

**PENGARUH PERLAKUAN PERKECAMBAHAN DAN HIDROLISIS ENZIMATIS PROTEIN BIJI SEMANGKA (*Citrullus lanatus*) TERHADAP AKTIVITASNYA SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PENJERNIHAN AIR**

O. Suryanadi\*, K. Ratnayani, I G. A. G. Bawa, dan I N. Wirajana

*Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia  
\*Email: olansuryanadi@student.unud.ac.id*

Article Received on: 8<sup>th</sup> Mei 2024

Revised on: 17<sup>th</sup> July 2025

Accepted on: 30<sup>th</sup> July 2025

**ABSTRAK**

Biji semangka (*Citrullus lanatus*) mengandung protein dengan gugus amina bebas yang dapat berperan sebagai bahan aktif koagulan alami penjernihan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan perkecambahan dan hidrolisis enzimatis protein biji semangka terhadap aktivitasnya sebagai koagulan alami penjernihan air. Analisis kekeruhan air dengan metode turbidimetri pada koagulan biji semangka dilakukan dalam berbagai variasi perlakuan, yaitu serbuk biji semangka tidak berkecambah (BTB), serbuk biji semangka berkecambah (BB), hidrolisat biji semangka tidak berkecambah (HBTB), dan hidrolisat biji semangka berkecambah (HBB). Hasil penelitian menunjukkan koagulan HBB memiliki daya koagulasi terbaik dengan tingkat penurunan kekeruhan air sebesar (76,62±0,072)%, dibandingkan HBTB, BB, dan BTB dengan tingkat penurunan kekeruhan air masing-masing sebesar (66,57±0,135)%, (60,70±0,214)%, dan (48,08±0,286)%. Hasil ini didukung oleh data analisis parameter kadar protein dan gugus amina bebas yaitu kadar protein terlarut dan kadar  $\alpha$ -amino bebas dari HBB lebih tinggi dibandingkan kadar protein terlarut dan kadar  $\alpha$ -amino bebas dari HBTB, serta kadar protein total dari BB lebih tinggi dibandingkan kadar protein total dari BTB. Peningkatan daya koagulasi berbanding lurus dengan peningkatan jumlah gugus amina bebas dalam protein biji semangka. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan perkecambahan dan hidrolisis enzimatis protein biji semangka dapat meningkatkan daya koagulasi dalam menurunkan kekeruhan air.

**Kata kunci:** *Citrullus lanatus*, Hidrolisis Enzimatis, Kekeruhan, Perkecambahan

**ABSTRACT**

Watermelon seeds (*Citrullus lanatus*) contain proteins with free amine groups that can act as active substances for natural water purification coagulants. This research aims to determine the effect of germination treatment and enzymatic hydrolysis of watermelon seed protein on its activity as a natural coagulant for water purification. Water turbidity analysis using the turbidimetric method on watermelon seed coagulant was conducted using treatment variations of non-germinated watermelon seed powder (BTB), germinated watermelon seed powder (BB), non-germinated watermelon seed hydrolysate (HBTB), and germinated watermelon seed hydrolysate (HBB). The results showed that HBB coagulant had the best coagulation power with a water turbidity reduction rate of (76.62±0.072)%, compared to HBTB, BB, and BTB with water turbidity reduction rates of (66.57±0.135)%, (60.70±0.214)%, and (48.08±0.286)%, respectively. These results were supported by data analysis of protein content parameters and free amine groups, which showed that the content of soluble protein and free  $\alpha$ -amino of HBB was higher than that of HBTB, as well as the total protein content of BB was higher than that of BTB. The higher coagulation power is directly proportional to the increase in the number of free amine groups in watermelon seed protein. Based on the results, it can be concluded that the treatment of germination and enzymatic hydrolysis of watermelon seed protein can increase the coagulation power in reducing water turbidity.

**Keywords:** *Citrullus lanatus*, Enzymatic Hydrolysis, Turbidity, Germination

## PENDAHULUAN

Kekeruhan di dalam air umumnya disebabkan oleh partikel tersuspensi dan koloid yang terkan-dung di dalamnya. Metode yang digunakan untuk mengurangi beban partikel tersuspensi dan koloid dalam air adalah koagulasi-flokulasi. Dalam proses koagulasi, koloid akan didestabilisasi oleh senyawa kimia yang ditambahkan (koagulan) dengan cara netralisasi muatan listrik pada permukaan koloid sehingga dapat bergabung satu sama lain membentuk flok-flok kecil. Selanjutnya terjadi proses flokulasi, dimana terjadi penggabungan flok-flok kecil membentuk flok-flok yang lebih besar yang dapat mengendap sehingga dapat dipisahkan dari badan air.

Koagulan yang umum digunakan untuk penjernihan air adalah  $Al_2(SO_4)_3$  atau tawas yang dapat membentuk muatan positif di dalam air dan akan teradsorpsi dengan mudah terhadap partikel-partikel koloid yang umumnya bermuatan negatif sehingga terjadi netralisasi muatan yang kemudian membentuk gumpalan partikel yang membesar dan mengendap. Namun tawas menghasilkan produksi lumpur yang berlebihan, mengubah pH air, dan menghasilkan residu yang bersifat karsinogenik (Muhammad *et al.*, 2015).

Koagulan berbahan alami dari protein tumbuh-tumbuhan dipilih sebagai alternatif karena ketersediaanya yang melimpah, mudah didegradasi dari lingkungan dan tidak mengubah nilai pH air (Owodunni dan Ismail, 2021). Biji semangka (*Citrullus lanatus*) memiliki potensi sebagai koagulan alami karena mengandung protein yang cukup tinggi sekitar 25-37% (Mahla *et al.*, 2018). Keberadaan gugus amina primer bebas yang bermuatan positif dalam protein biji semangka membantu koagulasi dengan mengadsorpsi dan menetralkan muatan-muatan pada permukaan partikel koloid dalam air sehingga terjadi gaya tarik *van der waals* yang mendorong koloid untuk bergabung membentuk flok. Anggorowati (2021) menemukan serbuk biji semangka mampu menurunkan kekeruhan air hingga 53,85%, lebih rendah dibandingkan serbuk biji pepaya yang dapat menurunkan kekeruhan air hingga 72,31%. Nilai penurunan kekeruhan oleh serbuk biji semangka tentunya masih rendah sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan kapasitas daya koagulasi biji semangka dengan meningkatkan jumlah gugus amina primer bebas yang bertindak sebagai polielektrolit kationik.

Perkecambahan diketahui dapat meningkatkan kadar protein terlarut dan  $\alpha$ -amino bebas secara *in vivo*. Selama proses perkecambahan, protein cadangan pada biji-bijian akan mengalami degradasi oleh protease endogen sehingga membebaskan gugus-gugus amina primer berupa peptida berantai pendek. Produksi gugus amina primer bebas juga dapat ditingkatkan dengan hidrolisis enzimatis menggunakan enzim protease secara *in vitro*. Enzim protease seperti enzim alkalase dapat mengkatalisis hidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi peptida-peptida pendek (Annisa *et al.*, 2017).

Dengan terputusnya ikatan peptida akan membebaskan gugus amina bebas baru, yang sebelumnya masih terikat menjadi bagian dari ikatan peptida dalam protein utuh. Gugus amina bebas baru ini akan dibawa oleh rantai peptida-peptida pendek hasil degradasi protein utuh. Dengan demikian jumlah gugus amina bebas akan meningkat. Peningkatan jumlah gugus amina bebas yang berperan sebagai sisi aktif koagulan akan menghasilkan daya koagulasi yang lebih besar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perlakuan perkecambahan dan hidrolisis enzimatis protein biji semangka dalam meningkatkan aktivasinya sebagai koagulan alami penjernihan air.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan penelitian yang digunakan adalah biji semangka, aquades, *n*-heksan, enzim alkalase, reagen biuret, kasein, reagen ninhidrin, leusin, sampel air keruh, buffer fosfat pH 8, dan tawas.

### Peralatan

Alat-alat penelitian yang digunakan adalah peralatan gelas, blender, ayakan 60 mesh, desikator, hotplate stirrer, waterbath shaker, stopwatch, spektrofotometer UV-Vis, pengaduk magnetic, seperangkat alat jar test, turbidimeter, dan pH-meter.

### Cara Kerja

#### Pembuatan Biji Semangka Berkecambah

Sebanyak 70 g biji semangka dicuci dengan air bersih. Setengah dari jumlah total biji semangka direndam dengan air hangat (suhu 50°C) selama 12 jam lalu dikecambahkan selama 72 jam dalam box pada suhu ruang dan disemprot

dengan aquades setiap 12 jam untuk menjaga kelembaban. Setelah 72 jam, proses perkecambahan dihentikan dengan menyimpan biji semangka berkecambah di dalam *freezer* dengan suhu  $-30^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.

### Preparasi Serbuk Sampel

Biji semangka tidak berkecambah dan biji semangka berkecambah dioven selama 24 jam pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  lalu dihaluskan menjadi serbuk. Selanjutnya diayak dengan ayakan 60 *mesh* dan diukur masing-masing kadar airnya. Masing-masing serbuk kemudian dimaserasi dengan 125 mL *n*-heksan selama 3 hari untuk menghasilkan serbuk bebas lemak. Serbuk hasil maserasi selanjutnya dioven pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam kemudian ditentukan masing-masing kadar protein totalnya.

### Hidrolisis Protein Biji Semangka dengan Enzim Alkalase

Masing-masing sebanyak 4,5 g serbuk biji semangka tidak berkecambah, bebas lemak dan serbuk biji semangka berkecambah bebas lemak dilarutkan dalam 100 mL larutan buffer fosfat pH 8 sehingga terbentuk larutan substrat protein 4,5%. Kemudian dibuat larutan stok enzim alkalase 2,5% dengan melarutkan 2,5 g enzim alkalase dalam 100 mL larutan buffer fosfat pH 8. Setelah itu dilakukan pencampuran antara larutan substrat protein, larutan stok enzim, dan larutan buffer fosfat pH 8 dengan rasio 7% (b/b) yakni 35 mL larutan substrat ditambahkan 4,4 mL larutan enzim dan 5,6 mL buffer fosfat. Selanjutnya dilakukan proses inkubasi selama 6 jam pada *waterbath shaker* dengan suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , dilanjutkan proses inaktivasi enzim dengan pemanasan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit. Masing-masing hidrolisat ditampung dalam tabung *centrifuge* dan disimpan dalam *freezer* pada suhu  $-30^{\circ}\text{C}$ .

### Penentuan Kadar Protein Terlarut dan Kadar $\alpha$ -Amino Bebas Sampel Hidrolisat Protein

Sebanyak 0,3 mL masing-masing sampel hidrolisat protein ditambahkan 1,2 mL reagen biuret hingga larutan berwarna ungu, kemudian absorbansinya dibaca dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 540 nm. Kadar protein terlarut dari masing-masing sampel ditentukan dengan mensubstitusi nilai absorbansi ke dalam persamaan regresi linear dari kurva standar kasein yang telah dibuat sebelumnya.

Selanjutnya 1 mL masing-masing sampel hidrolisat protein ditambahkan 0,6 mL reagen ninhidrin dan dipanaskan dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 3 menit hingga terbentuk warna ungu, kemudian absorbansinya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 570 nm. Kadar  $\alpha$ -amino bebas dalam masing-masing sampel ditentukan dengan mensubstitusi nilai absorbansi sampel dalam persamaan regresi linear dari kurva standar leusin yang telah dibuat sebelumnya.

### Uji Daya Koagulasi Penjernihan Air

Sampel air keruh yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari aliran sungai Tukad Badung yang telah diukur kekeruhan (NTU) awalnya. Uji daya koagulasi penjernihan air dilakukan pada 4 perlakuan yang berbeda, yaitu serbuk biji semangka tidak berkecambah (BTB), serbuk biji semangka berkecambah (BB), hidrolisat protein biji semangka tidak berkecambah (HBTB), dan hidrolisat protein biji semangka berkecambah (HBB). Masing-masing perlakuan dibuat larutan koagulan 5% dengan melarutkan sebanyak 5 g sampel dalam 100 mL aquades lalu diaduk dengan pengaduk *magnetic* selama 30 menit. Disiapkan 4 gelas beaker 1000 mL yang diisi sebanyak 500 mL sampel air keruh, kemudian ditambahkan dengan masing-masing larutan 5% (b/v) sebanyak 15 mL, lalu diukur pH-nya, pH diatur dalam kisaran 6-8 dengan penambahan buffer fosfat pH 8. Kemudian dilakukan pengadukan pengadukan cepat 120 rpm selama 3 menit, dilanjutkan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit, lalu didiamkan selama 1 jam untuk mengendapkan flok. Selanjutnya masing-masing sampel air diuji kekeruhan (NTU) akhirnya. Persentase penurunan kekeruhan dapat dihitung melalui persamaan 1.

Setelah itu, nilai pH akhir sampel air setelah ditambahkan koagulan juga diukur untuk dibandingkan dengan pH awal saat ditambahkan koagulan. Uji daya koagulasi dilakukan juga pada sampel air yang ditambahkan tawas 5% sebagai koagulan kimia pembanding penurunan kekeruhan pada sampel air. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan analisis varian (ANOVA) dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*, dengan nilai diterima sebagai berbeda secara nyata pada taraf signifikansi 5%.

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{kekeruhan awal} - \text{kekeruhan akhir}}{\text{kekeruhan awal}} \times 100\% \quad (1)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi Serbuk Sampel

Pada pembuatan serbuk sampel dihasilkan serbuk biji semangka tidak berkecambah yang terlihat lebih gelap dibandingkan serbuk biji semangka berkecambah. Hal ini kemungkinan disebabkan pada saat perkecambahan terjadi pemecahan makromolekul menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan berat molekul kecil sehingga partikel menjadi lebih ringan dan volume pada rongga partikel menjadi lebih besar. Bahan dengan volume yang lebih besar dan kerapatan yang rendah akan lebih mudah ditembus oleh cahaya sehingga memiliki warna yang lebih cerah.

### Pengukuran Kadar Air Serbuk Sampel

Hasil pengukuran kadar air dari serbuk biji semangka tidak berkecambah (BTB) dan serbuk biji semangka berkecambah (BB) disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Kadar Air Serbuk Sampel

Sampel Serbuk	Kadar Air
Biji Semangka Tidak Berkecambah (BTB)	6,67%
Biji Semangka Berkecambah (BB)	6,27%

Pada Tabel 1 ditunjukkan kadar air serbuk biji semangka berkecambah lebih rendah dibandingkan kadar air serbuk biji semangka tidak berkecambah. Rendahnya nilai kadar air pada biji yang berkecambah kemungkinan dikarenakan struktur di dalam biji yang menjadi lebih renggang akibat membengkaknya biji saat proses imbibisi. Sehingga saat dikeringkan air yang terdapat di dalam biji akan lebih mudah keluar. Hasil kadar air yang didapatkan dalam penelitian ini masih dinyatakan sesuai dengan standar yang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional Indonesia yang menyatakan bahwa kadar air maksimal dari suatu bahan kering yaitu 10%.

### Preparasi Serbuk Sampel Bebas Lemak

Persentase kandungan lemak yang berhasil dihilangkan dari proses maserasi menggunakan *n*-

heksan terhadap serbuk biji semangka tidak berkecambah dan serbuk biji semangka berkecambah disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Persentase Kandungan Lemak yang Dihilangkan dari Serbuk Sampel

Sampel Serbuk	Persentase Lemak yang Dihilangkan
Biji Semangka Tidak Berkecambah (BTB)	35,37%
Biji Semangka Berkecambah (BB)	28,69%

Pada Tabel 2 terlihat bahwa persentase kandungan lemak serbuk biji semangka berkecambah lebih rendah dibandingkan kadar lemak serbuk biji semangka tidak berkecambah. Hal ini dikarenakan lemak digunakan sebagai salah satu sumber energi utama selama masa perkecambahan, sehingga kadar lemak akan menurun seiring lamanya waktu perkecambahan (Dewi *et al.*, 2018). Pelarut *n*-heksan yang bersifat nonpolar akan menarik senyawa-senyawa nonpolar dalam sampel seperti lemak sehingga didapatkan residu yang kaya akan protein (Yunita *et al.*, 2017). Protein sendiri merupakan senyawa yang bersifat polar sehingga tidak akan dapat ditarik oleh pelarut *n*-heksan. Kandungan lemak dalam sampel perlu dihilangkan karena dapat mengurangi kontak substrat protein dan enzim protease selama proses hidrolisis enzimatis sehingga menurunkan efisiensi hidrolisis. Selain itu, kandungan lemak yang tinggi dapat menyebabkan munculnya lapisan film di permukaan serbuk yang dapat membatasi interaksi di permukaan sehingga menurunkan daya koagulasinya (Choi *et al.*, 2017).

### Penentuan Kadar Protein Total Serbuk Sampel

Hasil penentuan kadar protein total dari serbuk biji semangka tidak berkecambah dan serbuk biji semangka berkecambah disajikan dalam Tabel 3.

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa kadar protein total serbuk biji semangka berkecambah lebih tinggi dibandingkan kadar protein total serbuk biji semangka yang tidak berkecambah. Ferdiawan *et al.* (2019) menemukan bahwa perkecambahan pada biji-bijian dapat

meningkatkan kandungan proteinnya. Peningkatan ini kemungkinan disebabkan terjadinya sintesis protein selama perkecambahan. Protein cadangan biji-bijian yang semula memiliki berat molekul besar akan mengalami degradasi oleh protease endogen menghasilkan protein-protein baru dengan rantai polipeptida yang lebih pendek. Proses degradasi protein cadangan ini terjadi akibat aktivitas dari enzim protease endogen yang mengalami aktivasi kembali akibat terjadinya kontak dengan molekul air setelah biji mengalami tahap imbibisi.

**Tabel 3.** Hasil Penentuan Kadar Protein Total dari Serbuk Sampel

Sampel	Kadar N total	Kadar Protein Total
Biji Semangka Tidak Berkecambah (BTB)	4,27%	26,69%
Biji Semangka Berkecambah (BB)	4,70%	29,38%

### Hidrolisis Protein Biji Semangka dengan Enzim Alkalase

Hidrolisis protein merupakan produk hasil dari hidrolisis parsial protein secara enzimatis yang mengandung berbagai polipeptida berantai pendek. Enzim protease seperti enzim alkalase yang digunakan dalam penelitian ini akan memotong ikatan peptida (ikatan penghubung antar asam amino) dalam protein biji, sehingga menghasilkan rantai polipeptida dengan berat molekul lebih kecil. Semakin pendek ukuran peptida yang dihasilkan, maka berat molekulnya semakin rendah dan akan meningkatkan kelarutannya. Tak hanya menurunnya berat molekul protein, hidrolisis ikatan peptida dapat meningkatkan jumlah gugus terionisasi, dalam hal ini khususnya gugus  $\alpha$ -amino bebas yang sebelumnya terikat dalam ikatan peptida (Wouters *et al.*, 2016).

### Penentuan Kadar Protein Terlarut dan Kadar $\alpha$ -Amino Bebas dari Sampel Hidrolisis Protein

Hasil penentuan kadar protein terlarut dari hidrolisis protein biji semangka tidak berkecambah dan hidrolisis protein biji semangka berkecambah disajikan dalam Tabel 4.

Pada Tabel 4 dapat dilihat kadar protein terlarut hidrolisis protein biji semangka berkecambah (HBB) lebih tinggi dibandingkan kadar protein terlarut hidrolisis protein biji

semangka yang tidak berkecambah (HBTB). Hal ini kemungkinan disebabkan karena sebelum dihidrolisis secara enzimatis, protein cadangan dalam serbuk biji semangka tidak berkecambah (BTB) masih berupa makromolekul besar yang bersifat tidak larut, sedangkan dalam serbuk biji semangka berkecambah (BB) protein cadangan tersebut sudah terurai sebagian besar menjadi polipeptida-polipeptida berantai pendek yang berat molekulnya lebih rendah (yang lebih mudah larut dalam air). Sehingga ketika dilakukan proses hidrolisis secara enzimatis akan dihasilkan polipeptida-polipeptida dengan rantai yang lebih pendek lagi yang semakin meningkatkan kelarutannya (Rahayu, 2022). Akibatnya kadar protein terlarutnya menunjukkan peningkatan secara signifikan.

**Tabel 4.** Kadar Protein Terlarut dari Sampel Hidrolisis Protein

Sampel Hidrolisis Protein	Kadar Protein Terlarut
Biji Semangka Tidak Berkecambah (HBTB)	4,1848 mg/mL
Biji Semangka Berkecambah (HBB)	5,3186 mg/mL

Hasil penentuan kadar  $\alpha$ -amino bebas dari hidrolisis protein biji semangka tidak berkecambah dan hidrolisis protein biji semangka berkecambah disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Kadar  $\alpha$ -amino bebas dari sampel hidrolisis protein

Sampel Hidrolisis Protein	Kadar $\alpha$ -Amino Bebas
Biji Semangka Tidak Berkecambah (HBTB)	1,6152 mg/mL
Biji Semangka Berkecambah (HBB)	3,2704 mg/mL

Pada Tabel 5 ditunjukkan bahwa kadar  $\alpha$ -amino bebas hidrolisis protein biji semangka berkecambah lebih tinggi dibandingkan kadar  $\alpha$ -amino bebas hidrolisis protein biji semangka yang tidak berkecambah. Hal ini kemungkinan disebabkan karena saat proses perkecambahan telah terjadi pendegradasian protein cadangan menjadi berbagai polipeptida pendek (oleh enzim protease endogen) yang dapat meningkatkan jumlah gugus  $\alpha$ -amino bebasnya. Ketika dilanjutkan dengan proses hidrolisis protein

secara enzimatis oleh enzim alkalase, polipeptida pendek pada biji semangka berkecambah tersebut akan terdegradasi lebih lanjut lagi yang membebaskan lebih banyak gugus  $\alpha$ -amino bebas, sehingga jumlah atau kadar  $\alpha$ -amino bebasnya akan meningkat secara signifikan (Restiani, 2016).

### Uji Daya Koagulasi Penjernihan Air

Kandungan protein dalam biji semangka mampu berperan sebagai polielektrolit alami. Menurut Anggorowati (2021) gugus  $-\text{NH}_2$  yang terkandung di dalam biji semangka akan terionisasi menjadi  $-\text{NH}_3^+$  yang dapat mengikat partikel koloid yang bermuatan negatif sehingga mengalami destabilisasi dan membentuk partikel yang berukuran besar dan pada akhirnya mengendap. Hasil uji daya koagulasi koagulan alami biji semangka dengan berbagai variasi perlakuan disajikan dalam Tabel 6.

Hasil analisis varian (ANOVA) menghasilkan signifikansi hasil uji (sig.) < taraf signifikansi ( $0,00 < 0,05$ ), artinya terdapat perbedaan hasil daya koagulasi antara perlakuan biji semangka. Perbandingan daya koagulasi dari masing-masing koagulan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa daya koagulasi yang paling tinggi dihasilkan oleh perlakuan hidrolisat biji semangka berkecambah (HBB) dengan tingkat penurunan kekeruhan air sebesar ( $76,62 \pm 0,072$ )%. Daya koagulasi mengalami peningkatan pada variasi perlakuan biji semangka. Biji semangka yang tidak berkecambah (BTB) menghasilkan daya koagulasi terendah kemungkinan dikarenakan protein yang terkandung di dalamnya masih berupa protein dengan berat molekul yang besar dan asam-asam amino penyusun protein tersebut masih terikat satu sama lain, sehingga gugus  $-\text{NH}_2$  dari setiap asam amino tidak dalam keadaan bebas dan hanya sedikit gugus  $-\text{NH}_2$  yang terionisasi menjadi gugus  $-\text{NH}_3^+$  sebagai sisi aktif koagulan. Selanjutnya daya koagulasi meningkat pada biji semangka berkecambah (BB) dikarenakan kadar protein meningkat pada saat proses perkecambahan. Hal ini didukung oleh data pengukuran kadar protein total pada penelitian ini yang disajikan dalam Tabel 3. dimana dihasilkan kadar protein total biji semangka berkecambah (BB) lebih tinggi dibandingkan kadar protein total biji semangka yang tidak berkecambah (BTB).

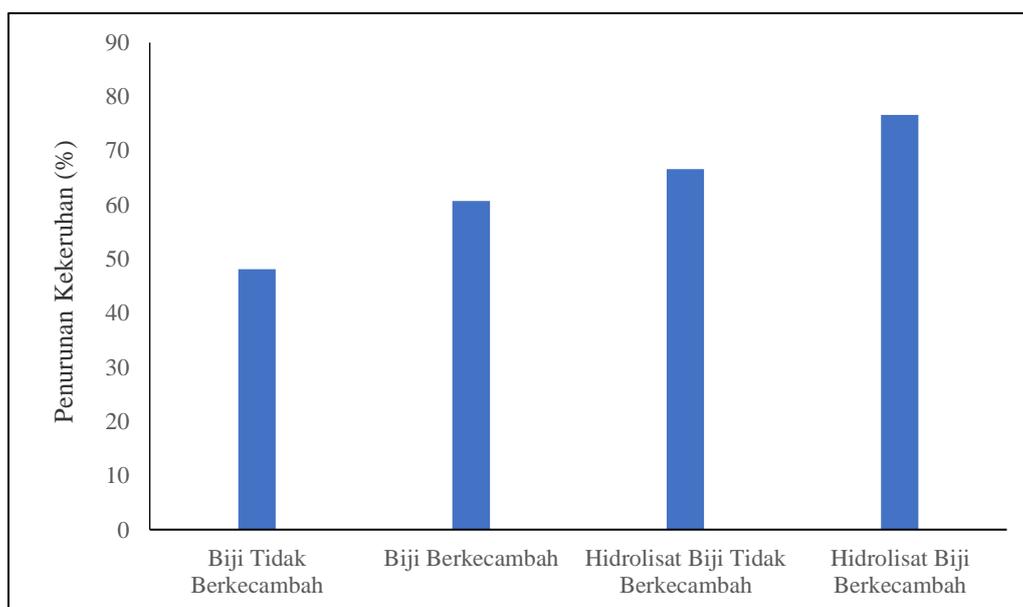
Pada perlakuan berikutnya terjadi peningkatan daya koagulasi pada hidrolisat biji

semangka tidak berkecambah (HBTB). Selama proses hidrolisis terjadi peningkatan kadar protein terlarut dan pembebasan gugus amina yang lebih banyak akibat terputusnya ikatan peptida sehingga sisi aktif koagulan (gugus  $\text{NH}_2$ ) bertambah yang dapat meningkatkan daya koagulasinya. Selanjutnya daya koagulasi terus meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada perlakuan hidrolisat biji semangka berkecambah (HBB).

Pada biji semangka yang dikecambahkan telah terjadi pemecahan protein menjadi peptida-peptida berantai pendek oleh protease endogen yang aktif selama perkecambahan. Sehingga ketika dilanjutkan proses hidrolisis secara enzimatis akan dihasilkan peptida-peptida dengan rantai yang lebih pendek yang menyebabkan jumlah gugus  $\text{NH}_2$  bebas yang terkandung akan semakin banyak. Hal ini didukung oleh data pengukuran kadar protein terlarut pada penelitian ini yang disajikan dalam Tabel 4 dan kadar  $\alpha$ -amino bebas pada penelitian ini yang disajikan dalam Tabel 5 dimana dihasilkan kadar protein terlarut dan kadar  $\alpha$ -amino bebas hidrolisat protein biji semangka berkecambah (HBB) lebih tinggi dibandingkan kadar protein terlarut dan kadar  $\alpha$ -amino bebas hidrolisat protein biji semangka yang tidak berkecambah (HBTB). Dengan meningkatnya jumlah gugus amina primer bebas, koloid yang terdestabilisasi juga akan meningkat sehingga lebih banyak koloid yang dapat disisihkan dari badan air.

Pada penelitian ini, pengukuran penurunan kekeruhan air juga dilakukan pada koagulan kimia, yaitu tawas yang digunakan sebagai pembanding dengan koagulan alami biji semangka. Hasil uji daya koagulasi koagulan kimia tawas disajikan dalam Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 ditunjukkan bahwa tawas sangat efektif dalam menurunkan kekeruhan air (daya koagulasi mencapai 98,84%, jika dibandingkan dengan daya koagulasi dari koagulan alami biji semangka pada Tabel 6 yang berada pada kisaran 48,08% - 76,82%). Tawas sangat mudah larut dalam air dan menghasilkan banyak elektrolit yang mampu mengikat koloid dengan kuat, hal ini dikarenakan tawas menghasilkan valensi yang besar dengan partikel koloid sehingga agregasi daripada flok dapat terjadi dengan mudah. Semakin besar valensi koagulasi, efektivitas gaya koagulan semakin besar (Nasriyanti, 2020 dan Aragaw *et al.*, 2023).



**Gambar 1.** Perbandingan Daya Koagulasi dari Koagulan Biji Semangka dengan Variasi Perlakuan

**Tabel 6.** Hasil Daya Koagulasi Koagulan Biji Semangka Pada Berbagai Variasi Perlakuan

Perlakuan	NTU Awal	NTU Akhir			Penurunan Kekeruhan (%)			Daya Koagulasi Penurunan Kekeruhan
		1	2	3	1	2	3	
BTB	7,21	3,72	3,75	3,76	48,40	47,99	47,85	(48,08 ± 0,286)%
BB	7,21	2,83	2,82	2,85	60,75	60,89	60,47	(60,70 ± 0,214)%
HBTB	7,21	2,4	2,42	2,41	66,71	66,44	66,57	(66,57 ± 0,135)%
HBB	7,21	1,69	1,68	1,69	76,56	76,70	76,56	(76,62 ± 0,072)%

Keterangan: BTB : Biji Tidak Berkecambah      HBTB : Hidrolisat Biji Tidak Berkecambah  
 BB : Biji Berkecambah                              HBB : Hidrolisat Biji Berkecambah

**Tabel 7.** Hasil Daya Koagulasi Koagulan Kimia Tawas

NTU Awal	NTU Akhir			Penurunan Kekeruhan (%)			Daya Koagulasi Penurunan Kekeruhan
	1	2	3	1	2	3	
7,21	0,08	0,08	0,09	98,89	98,89	98,75	(98,84 ± 0,080)%

**Tabel 8.** Perbandingan Perubahan pH Masing-masing Koagulan

	BTB	BB	HBTB	HBB	Tawas
pH Awal	7,7	7,8	7,9	7,8	7,7
pH Akhir	7,4	7,5	7,6	7,5	5,4

Parameter lain yang dianalisis dalam penelitian ini adalah perubahan pH air yang terjadi setelah ditambahkan dengan masing-masing jenis sampel koagulan. Hasil pengukuran pH air setelah ditambahkan masing-masing koagulan disajikan dalam Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa penambahan koagulan alami biji semangka tidak menunjukkan perubahan pH yang signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Owodunni dan Ismail (2021) bahwa kelebihan koagulan alami adalah tidak mengubah nilai pH air. Sedangkan penambahan koagulan tawas menunjukkan perubahan pH yang cukup signifikan, hal ini membuktikan bahwa koagulan kimia seperti tawas dapat mempengaruhi nilai pH air karena menghasilkan residu dalam air yang mengurangi alkalinitasnya sehingga pH air akan turun (Misau dan Yusuf, 2016).

## SIMPULAN

Dalam penelitian ini diperoleh perlakuan yang mampu menghasilkan daya koagulasi tertinggi dalam penjernihan air adalah hidrolisis protein biji semangka berkecambah (HBB) dengan tingkat penurunan kekeruhan air sebesar  $(76,62 \pm 0,072)\%$ . Hal ini membuktikan perlakuan perkecambahan dan hidrolisis enzimatis protein biji semangka dapat meningkatkan daya koagulasinya dalam menurunkan kekeruhan air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggorowati, A. A. 2021. Serbuk Biji Buah Semangka dan Pepaya sebagai Koagulan Alami dalam Penjernihan Air. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 8(1): 18-23
- Annisa, S., Darmanto, Y. S., dan Amalia, U. 2017. Pengaruh Perbedaan Spesies Ikan terhadap Hidrolisis Protein Ikan dengan Penambahan Enzim Papain. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 13(1): 24-30
- Aragaw, T. A. dan Bogale, F. M. 2023. Review article: Role of coagulation/flocculation as a pretreatment option to reduce colloidal/bio-colloidal fouling in tertiary filtration of textile wastewater: A review and future outlooks. *Front. Environ. Sci*. 11: 1-16
- Choi, B. D., Wong, N. A. K., dan Auh, J. H. 2017. Defatting and Sonication Enhances Protein Extraction from Edible Insects. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour*. 36(7): 955-961
- Dewi, S. P., Ekawati, A., dan Pratiwi, K. 2018. Pengaruh Lama Perkecambahan Millet (*Panicum milliaceum*) terhadap Karakteristik Flakes. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 7(4): 175-183
- Ferdiawan, N., Nurwantoro., dan Dwiloka, B. 2019. Pengaruh Lama Waktu Germinasi terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tepung Kacang Tolo (*Vigna unguiculata L.*). *Jurnal Teknologi Pangan*. 3(2): 349-354
- Mahla, H. R., Rathore, S. S., Venkatesan, K., dan Sharma, R. 2018. Analysis of Fatty Acid Methyl Esters and Oxidative Stability of Seed Purpose Watermelon (*Citrullus lanatus*) Genotypes for Edible Oil. *Journal of Food Sciences and Technology*. 55(4): 1552-1561
- Misau, I. M., dan Yusuf, A. W. A. K. 2016. Karakterisasi Biji Semangka yang Digunakan sebagai Koagulan Pengolahan Air. *Jurnal Studi Lanjut dalam Ilmu Pertanian, Biologi, dan Lingkungan*. 3(2): 22-29
- Muhammad, I. M., Abdulsalam, S., Abdulkarim, A., dan Bello, A. A. 2015. Watermelon Seed as a Potential Coagulant for Water Treatment. *Global Journal of Researches in Engineering: C Chemical Engineering*. 15(1): 17-24
- Nasriyanti, D. 2020. Aktivitas Koagulasi Ekstrak NaCl Biji Lamtoro (*Leucaena leicophala*) dan Biji Turi (*Sesbania grandiflora*) dalam Pengolahan Air Sungai Selokan Mataram. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Owodunni, A. A., dan Ismail, S. 2021. Revolutionary Technique for Sustainable Plant-based Green Coagulants in Industrial Wastewater Treatment. *Journal of Water Process Engineering*. 42(2): 1-21
- Rahayu, M. R. D. 2022. Variasi Rasio Enzim-Substrat dalam Pembuatan Hidrolisis Protein dari Konsentrat Protein Kecambah Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) dengan Enzim Papain. *Skripsi*. Universitas Udayana. Denpasar
- Restiani, R. 2016. Hidrolisis secara Enzimatis Protein Bungkil Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Menggunakan Bromelin. *Jurnal Biota*. 1(3): 103-110

- Wouters, A. G. B., Rombouts, L., Flerens, E., Brijs, K., dan Delcour, J. A. 2016. Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15(4): 786-800
- Yunita., Laksmiwati, A. A. I. A. M., dan Ariati, N. K. 2017. Pengaruh Ekstraksi terhadap Efektivitas Serbuk Biji Semangka (*Cucurbitaceae*) dan Serbuk Biji Asem (*Fabaceae*) sebagai Koagulan Alami Pengganti Tawas. *Jurnal Kimia*. 11(1): 88-94