

Potensi Hidrolisat Protein Susu Kambing sebagai Sumber Peptida Bioaktif dengan Efek Antihipertensi

Ajriani Dainita Pajrin¹, Galang Prasaja Pambudi², Mugi Tyas Mandira³,

Nawang Wulan⁴, Tanti Pebrianti⁵, Distya Riski Hapsari⁶

¹Ajriani Dainita Pajrin, E-mail: ajrianidainitapajrin94@gmail.com ²Galang Prasaja Pambudi, E-mail: b.2210332@unida.ac.id, ³Mugi Tyas Mandira, E-mail: mugimandira@gmail.com, ⁴Nawang Wulan, E-mail: b.2210480@gmail.com, ⁵Tanti Pebrianti, E-mail: b.2210120@unida.ac.id, ⁶Distya Riski Hapsari, E-mail: distya.rizki@unida.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi hidrolisat protein susu kambing, terutama fraksi kasein β , sebagai sumber peptida bioaktif dengan sifat antihipertensi. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan enzim protease bromelin untuk menghasilkan peptida bermassa molekul rendah dengan bioavailabilitas tinggi. Derajat hidrolisis diukur untuk mengevaluasi efektivitas proses. Analisis *in silico* dan molecular docking digunakan untuk mengidentifikasi peptida bioaktif dengan daya inhibisi ACE (angiotensin-converting enzyme) yang lebih kuat dibandingkan lisinopril, inhibitor ACE komersial. Hasil menunjukkan bahwa hidrolisat protein susu kambing memiliki potensi sebagai solusi alami dan aman untuk pencegahan serta pengobatan hipertensi. Penelitian ini juga memberikan kontribusi pada pengembangan pangan fungsional berbasis susu kambing dengan menekankan pentingnya kontrol kualitas dalam penggunaannya.

Kata Kunci: Hidrolisat protein, kasein β , antihipertensi, peptida bioaktif, susu kambing.

PENDAHULUAN

Saat ini hipertensi menjadi perhatian serius di Tingkat global. Menurut World Health Organization (WHO), jumlah penderita tekanan darah tinggi diprediksi akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi. Pada tahun 2025, diperkirakan sekitar 29% atau 1,6 miliar orang di dunia akan mengalami hipertensi. Penyakit ini sering dijuluki sebagai "silent killer" karena tidak menunjukkan gejala dalam jangka waktu lama, bahkan hingga 10–20 tahun, sehingga sering terlambat terdeteksi. Hipertensi terjadi ketika tekanan darah sistolik melebihi 140 mmHg dan diastolik lebih dari 90 mmHg. Kondisi ini berisiko menyebabkan komplikasi serius pada organ penting seperti jantung, ginjal, otak, atau mata, yang dapat

mengakibatkan penurunan fungsi organ, memperpendek harapan hidup, atau bahkan kematian (Fakhriyah, 2021).

Pangan fungsional adalah jenis makanan yang mengandung satu atau lebih komponen fungsional dengan manfaat fisiologis tertentu yang telah terbukti bermanfaat bagi kesehatan. Pangan fungsional ini juga dikenal sebagai nutrasetikal, yaitu nutrisi yang berperan dalam menjaga kesehatan serta mencegah munculnya penyakit. Pangan fungsional mengandung senyawa bioaktif yang memiliki manfaat fisiologis dan medis. Manfaatnya untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan janin pada tahap awal, menjaga kesehatan tubuh, mengurangi risiko obesitas, serta mencegah penyakit kronis (Suciati, 2021).

Susu adalah cairan yang dihasilkan oleh mamalia untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tubuh, yang mengandung berbagai komponen seperti karbohidrat (laktosa), protein, lemak, vitamin, dan mineral. Komposisi susu bervariasi antar spesies hewan, tergantung pada jenis hewan tersebut. Susu kambing, misalnya, memiliki kandungan protein total yang tinggi, sekitar 3,4%. Beberapa orang mulai mengonsumsi susu kambing karena diyakini dapat membantu mengobati berbagai penyakit, seperti asma, TBC, alergi, dan kanker. Selain memberikan nutrisi yang dibutuhkan tubuh, protein dalam susu juga memiliki manfaat lain, salah satunya adalah menurunkan tekanan darah.

Protein dalam susu kambing terdiri dari kasein (CN) dan protein whey, yang mengandung imunoglobulin, laktoferin, serta berbagai peptida bioaktif. Kasein sendiri terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu kasein α_1 , β , α_2 , dan k, yang masing-masing memiliki sifat fisik dan kimia yang unik. Kasein β , yang menyumbang sekitar 30% dari total protein susu atau 48% dari total kasein, adalah fraksi kasein yang paling banyak dan diketahui mengandung peptida bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Sinthary, 2023).

Secara umum, protein memiliki nilai gizi yang tinggi dan beragam fungsi penting bagi tubuh. Namun, karena berat molekulnya yang besar, tubuh sering

kesulitan untuk menyerap protein secara sempurna, yang bisa menyebabkan reaksi alergi. Untuk itu, protein perlu dimodifikasi melalui proses hidrolisis, yang memecahnya menjadi fragmen dengan berat molekul lebih rendah, yaitu peptida. Proses ini dapat meningkatkan fungsi biologis, kelarutan, dan bioavailabilitas protein. Ada beberapa cara untuk mendapatkan peptida bioaktif dari susu, antara lain melalui fermentasi, hidrolisis oleh sistem pencernaan, dan hidrolisis menggunakan enzim proteolitik. Hidrolisis enzimatis adalah metode yang paling umum digunakan saat ini untuk menghasilkan produk hidrolisis protein dan peptida. Protease, yaitu enzim yang banyak digunakan dalam industri makanan, berfungsi untuk memecah ikatan peptida dalam molekul protein, sehingga menghasilkan peptida dengan berat molekul lebih rendah yang lebih mudah diserap oleh tubuh. (Sinthary, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi susu kambing, khususnya fraksi kasein β yang kaya akan peptida bioaktif, dalam mengurangi hipertensi dengan mengacu pada metode-metode yang telah terbukti dalam studi literatur. Dengan menggunakan enzim protease, diharapkan dapat menghasilkan fragmen peptida dengan berat molekul rendah yang memiliki sifat antihipertensi, meningkatkan bioavailabilitas, dan memberikan manfaat fisiologis yang dapat mendukung pengelolaan tekanan darah tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pangan fungsional berbasis susu kambing yang dapat berperan dalam pencegahan dan pengobatan hipertensi, serta meningkatkan kualitas hidup penderita penyakit ini

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yaitu pendekatan yang melibatkan pengumpulan data dari berbagai sumber pustaka, membaca dan mencatat informasi, serta mengelola data penelitian dengan cara yang objektif, terstruktur, analitis, dan kritis. Meskipun metode ini berbeda dari penelitian lapangan, persiapannya tetap mengikuti tahapan yang sama, hanya saja sumber data utamanya

berasal dari literatur, seperti artikel hasil penelitian yang relevan dengan variabel dalam kajian ini. Proses studi literatur meliputi pengumpulan data dari berbagai referensi, membaca secara cermat, mencatat poin-poin penting, dan mengolah informasi tersebut menjadi bahan analisis. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan yang mendalam dan terfokus untuk memastikan hasil yang diperoleh tetap objektif dan dapat dipertanggungjawabkan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, situs web, dan referensi lain yang relevan dengan topik penelitian. Untuk menganalisis data, digunakan metode analisis isi (content analysis). Proses analisis dimulai dengan mengidentifikasi penelitian yang paling relevan, cukup relevan, dan yang kurang relevan. Selanjutnya, penelitian-penelitian tersebut diurutkan berdasarkan tahun publikasinya, mulai dari yang terbaru hingga yang lebih lama. Peneliti kemudian membaca abstrak setiap penelitian untuk menentukan apakah topiknya sesuai dengan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini. Bagian-bagian yang penting dan relevan dicatat dan digunakan sebagai dasar dalam analisis (Aditya Putri et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susu Kambing Sebagai Sumber Pangan Fungsional

Susu sudah lama menjadi bagian dari pola makan masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi dan manfaat kesehatannya. Di Indonesia, susu kambing sering dikonsumsi dalam bentuk segar. Secara umum, susu mengandung nutrisi penting seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin. Kadar protein dalam susu kambing (12,2%) hampir setara dengan susu sapi (12,3%), sehingga susu kambing bisa menjadi pilihan alternatif, terutama bagi mereka yang mengalami intoleransi terhadap susu sapi. Protein dalam susu terdiri dari 80% kasein dan 20% whey. Kasein dalam susu kambing sendiri terdiri dari beberapa jenis, yaitu α -kasein, β -kasein, dan κ -kasein. (Setyawardani Triana, 2017). Dibandingkan dengan

susu sapi, susu kambing memiliki keunggulan, terutama bagi individu yang mengalami intoleransi laktosa atau alergi protein susu sapi. Protein dalam susu kambing memiliki struktur yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna. Lemaknya yang kaya akan asam lemak rantai pendek dan menengah juga lebih mudah diserap tubuh. Selain itu, komposisi asam amino esensial dalam susu kambing membuatnya lebih efektif dalam menghasilkan peptida bioaktif berkualitas tinggi.

Perubahan urutan asam amino yang terjadi akibat polimorfisme dapat menghasilkan variasi dalam fragmen peptida yang terbentuk, yang berpotensi menjadi peptida bioaktif dengan berbagai manfaat. Peptida yang berasal dari kasein susu kambing diketahui memiliki kemampuan untuk menghambat enzim pengonversi angiotensin (ACE), yang berperan dalam meningkatkan tekanan darah dan merupakan salah satu penyebab hipertensi. Di Indonesia, hipertensi menyumbang sekitar 6,8% dari kematian akibat penyakit tidak menular. Peptida penghambat ACE ini dapat terbentuk melalui proses pemecahan protein oleh enzim pencernaan yang ada di lambung dan usus halus, seperti pepsin, tripsin, dan kimotripsin (Hermanto, 2016). Peptida ini bekerja dengan cara menghambat enzim ACE, yang mengurangi konversi angiotensin I menjadi angiotensin II—senyawa yang menyebabkan penyempitan pembuluh darah dan peningkatan tekanan darah. Selain itu, peptida bioaktif ini juga dapat meningkatkan kadar oksida nitrat (NO) dalam darah, yang membantu melebarkan pembuluh darah dan menurunkan tekanan darah.

Peptida Bioaktif dan Mekanisme Antihipertensi

Peptida bioaktif adalah molekul yang terdiri dari 2 hingga 20 urutan asam amino spesifik dengan fungsi fisiologis yang bermanfaat bagi tubuh. Peptida ini merupakan fragmen protein dengan aktivitas biologis tertentu yang dapat berinteraksi dengan reseptor atau enzim di dalam tubuh untuk menghasilkan efek kesehatan. Peptida bioaktif umumnya dihasilkan dari protein dalam makanan melalui proses pencernaan alami atau hidrolisis enzimatik. Berbagai penelitian

menunjukkan bahwa peptida bioaktif memiliki beragam fungsi, seperti penghambat tirosinase, antiinflamasi, antioksidan, antikanker, antidiabetes, antimikroba, antitrombotik, dan antihipertensi (Hidayati et al., 2019) Peptida bioaktif juga memiliki karakteristik unik berupa ukuran molekul yang kecil, dengan panjang maksimal 20 asam amino, sehingga mudah diserap dalam saluran pencernaan dan mampu melintasi membran sel. Aktivitas yang dimiliki peptida ini sangat menguntungkan, seperti mengurangi peradangan, menghambat aktivitas enzim tertentu, atau memengaruhi metabolisme tubuh secara positif (Wahjuningsih et al., 2023).

Protein dalam susu kambing terdiri dari kasein dan protein whey, yang di dalamnya terdapat imunoglobulin, laktoferin, serta berbagai fraksi peptida. Salah satu komponen penting adalah peptida bioaktif, yaitu fraksi peptida dengan aktivitas biologis yang memberikan manfaat positif bagi fungsi tubuh, sehingga berkontribusi pada kesehatan secara keseluruhan. Kandungan protein yang tinggi dalam susu kambing membuatnya berpotensi menjadi sumber peptida bioaktif yang bermanfaat. Salah satu aktivitas biologis utama dari peptida bioaktif yang terdapat dalam susu adalah sifatnya sebagai agen antihipertensi (Lestari & Giordan, 2020)

Hipertensi, atau tekanan darah tinggi, adalah kondisi medis jangka panjang di mana tekanan darah sistolik dan/atau diastolik tetap tinggi (140/90 mmHg atau lebih) meskipun dalam keadaan istirahat. Secara global, hipertensi memengaruhi sekitar 30% populasi dunia. Pengaturan tekanan darah secara molekular melibatkan berbagai senyawa peptida. Peningkatan tekanan darah dikendalikan oleh sistem renin-angiotensin (RAS), sementara penurunannya diatur oleh sistem kallikrein-kinin. Enzim ACE (angiotensin converting enzyme) memainkan peran kunci dalam mengatur kedua sistem ini. Dalam sistem RAS, renin mengaktifkan angiotensinogen untuk menghasilkan peptida angiotensin I (DRVYIHPFHL). Peptida ini kemudian dikonversi oleh ACE menjadi angiotensin II (DRVYIHPF), yang merupakan vasokonstriktor kuat yang meningkatkan tekanan darah dan volume darah. Oleh karena itu, menghambat aktivitas ACE menjadi pendekatan yang ideal dalam

pengobatan hipertensi. Sejumlah inhibitor ACE sintetis telah dikembangkan sebagai obat antihipertensi, tetapi penggunaannya sering kali menimbulkan efek samping seperti pusing, gangguan rasa (disgeusia), sakit kepala, angioedema, dan batuk. Adanya efek samping ini mendorong para peneliti untuk mencari alternatif penghambat ACE dari sumber alami. Mengingat substrat alami ACE adalah peptida, pengembangan peptida sebagai inhibitor ACE sangat potensial karena diharapkan memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap enzim dibandingkan dengan senyawa sintetis.

Proses konversi angiotensin I menjadi angiotensin II melibatkan pemutusan ikatan peptida melalui hidrolisis, di mana hanya beberapa asam amino pada angiotensin I yang berinteraksi langsung dengan ACE. Hal ini membuka peluang besar bagi banyak peptida rantai pendek, seperti tripeptida, untuk berperan sebagai peptida bioaktif dengan aktivitas antihipertensi. Peptida pendek ini biasanya dihasilkan melalui hidrolisis protein menggunakan enzim protease tertentu. Sebagai contoh, tripeptida IRW yang berasal dari protein putih telur dilaporkan memiliki aktivitas antihipertensi pada hewan uji. Selain itu, beberapa peptida pendek lainnya yang diidentifikasi dari protein susu, seperti IPP dan VPP serta peptida AEKTK dari hidrolisat whey, juga menunjukkan efek antihipertensi. Studi pada model hewan menunjukkan bahwa peptida IPP dan VPP dapat menurunkan tekanan darah tinggi secara signifikan, baik setelah pemberian dosis tunggal maupun setelah konsumsi jangka panjang. Lebih lanjut, penggunaan enzim protease secara kombinasi, seperti pepsin dan pankreatin, untuk hidrolisis protein kacang polong dilaporkan mampu menurunkan tekanan darah sistolik hingga 26 mmHg pada tikus hipertensi. Selain itu, proses fermentasi susu juga dapat menghasilkan peptida dengan aktivitas antihipertensi. Sebagai contoh, fermentasi laktoferin menggunakan *Kluyveromyces marxianus* menghasilkan peptida DPYKLRP yang efektif menghambat aktivitas ACE (Raharjo, 2023).

Banyak penelitian telah dilakukan tentang berbagai penghambat ACE alami, terutama yang berasal dari protein hewani dan tumbuhan. Salah satu sumber utama peptida bioaktif yang berpotensi sebagai antihipertensi adalah protein susu. Peptida ini bisa dihasilkan melalui proses enzimatik menggunakan enzim pemecah protein atau melalui fermentasi dengan bakteri asam laktat. Beberapa peptida bioaktif dari susu telah terbukti efektif menghambat aktivitas ACE, baik dalam uji laboratorium maupun pada makhluk hidup. Bahkan, sejumlah fragmen peptida tersebut menunjukkan efek antihipertensi yang nyata pada hewan uji dan manusia. Penelitian menggunakan pendekatan *in silico* untuk mempelajari peptida antihipertensi sebagai penghambat ACE telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sebagian penelitian tersebut menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi aktivitas penghambatan ACE dari peptida bioaktif hasil hidrolisis protein whey. Melalui penelitian virtual screening *in silico*, ditemukan enam kandidat peptida bioaktif dari hasil hidrolisis kasein susu kambing Etawa. Peptida-peptida ini terbukti memiliki kemampuan menghambat ACE yang lebih kuat dibandingkan dengan inhibitor komersial seperti lisinopril. Keenam peptida tersebut adalah ARPK, QMK, HK, QK, LNP, dan PYP. Hasil dari virtual screening ini memberikan dasar bagi pengembangan sintesis peptida bioaktif yang berpotensi digunakan sebagai alternatif obat antihipertensi komersial (Hermanto, 2016).

Proses Hidrolisis Protein pada Susu Kambing

Susu kambing memiliki kandungan protein yang tinggi, terutama kasein dan whey protein, yang berkontribusi pada nilai gizinya. Hidrolisis protein pada susu kambing dilakukan untuk meningkatkan sifat fungsional, seperti aktivitas bioaktif dan pencernaan protein. Proses hidrolisis ini melibatkan pemecahan protein menjadi peptida dan asam amino dengan bantuan enzim protease, asam, atau basa (Korhonen, 2020).

Enzim yang sering digunakan dalam hidrolisis protein susu meliputi enzim alami seperti tripsin, pepsin, dan papain, serta enzim mikroba seperti protease dari *Bacillus*

subtilis. Hidrolisis enzimatis memungkinkan kontrol lebih baik terhadap panjang peptida dan aktivitas bioaktif yang dihasilkan (Silva et al., 2019). Penelitian menunjukkan bahwa hidrolisis protein dapat meningkatkan sifat antihipertensi, antimikroba, dan antioksidan dari susu kambing melalui pelepasan peptida bioaktif (Li et al., 2021).

Parameter penting dalam proses hidrolisis meliputi pH, suhu, waktu reaksi, dan konsentrasi enzim. Optimasi kondisi tersebut dapat menghasilkan hidrolisat dengan profil peptida yang diinginkan dan aktivitas biologis yang tinggi (Martínez-Maqueda et al., 2018). Selain itu, susu kambing yang telah mengalami hidrolisis menunjukkan potensi yang lebih baik dalam mengurangi alergenitas dibanding susu sapi, sehingga cocok untuk penderita alergi susu sapi (Samtiya et al., 2020).

Pengembangan teknologi hidrolisis protein susu kambing juga berfokus pada aplikasi industri, seperti penggunaan dalam produk fungsional seperti suplemen gizi, makanan bayi, dan produk medis (Park et al., 2021).

Hidrolisis Protein

Hidrolisis protein adalah proses memecah protein menjadi fragmen yang lebih kecil, seperti peptida dan asam amino, dengan memutus ikatan peptida. Metode yang paling sering digunakan adalah hidrolisis enzimatis karena memiliki beberapa kelebihan, seperti tingkat selektivitas yang tinggi dan kemampuan mempertahankan struktur asam amino tertentu, seperti triptofan dan glutamin. Proses ini menghasilkan peptida bioaktif dengan panjang rantai bervariasi yang berpotensi memberikan manfaat biologis (Baharrudin et al., 2016).

Efektivitas hidrolisis enzimatis dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu, pH, waktu reaksi, konsentrasi enzim, serta rasio antara enzim dan substrat. Tingkat pemecahan protein selama hidrolisis dapat diukur menggunakan parameter derajat hidrolisis (DH). DH yang lebih tinggi menunjukkan jumlah ikatan peptida yang lebih banyak terpecah, menghasilkan peptida rantai pendek dengan aktivitas biologis yang lebih besar. Protein hidrolisat dengan DH tinggi juga memiliki sifat

fungsional yang lebih baik, seperti peningkatan kelarutan dan kemampuan mengikat air (Baharrudin et al., 2016).

Peptida Bioaktif dan Penghambatan ACE

Peptida bioaktif adalah potongan kecil dari protein yang memiliki efek biologis tertentu, seperti menghambat enzim angiotensin-converting enzyme (ACE). Enzim ini berfungsi mengubah angiotensin I menjadi angiotensin II, yaitu senyawa yang dapat menyempitkan pembuluh darah dan meningkatkan tekanan darah. Dengan menghambat kerja ACE, peptida bioaktif dapat membantu menurunkan tekanan darah tinggi secara alami.

Pendekatan simulasi molecular docking digunakan untuk menganalisis interaksi antara peptida dan enzim ACE, guna menentukan potensi penghambatannya. Penelitian Hermanto (2016) mengungkapkan bahwa beberapa peptida bioaktif hasil hidrolisis kasein susu kambing Etawa memiliki energi ikatan lebih rendah dibandingkan inhibitor ACE komersial, seperti lisinopril. Peptida seperti ARPK, QMK, dan LNP memiliki kemampuan pengikatan yang kuat dengan sisi aktif enzim ACE melalui interaksi hidrogen dan asam-basa.

Efek Antihipertensi dari Hidrosilat Protein Susu Kambing

Protein dalam susu kambing dapat diolah melalui proses hidrolisis untuk menghasilkan peptida bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, salah satunya membantu menurunkan tekanan darah. Peptida ini bekerja dengan menghambat enzim pengonversi angiotensin (ACE), yang menjadi target utama dalam pengobatan hipertensi (Kitts & Weiler, 2020).

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa proses hidrolisis protein susu kambing, terutama kasein, menggunakan enzim seperti pepsin, tripsin, atau enzim mikroba, mampu menghasilkan peptida dengan kemampuan penghambatan ACE yang kuat. Contohnya, peptida seperti Val-Pro-Pro (VPP) dan Ile-Pro-Pro (IPP) telah terbukti memiliki efek penurunan tekanan darah baik pada model hewan maupun manusia (Nguyen et al., 2021).

Selain aktivitas ACE-inhibitory, peptida bioaktif dari hidrolisat susu kambing juga menunjukkan sifat antioksidan yang signifikan. Sifat ini membantu melindungi pembuluh darah dari kerusakan akibat stres oksidatif, yang sering kali berkaitan dengan hipertensi. Kombinasi aktivitas ini menjadikan hidrolisat protein susu kambing sebagai kandidat bahan baku dalam pengembangan suplemen atau produk fungsional untuk penderita hipertensi (Silva et al., 2020).

Penelitian juga mengindikasikan bahwa konsumsi produk berbasis hidrolisat protein susu kambing aman dan dapat diterima oleh berbagai kelompok, termasuk individu dengan hipertensi ringan hingga sedang. Potensi ini memberikan peluang besar bagi pengembangan produk kesehatan berbasis alami (Li et al., 2022).

Potensi Susu Kambing Etawa

Kasein pada susu kambing Etawa mengandung protein α -S1, α -S2, β , dan κ -kasein yang merupakan sumber utama peptida bioaktif. Hidrolisis kasein menggunakan enzim seperti bromelin menghasilkan peptida dengan berbagai aktivitas biologis, termasuk sifat antioksidan dan antihipertensi (Lestari et al., 2020).

Simulasi *in silico* pada protein kasein menunjukkan bahwa fragmentasi enzimatik dapat menghasilkan fragmen peptida dengan potensi aktivitas biologis tinggi. Berdasarkan analisis drug-likeness menggunakan kriteria Lipinski, beberapa peptida bioaktif yang terpilih memiliki nilai inhibisi ACE yang lebih baik daripada lisinopril, menjadikannya kandidat potensial untuk terapi antihipertensi berbasis alami (Hermanto, 2016).

Keunggulan Hidrolisis Enzimatik

Dibandingkan metode kimiawi, hidrolisis enzimatik memiliki sejumlah kelebihan. Proses ini lebih selektif, berlangsung pada kondisi yang lebih ringan, dan dapat menghasilkan peptida dengan struktur yang sesuai untuk aktivitas bioaktif. Selain itu, metode ini meminimalkan risiko kerusakan asam amino tertentu serta memungkinkan pengendalian tingkat hidrolisis yang lebih baik, sehingga produk yang dihasilkan lebih optimal untuk tujuan fungsional dan biologis.

KESIMPULAN

Sumber peptide bioaktif antihipertensi yang berpotensi adalah Hidrolisat protein susu kambing, khususnya fraksi kasein β . Hidrolisis menggunakan enzim protease seperti bromelin menghasilkan peptida bermassa molekul rendah dengan bioavailabilitas dan efektivitas tinggi. Pendekatan *in silico* dan molekuler docking menunjukkan bahwa peptida bioaktif ini memiliki aktivitas penghambatan ACE yang lebih kuat dibandingkan lisinopril ACE inhibitor komersial.

Penelitian ini mendukung pengembangan pangan fungsional berbahan dasar susu kambing sebagai solusi alami pencegahan dan pengobatan hipertensi. Selain itu, pemantauan di Indonesia lebih di tekankan terkait dengan kualitas dan keamanan susu kambing bertujuan untuk memaksimalkan potensinya dalam meningkatkan kualitas hidup penderita hipertensi secara alami dan inovatif.

REFERENSI

- Baharrudin NA, Halim NRA, and Sarbon NM. (2016). Effect of Degree of Hydrolysis (DH) on The Functional Properties and Angiotensin IConverting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity of Eel (*Monopterus Sp*) Protein Hydrolysate. *International Food Research Journal* 23(4): 1424- 1431.
- Hermanto S. 2016. Virtual screening peptide bioaktif antihipertensi dari hidrolisat kasein susu kambing etawa. *Journal of Chemistry*, 5 : 2 (2016) 45-54. EISSN 2460-6871
- Kitts, D. D., & Weiler, K. (2020). Bioactive proteins and peptides from food sources: Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Current Opinion in Food Science*, 32, 37-42.
- Korhonen, H. (2020). Bioactive peptides derived from bovine and goat milk proteins. *Food and Function*, 11(4), 3510-3521.

- Lestari P dan Suyata. (2020). Aktivitas antioksidan protein hidrolisat dari kasein susu kambing etawa hasil hidrolisis bromelin dari daun nanas madu. *Jurnal Gipas*, Mei 2020, Volume 4 Nomor 1 ISSN 2599-0152 eISSN 2599-2465
- Li, G., Fang, J., Zhang, Y., & Chen, H. (2021). Advances in bioactive peptides from goat milk proteins: Biological activities, functional properties, and potential applications. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 512-525.
- Li, G., Zhang, Y., Wang, Y., & Chen, H. (2022). Advances in milk-derived bioactive peptides with antihypertensive activity: Focus on goat milk proteins. *Food Chemistry*, 374, 131-147.
- Martínez-Maqueda, D., Miralles, B., Recio, I., & Hernández-Ledesma, B. (2018). Antihypertensive peptides from food proteins: A review. *Food and Function*, 9(2), 352-362.
- Nguyen, D. D., Nguyen, H. T., & Tran, P. T. (2021). Production and characterization of antihypertensive peptides from goat milk protein hydrolysates using enzymatic methods. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8575-8586.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2021). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 209, 1-10.
- Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Bioactive peptides as functional food ingredients: A review. *Food Production, Processing, and Nutrition*, 2(1), 1-14.
- Silva, S. V., Costa, A. L., & Gomes, A. M. (2019). Enzymatic hydrolysis of milk proteins and potential applications in nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(7), 1066-1078.

Silva, S. V., Santos, R., & Gomes, A. M. (2020). Goat milk proteins as a source of bioactive peptides with potential antihypertensive properties. *Food Research International*, 134, 109-116.

Zain, N. M., Baba, A. S., & Mahmud, A. (2019). Effects of bioactive peptides from goat milk protein hydrolysates on blood pressure regulation. *Journal of Functional Foods*, 56, 1-9.