kedelai yaitu protein, asam gamma aminobutirat, vitamin E dan C, Polifenol, dan flavonoid (Aminah, 2020).

Proses perkecambahan dapat menurunkan kadar senyawa asam fitat dengan memecahnya bersamaan dengan peningkatan aktivitas enzim fitase (Widowati *et al.*, 2006). Perkecambahan juga dapat berpotensi mengurangi antinutrien, meningkatkan ketersediaan mineral, meningkatkan asam amino esensial, dan memperbaiki kandungan makronutrien dalam sistem pencernaan (Narsih *et al.*, 2018). Proses perkecambahan pada biji bahan pangan dapat mengurangi kandungan asam fitat dimana asam fitat dalam biji dapat digunakan sebagai sumber energi selama proses pertumbuhan kecabah. Selama proses perkecambahan terdapat sumber kation yang mampu mendukung proses perkecamabahan yaitu garam fitat, seperti kalsium-magnesium dan natrium kalsium fitat (Namin *et al.*, 2010).

## 2.3 Protein

Kata protein berasal dari bahasa Yunani yaitu “Proteios” yang berarti pertama/ utama karena protein tersusun lebih dari separuh bagian dari struktur sel berdasarkan bobot keringnya. Protein merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Molekul asam amino ini tersusun atas unsur karbon (C) dengan jumlah atom 50-55%, hidrogen (H) dengan jumlah atom 6-7%, oksigen (O) 20-23% dan nitrogen (N) dengan jumlah atom rata-rata 16% serta beberpa asam amino seperti sistein, dan metionin yang mengandung sulfur (S) dengan jumlah atom 0,2-0,3% (Astawan *et al* 2020). Protein merupakan bahan yang sangat reaktif diantara komponen-komponen bahan

pangan. Protein dapat bereaksi dengan gula-gula pereduksi, lemak dan produk oksidasi, polifenol dan komponen bahan pangan lainnya (Natsir dan Shofia, 2018).

Berdasarkan sumbernya protein terdiri atas dua jenis yaitu protein konvensional yang terdiri dari protein nabati dan hewani serta protein non konvensional yang berasal dari bakteri (Astawan *et al* 2020). Protein nabati adalah protein yang berasal dari tanaman seperti kacang kedelai, kacang tanah, kacang hijau dan kacang koro. Protein nabati dilindungi oleh dinding sel tanaman yang terdiri atas selulosa, apun terikat oleh komponen matriks tanaman lainnya sehingga daya cerna dari protein nabati lebih rendah dari protein hewani. kandungan protein nabati paling tinggi yaitu pada kacang kedelai sebesar 40%. Hal ini menyebabkan kedelai dijadikan sebagai sumber protein utama dibandingkan komoditas pertanian lainnya selain itu protein kedelai juga memiliki kandungan asam amino lisin, leusin, dan isoleusin yang tinggi dan rendah asam sulfur seperti metionon dan sistein. Protein hewani merupakan protein yang berasal dari hasil hewan misalnya daging, telur susu, dan hasil dari perikanan. Pada umumnya protein hewani memiliki kualitas nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan protein nabati karena sumber asam aminonya lebih lengkap dan lebih mudah untuk dicerna. Akan tetapi konsumsi protein hewani yang berlebih juga berbahaya karena memiliki kandungan kolesterol yang cukup tinggi dan juga dapat menyebabkan alergi untuk beberapa orang.

Protein memiliki fungsi atau memegang peranan yang penting dalam berbagai proses biologis yaitu (Astawan *et al.*, 2020):

- a. Merupakan zat pembangun atau pembentuk yang menyerupai kolagen atau elastin pada kulit
- b. Merupakan zat pengatur yakni mengatur terjadinya proses metabolisme dalam bentuk enzim
- c. Melakukan mekanisme pertahanan tubuh dengan melawan berbagai macam mikroba dan zat toksik yang masuk ke dalam tubuh
- d. Digunakan sebagai alat transport dan merupakan simpanan protein dalam tubuh
- e. Merupakan sumber energi sebesar 4 kkal/gram protein, apabila organisme tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan energinya dari karbohidrat dan lemak.

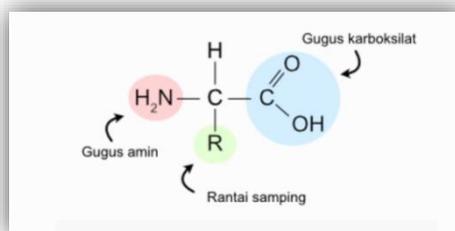
### 2.3.1 Struktur Protein

Protein memiliki beberapa jenis struktur, yakni struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Struktur primer, menurut Katili (2009), merupakan susunan linier asam amino dalam protein, menjadi dasar bagi sifat dasar protein lainnya, dan mempengaruhi bentuk struktur sekunder dan tersier secara umum. Protein dengan banyak asam amino hidrofobik cenderung memiliki kelarutan air yang lebih rendah dibandingkan dengan yang mengandung lebih banyak gugus hidrofil.

Struktur sekunder protein, seperti yang dijelaskan oleh Suprayitno (2017), melibatkan lipatan-lipatan rantai polipeptida dalam bentuk tiga dimensi dengan cabang-cabang rantai polipeptidanya yang saling berdekatan. Struktur ini terbentuk melalui ikatan hidrogen antar asam amino dalam rantai, menghasilkan bentuk zigzag dengan gugus R mengarah ke atas dan ke bawah. Contoh struktur sekunder ini termasuk heliks  $\alpha$  pada wol dan heliks pada kolagen (Katili, 2007).

Struktur tersier pada protein merupakan susunan dari bentuk-bentuk sekunder yang saling terhubung melalui ikatan hidrogen, ikatan garam, ikatan hidrofobik, dan ikatan

disulfida. Ikatan disulfida dianggap sebagai salah satu ikatan paling kuat dalam mempertahankan struktur tersier protein (Prasetya, 2017). Struktur primer, sekunder, dan tersier umumnya melibatkan rantai polipeptida, sedangkan struktur kuaterner terjadi ketika banyak polipeptida berinteraksi membentuk protein. Ikatan-ikatan antar polipeptida ini memainkan peran penting dalam membentuk struktur kuaterner protein Sari (2007). Struktur asam amino dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Struktur Asam Amino

### 2.3.2 Sifat Protein

Protein memiliki berbagai karakteristik, yang biasanya sangat dipengaruhi oleh perlakuan fisik dan kimia. Sifat protein sangat responsif terhadap pengaruh fisik dari zat kimia, yang dapat menyebabkan perubahan bentuk. Modifikasi atau perubahan struktur molekul protein yang disebabkan oleh pengaruh ini dikenal sebagai denaturasi. Berbagai faktor seperti suhu, tingkat keasaman (pH), tekanan, pengaruh mekanis, dan lain sebagainya dapat menjadi penyebab terjadinya denaturasi (Erianti et al., 2015).

Temperatur berperan sebagai titik kritis dalam proses denaturasi yang dikenal sebagai titik leleh (*melting temperature/T<sub>m</sub>*). Secara umum, protein memiliki nilai *T<sub>m</sub>* yang berada di bawah 100°C, dan di atas suhu *T<sub>m</sub>*, protein memiliki kecenderungan untuk mengalami denaturasi. Denaturasi protein mengakibatkan penurunan aktivitas biologis dan kelarutannya, membuatnya mudah mengendap (Erianti et al., 2015). Denaturasi dapat dikonsepsi sebagai perubahan pada struktur molekul protein sekunder, tersier, dan kuaterner tanpa memutus ikatan kovalen. Hal ini dapat berupa putusannya ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, ikatan garam, dan pembentukan lipatan molekuler (Eganti et al., 2015). Denaturasi juga dapat mengubah sifat protein sehingga menjadi kurang larut dalam air.

Penggumpalan protein dapat dipicu oleh berbagai faktor, seperti pemanasan, penambahan enzim, penambahan asam, dan keberadaan logam berat (Triyono, 2010). Ada dua jenis denaturasi pada protein, yaitu pertama, pengembangan rantai peptida dalam rantai polipeptida, dan kedua, pemecahan protein menjadi unit-unit yang lebih kecil tanpa terjadi perkembangan molekuler pada bagian yang terkait dengan ikatan sekunder. Selain itu, protein mempunyai sifat lain yaitu *zwitterion* dan pH isoelektrik. Ion zwiter muncul ketika asam amino dalam larutan yang memiliki muatan positif dan negatif. Setiap jenis protein memiliki pH isoelektrik tertentu (sekitar 4-4,5), di mana molekul protein memiliki muatan positif dan negatif yang seimbang, menyebabkan pengendapan protein (koagulasi) pada titik isoelektrik (Marfira et al., 2018). Protein juga bersifat amfoterik karena mengandung gugus amino (-NH<sub>2</sub>) yang bersifat basa, dan gugus karboksil (-COOH) yang memiliki sifat asam di ujung rantainya. Pada lingkungan asam atau pada pH yang rendah, gugus amino pada protein berinteraksi dengan ion H<sup>+</sup>, mengakibatkan protein memperoleh muatan positif. Pada saat

yang sama, gugus karboksil bereaksi dengan ion OH dalam larutan basa, menyebabkan protein menjadi bermuatan negatif.

### 2.3.3 Sifat Fungsional Protein

Sifat fungsional protein dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yakni: (1) sifat hidrasi, seperti kelarutan atau kemampuan untuk menahan air; (2) sifat permukaan, yang melibatkan emulsifikasi dan pembentukan buih; serta (3) interaksi antar protein, seperti gelasi. Dampak dari sifat fungsional ini sangat berpengaruh pada karakteristik pangan selama tahap persiapan, pengolahan, penyimpanan, dan konsumsi. Selain itu, sifat-sifat ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kualitas dan karakteristik sensoris dari sistem makanan (Giyarto et al., 2016). Sifat-sifat fungsional protein ini tergantung dengan jenis protein. Terdapat bebrbagai jenis protein diantaranya protein daging, protein susu, protein kedelai yang memiliki sifat fungsional yang berbeda karena adanya perbedaan struktur primer, sekunder, tersier, atau kuartener (Giyarto et al, 2016). Sifat fungsional dipengaruhi oleh kelarutan, daya ikat minyak (OHC), daya ikat air (WHC), emulsifikasi dan stabilitas, serta pembentukan busa dan stabilitas, koagulasi, gelasi (pembentukan gel) dan pembentukan pasta.

### 2.3.4 Kelarutan Protein

Sifat fungsional pada protein juga terkait dengan kelarutan protein, yang memiliki dampak besar pada pemanfaatannya dalam produk pangan. Kelarutan protein melibatkan keseimbangan antara interaksi antar protein dengan solvent. Interaksi utama yang memengaruhi kelarutan melibatkan interaksi hidrofobik dan ionik. Interaksi hidrofobik dapat mengakibatkan interaksi antar protein, mengurangi kelarutan, sementara interaksi ionik dapat meningkatkan kelarutan dengan memungkinkan interaksi antara protein dan air. Selain titik isoelektrik, residu ionik dapat menginduksi gaya tolak menolak antar molekul protein dalam larutan, bergantung pada muatan positif atau negatif protein pada pH tertentu, sehingga menghasilkan lapisan hidrasi di sekitar gugus ionik. Kelarutan pada protein diperubahan energi interaksi antarmolekul yang terjadi saat solut (fase terlarut) dan solven (fase pelarut) dicampur (Udhidewa, 2018).

Protein bersifat amfoterik dalam hal kelarutannya, di mana kelarutan tersebut bergantung pada muatannya. Protein mencapai tingkat kelarutan terendah saat mencapai titik isoelektriknya, karena pada titik ini interaksi antar protein menjadi lebih dominan daripada interaksi dengan air. Pada pH di atas atau di bawah titik isoelektrik, interaksi protein dengan air menjadi lebih mendominasi, sehingga protein dapat larut. Kelarutan protein cenderung menurun pada titik isoelektrik, Berdasarkan prinsip bahwa pada titik tersebut, gaya tarik menarik antar molekul protein muncul, menyebabkan molekul berkumpul dan mengendap, sehingga protein mencapai tingkat kelarutan minimum. Muatan total asam amino pada titik isoelektrik adalah nol, menandakan adanya keseimbangan antara gugus yang bermuatan positif dan negatif, sehingga protein cenderung mengendap (Budijanto et al., 2011). Sebagian besar protein nabati memiliki titik isoelektrik yang berada dalam kisaran pH 4,0 hingga 5,0. Daya tarik menarik antar molekul protein paling kuat terjadi pada pH isoelektrik, sedangkan di atas atau di bawah titik pH isoelektrik, terjadi perubahan muatan protein sehingga gaya tarik menarik antar molekul protein menurun, membuat molekul protein lebih larut.

## 2.4 Isolat Protein

### 2.4.1 pengertian isolat protein

Isolat protein adalah jenis protein yang paling murni, dengan kandungan protein mencapai 90% atau lebih dari berat kering, dan hampir tidak mengandung karbohidrat, lemak, serta serat. Terdapat dua jenis isolat protein, yakni isolat protein hewani dan isolat protein nabati (Astawan *et al*, 2020). Isolat protein hewani adalah isolat protein yang berasal dari ikan dengan nilai ekonomi yang rendah atau hasil samping dari dari pengilangan ikan seperti kepala, kulit dan isi perut. Isolat protein nabati merupakan isolat protein yang bersumber dari aneka kacang, polong biji dan sereal. Salah satu jenis sumber isolat protein nabati yang cukup melimpah yaitu kedelai karena memiliki nilai gizi yang cukup tinggi, jumlahnya yang cukup melimpah dan karakteristik fungsionalnya yang baik. Selain itu kedelai juga memiliki kandungan protein yang cukup tinggi serta memiliki kualitas gizi yang tidak jauh berbeda dengan protein hewani karena memiliki kandungan asam amino esensial yang cukup tinggi. Prinsip yang diterapkan dalam isolasi protein total adalah dengan mengendapkan seluruh protein dari biji-bijian pada titik isoelektriknya, di mana seluruh protein menggumpal. Secara umum, proses isolasi protein melibatkan beberapa tahap, termasuk ekstraksi protein dari medium pengekstrak, pemurnian bahan yang tidak larut melalui sentrifugasi, filtrasi pengendapan, pencucian, dan pengeringan isolat (Wulandari *et al.*, 2019).

### 2.4.2 Teknik Isolasi Protein

Isolasi protein merupakan metode pemurnian protein yang didasarkan pada perbedaan kelarutan. Stabilitas protein dalam larutan dapat dipengaruhi oleh interaksi antara residu asam amino yang bermuatan di permukaannya dengan molekul-molekul pelarut. Jika interaksi ini terhambat, molekul protein dapat saling berinteraksi dan membentuk agregat yang cukup besar sehingga dapat mengendap keluar dari larutan. Terdapat dua metode yang dapat digunakan dalam pembuatan isolat protein yaitu pengaturan pH dan penggunaan enzim. Kelebihan pembuatan isolat protein dengan menggunakan metode pH yaitu, pH dapat dengan mudah dikontrol dan disesuaikan dalam proses produksi, memungkinkan penggunaan berbagai metode untuk mengatur kondisi reaksi yang optimal selain itu penggunaan pH yang tepat dapat membantu dalam pemisahan protein dari bahan baku dengan kemurnian yang tinggi, karena dapat mempengaruhi kelarutan protein dalam larutan serta menggunakan biaya yang lumayan rendah dibanding metode lain. Adapun kekurangan penggunaan metode pH dalam pembuatan isolat protein kekurangan diantaranya, pH ekstrem atau fluktuasi pH yang signifikan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur protein dan mengurangi aktivitas biologisnya, proses isolasi protein menggunakan pH dapat mempengaruhi interaksi dengan kontaminan lain dalam bahan baku, yang mungkin sulit untuk dihilangkan sepenuhnya. Pembuatan isolat protein dengan menggunakan enzim juga memiliki beberapa kelebihan yaitu enzim memiliki spesifisitas yang tinggi dalam reaksi kimia. Ini memungkinkan enzim secara selektif memecah ikatan kimia tertentu dalam protein, memungkinkan isolasi protein dengan kemurnian yang tinggi. Enzim juga dapat meningkatkan efisiensi proses isolasi protein dengan mempercepat reaksi kimia yang terlibat dalam pemisahan protein dari bahan baku. Hal ini dapat mengurangi waktu dalam produksi. Adapun kekurangan pembuatan isolat protein dengan enzim yaitu beberapa enzim yang

digunakan dalam proses isolasi protein mahal, hal ini dapat meningkatkan biaya produksi isolat protein. Tidak semua jenis protein dapat diisolasi dengan menggunakan enzim tertentu. Keterbatasan ini dapat membatasi aplikasi enzim dalam produksi isolat protein tertentu.

Metode yang banyak digunakan dalam pembuatan isolat protein yaitu metode dengan penggunaan pH dengan prinsip, protein akan menjadi bermuatan negatif atau positif jika pH-nya kita naikan diatas atau di bawah titik isoelektriknya. Bentuk yang bermuatan ini bersifat lebih larut daripada molekul-molekul netral berlistrik. Oleh karena itu, mengubah pH dari larutan yang mengandung protein akan mungkin menyebabkan pengendapan sebagian protein. Prinsip yang digunakan untuk mengisolasi protein total adalah pengendapan seluruh protein kacang kedelai pada titik isoelektriknya yaitu pH dimana seluruh protein menggumpal.

Proses isolasi protein dari sumber tumbuhan umumnya dimulai dengan mengekstrak protein dari bahan dengan air pada pH basa (sekitar pH 8-8.7). Protein sebagian besar akan larut dalam larutan pengekstrak pada pH ini. Kemudian ekstrak disentrifuse untuk mengendapkan bahan- bahan yang tidak larut berupa ampas dan kotoran lainnya. Supernatan yang mengandung protein yang larut dipisahkan dan diturunkan pHnya sampai sekitar pH 4-4.7. Protein pada pH sebagian besar akan mengendap pada titik isoelektriknya. Proses sentrifugasi akan memisahkan protein berupa endapan dan cairan sisa yang mengandung bahan- bahan terlarut seperti gula, mineral dan sebagainya. Endapan protein kemudian dicuci dengan air, endpan yang dihasilkan kemudian dikeringkan dengan alat pengering *freeze dryer*, dan tahap terakhir adalah proses pengayakan dengan ayakan 70 mesh hingga diperoleh bubuk isolat yang seragam (Udhidewa, 2018).

Faktor lain yang memengaruhi teknik isolasi protein adalah perlakuan pemanasan selama proses ekstraksi. Suhu dan waktu pemanasan bervariasi tergantung pada bahan hasil pertanian yang digunakan, karena perlakuan pemanasan dapat memengaruhi denaturasi protein. Meskipun pemanasan dapat meningkatkan daya guna protein dengan menginaktifkan atau mengurangi protein inhibitor, tetapi juga dapat merugikan karena dapat menyebabkan denaturasi protein dan penurunan kemampuan mengikat airnya.

Isolat protein nabati memiliki potensi yang semakin berkembang karena bergesernya minat masyarakat ke penggunaan bahan berbasis non hewani. Isolat protein nabati, khususnya isolat protein kedelai telah diaplikasikan secara luas sebagai bahan berbagai produk pangan seperti roti, kue, krim untuk topping maupun pasta. Selain itu isolat protein juga telah digunakan sebagai bahan pendistribusi lemak pada produk daging yang rendah lemak, digunakan sebagai pengemulsi dan extender untuk produk daging lumat yang memiliki kandungan lemak yang tinggi. Isolat protein juga digunakan untuk sebagai pengganti susu untuk menurunkan biaya produksi, meningkatkan nilai gizi, dan meningkatkan sifat fungsional pada suatu produk (Astawan *et al.*, 2020).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2 Penelitian Terdahulu Tentang Isolat Protein

No.	Peneliti	Judul	Metode	Parameter	Hasil
1.	Hery Winarsi Dkk (2010)	Kandungan Protein dan Isoflavon pada Kedelai dan Kecambah Kedelai	pH 5,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kandungan protein</li> <li>➤ Kandungan isoflavon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kandungan protein pada isolat protein kacang kedelai sebesar 36,5%, sedangkan isolat protein kecambah kedelai sebesar 42%.</li> <li>➤ kandungan isoflavon dalam isolat protein kedelai adalah sebesar 26,7 ppm, dengan rincian 10,2 ppm genistein, 11,5 ppm daidzein, dan 5 ppm glisitein. Sementara itu, pada isolat protein kecambah kedelai, kandungan isoflavonnya mencapai 39,1 ppm, terdiri atas 14,6 ppm genistein, 16,9 ppm daidzein, dan 7,6 ppm glisitein.</li> </ul>
2.	Exsu Kahair & Bayu Kanetro (2104)	Pengaruh Berbagai Kecambah Kacang-Kacangan terhadap Kadar Protein Terlarut dan Asam Amino Bebas Limbah Cair Isolasi Protein	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ pH 9</li> <li>➤ pH 4</li> </ul>	Kandungan protein terlarut	Kandungan protein yang larut pada kedelai impor, kedelai hitam, kecipir, kacang tunggak dan kara benguk sebesar 0,20%; 0,18%; 0,28%; 0,15% dan 0,61%. Pada saat yang sama, jumlah asam amino bebas dalam kacang ini masing-masing adalah 0,15%; 0,12%; 0,11%; 0,11%; dan 0,05%.
3.	Ananda Putri Cahyani Dkk (2020)	Perbandingan Karakteristik Fisikokimia dan Komposisi Asam Amino Tepung Tempe Larut Air dengan Isolat Protein	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ pH 9</li> <li>➤ pH 4,2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kandungan proksimat</li> <li>➤ Asam amino</li> <li>➤ Sifat fisik dan fungsional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kandungan proksimat pada tepung tempe konvensional larut air dan tepung tempe kecambah larut air secara signifikan lebih rendah (<math>p &lt; 0,05</math>) dibandingkan dengan isolat protein kedelai komersial.</li> </ul>

		Kedelai Komersial			<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Asam amino esensial pada tepung tempe konvensional larut air dan tepung tempe kecambah larut air masing-masing adalah 20,4 persen dan 20,0 persen, yang keduanya lebih rendah daripada isolat protein kedelai sebesar 29,6%.</li><li>➤ Hasil analisis sifat fisik dan fungsional terkait nilai L, derajat putih, dan daya serap minyak menunjukkan bahwa tepung tempe konvensional larut air dan tepung tempe kecambah memiliki kelarutan dalam air yang lebih tinggi (<math>p &lt; 0,05</math>) jika dibandingkan dengan isolat protein kedelai</li></ul>
--	--	----------------------	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------