

Review Artikel

Review: Pengolahan dan Pengembangan Oat (*Avena sativa* L.) Menjadi Susu Nabati Rendah Lemak Bagi Penderita Hiperkolesterolemia

Luh Putu Laksmi Wiryani^{1*}, Putu Sanna Yustiantara².

¹Program Studi Farmasi, Universitas Udayana, laksmi.wiryani@gmail.com

²Program Studi Farmasi, Universitas Udayana, putuyustiantara@unud.ac.id

*Penulis Korespondensi

Abstrak– Hiperkolesterolemia merupakan kondisi tingginya kadar kolesterol LDL (*Low-density lipoprotein*) di dalam darah atau dikenal dengan kolesterol tinggi. Penderita Hiperkolesterolemia harus menjaga makanan yang dikonsumsi agar kadar lemak di dalam darah tidak melonjak yang dapat memicu penumpukan plak yang menyumbat dinding arteri (aterosklerosis). Populernya alternatif susu nabati dipicu meningkatnya kesadaran konsumen terhadap peningkatan derajat kesehatan, salah satunya minuman berbahan dasar oat (*oat milk*) dikenal memiliki kandungan rendah lemak. Umumnya, *oat milk* dibuat dengan mencampurkan *rolled oat* dan air menjadi bubur kemudian terhidrolisis. Oat (*Avena sativa* L.) memiliki kandungan *beta-glucan* yang merupakan serat larut untuk mengurangi kadar kolesterol plasma dan risiko penyakit jantung. *Review* artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai *oat milk* yang berpotensi sebagai alternatif susu murni bagi penderita hiperkolesterolemia untuk menurunkan nilai kolesterol LDL. Metode *review* artikel yang digunakan berupa studi literatur. Kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel riset dan *review* nasional maupun internasional relevan membahas efek *beta-glucan* oat untuk penurunan kadar kolesterol yang diterbitkan secara *online* terutama pada 5 tahun terakhir. Terdapat 2 riset yang relevan, salah-satunya menunjukkan konsumsi *beta-glucan* oat 3 kali sehari selama 4 minggu menghasilkan penurunan kadar kolesterol LDL (6%) namun tidak ada perubahan pada kolesterol HDL dan trigliserida. *Beta-glucan* oat terbukti memodulasi fermentasi mikrobiota usus dalam metabolisme kolesterol sehingga mempengaruhi produksi asam lemak rantai pendek yang berkontribusi terhadap efek penurunan kolesterol LDL. Asupan *Beta-glucan* oat dapat secara signifikan menurunkan tingkat LDL. *Oat milk* dapat disarankan sebagai susu nabati alternatif susu murni bagi penderita hiperkolesterolemia dengan manfaat penurunan kolesterol LDL.

Kata Kunci– *Beta-glucan*, hiperkolesterolemia, LDL, oat, dan *oat milk*

1. PENDAHULUAN

Hiperkolesterolemia merupakan kondisi dimana adanya peningkatan kadar kolesterol total dalam darah >200 mg/dL (>5.2 mol/L), dimana angka ini termasuk tinggi dibandingkan nilai normal kolesterol total dalam darah orang dewasa [1]. Menurut *World Health Organization* (WHO), Secara global, sepertiga penyakit jantung iskemik disebabkan oleh kolesterol tinggi. Secara keseluruhan, peningkatan kolesterol diperkirakan menyebabkan 2,6 juta kematian (4,5% dari total) [2]. Berdasarkan laporan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, didapatkan nilai prevalensi hiperkolesterolemia di Indonesia menunjukkan proporsi penduduk dengan kadar kolesterol di atas normal sebesar 33,9% adalah perempuan dan 23,7% adalah laki-laki, di lihat dari tempat tinggal, diperkotaan sebesar 30,4% lebih tinggi dibandingkan dengan daerah

diperdesaan yaitu sebesar 26,8% [7]. Peningkatan kolesterol total merupakan penyebab utama beban penyakit baik di negara maju maupun berkembang sebagai faktor risiko penyakit jantung iskemik dan *stroke*. Pada tahun 2008, prevalensi global peningkatan kolesterol total di kalangan orang dewasa adalah 39% (37% pada pria dan 40% pada wanita) [2].

Beberapa penyebab hiperkolesterolemia antara lain faktor genetik atau kelainan genetik yang menyebabkan kadar kolesterol tinggi sejak lahir, konsumsi terlalu banyak makanan yang mengandung lemak jenuh tinggi atau lemak trans tinggi, obesitas, dan lainnya. Kondisi Hiperkolesterolemia ini dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit jantung iskemik [3], salah satunya aterosklerosis yang merupakan penyempitan dan pengerasan pembuluh darah akibat penumpukan lemak di dinding arteri sehingga dapat meningkatkan resiko komplikasi seperti *heart disease* dan *stroke*, *eripheral arterial disease*, hingga kematian [4], [5]. Penderita hiperkolesterolemia disarankan untuk mengatur pola makan dan meningkatkan aktivitas fisik. Pada keadaan tertentu, diperlukan terapi farmakologi [3]. Asupan konsumsi yang perlu dihindari antara lain makanan mengandung lemak yang berpotensi meningkatkan kolesterol seperti kuning telur, fast food, daging merah, makanan yang mengandung lemak hewani, serta susu hewani dan produk susu termasuk mentega, keju dan krim keju. Sedangkan asupan yang perlu diperhatikan yakni memperbanyak asupan serat dari sayuran, buah-buahan, dan biji-bijian sereal serta makanan yang mengandung stanol dan sterol nabati (termasuk dalam margarin tertentu dan saus *salad*) untuk meningkatkan kekuatan penurunan LDL [6].

Susu dianggap sebagai makanan lengkap, terdiri dari protein, mineral, lemak dan gula yang penting bagi kesehatan manusia. Susu menyediakan protein dengan nilai biologis tinggi, lipid, vitamin dan mineral (seperti kalsium) [9]. Saat ini, produk susu hewani memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap asupan lemak jenuh. Konsumsi produk susu berkorelasi dengan kejadian penyakit jantung koroner di banyak negara. Beberapa blog dan *website* mengutip penelitian yang menunjukkan bahwa konsumsi susu sapi dikaitkan dengan peningkatan risiko obesitas, penyakit jantung, dan kanker, sehingga penting untuk meningkatkan kesadaran tentang perbedaan nutrisi antara susu hewani dan susu alternatif nabati [8]. Hal ini menjadikan alternatif susu nabati semakin populer belakangan karena meningkatnya kesadaran konsumen terhadap peningkatan derajat kesehatan, penjualannya meningkat lebih dari dua kali lipat di seluruh dunia dari tahun 2009 hingga 2015, dan mencapai USD 21 Miliar USD [9]. Artikel lainnya menyatakan, diperkirakan pasar penjualan global pengganti susu nabati akan mencapai \$26 miliar pada tahun 2023, tumbuh dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 10,18% dari tahun 2020 hingga 2024 [12]. Alternatif susu nabati atau ekstrak tumbuhan, adalah ekstrak kacang-kacangan, biji minyak, sereal, atau sereal semu yang larut dalam air yang penampilannya menyerupai susu sapi, berasal dari penguraian, pengurangan ukuran bahan mentah, diekstraksi dalam air dan kemudian dihomogenisasi, kemudian produk ini dijadikan alternatif pengganti susu sapi [9].

Oat (*Avena Sativa L.*) sebagai salah satu biji-bijian yang paling banyak dibudidayakan dan dikonsumsi di seluruh dunia [10]. Genus *Avena L.* termasuk dalam famili Poaceae dan termasuk lebih dari 20 spesies dengan 130 ribu sampel, dua di antaranya (*Avena sativa L.* dan *Avena nuda*

L.) merupakan varietas oat utama di dunia; yang pertama (*Avena sativa* L.) dikenal sebagai oat biasa, yang banyak ditanam di daerah sejuk dan lembab, sedangkan yang kedua (*Avena nuda* L.) terutama ditanam di Tiongkok [12]. Oat semakin dihargai setelah dilakukan penyesuaian terhadap struktur pola makan. Seiring dengan perkembangan nutrisi, oat diakui sebagai makanan sehat pada pertengahan tahun 1980an yang menandakan bahwa zat di dalamnya membantu mencegah penyakit jantung dan oleh karena itu menjadi populer untuk nutrisi manusia [10].

Menurut penelitian yang dirangkum oleh Silva *et al.* pada tahun 2020 dalam *review* artikel yang berjudul “*Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk*”, disebutkan bahwa susu nabati dapat menunjukkan kandungan lemak jenuh yang rendah dan kandungan lemak tak jenuh yang tinggi, namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan ekstrak kandungan serat tinggi, seperti *oat milk*. Dengan adanya *beta-glucan* pada minuman *oat milk* maka akan terjadi peningkatan sensasi kenyang dan penurunan gula darah dan kolesterol [9]. Sumber serat larut dalam oat merupakan bentuk *beta-glucan* (seperti *arabinoxylan*, *xyloglucan*, dan komponen kecil lainnya), serat tidak larut, protein, lipid, senyawa fenolik, vitamin, dan mineral. Meskipun kandungan lain dalam oat juga mungkin mempunyai dampak, aktivitas penurun kolesterol oat telah terbukti berhubungan dengan peningkatan viskositas isi usus yang meningkatkan ekskresi asam empedu dan kolesterol melalui tinja. Memang, konsumsi *beta-glucan* saja dapat menurunkan kolesterol serum. Banyaknya bukti yang mendukung peran menguntungkan dari oat *beta-glucan* membuat Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) mengizinkan penggunaan klaim kesehatan pada produk oat yang menghubungkan penurunan risiko *coronary heart disease* dengan konsumsi *beta-glucan* minimal 3 gram per hari. Klaim penurun kolesterol juga telah disetujui di Uni Eropa oleh Komisi Eropa dan di sejumlah yurisdiksi lain termasuk Australia dan Selandia Baru, Kanada, Brasil, Malaysia, Indonesia, dan Korea Selatan [11].

Berdasarkan uraian diatas, *review* artikel ini bertujuan untuk mengumpulkan dan memberikan informasi terbaru mengenai potensi efek penurunan kolesterol oleh *beta-glucan* yang merupakan serat larut oat dalam produk *plant-based milk (oat milk)* yang rendah kandungan lemak sebagai minuman *dietary* pengganti produk susu hewani yang dikenal tinggi kandungan lemak bagi penderita hiperkolesterolemia, dengan hasil penurunan hiperkolesterolemia dengan manfaat penurunan kolesterol LDL.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam pembuatan *review* artikel ini yaitu berupa studi literatur. Penyusunan artikel dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisis, serta meringkas artikel riset dan *review* yang relevan dengan tujuan penelitian. Penelusuran artikel dilakukan melalui *search engine* yang memuat database artikel teks lengkap dan gratis seperti *Google Scholar*, *Science Direct*, *Researchgate*, *Mendeley*, serta *PubMed* dengan kata kunci “*Avena sativa*”, “*Oat beta-glucan*”, “*Hypercholesterolemia*”, “*Oat milk*”, dan “*beta-glucan for hypercholesterolemia*”. Penelusuran artikel didasarkan pada kriteria inklusi yang meliputi: (1) Artikel riset dan *review* dengan judul dan isi relevan yang membahas manfaat *beta-glucan* oat untuk penurunan kadar kolesterol serta artikel pendukung lainnya yang berkaitan dengan tujuan penelitian, (2)

Merupakan artikel nasional maupun internasional berbahasa Inggris maupun Indonesia, (3) Artikel diterbitkan terutama pada 5 tahun terakhir (2019-2023). Serta kriteria eksklusi meliputi: (1) Artikel dengan struktur yang tidak lengkap, dan (2) Ulasan artikel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hiperkolesterolemia

Definisi hiperkolesterolemia akan berubah-ubah karena konsentrasi kolesterol darah merupakan variabel kontinu yang bervariasi berdasarkan jenis kelamin dan usia. Bertahun-tahun yang lalu, *United State National Cholesterol Education Program (NCEP) Adult Treatment Panel (ATP)* mendefinisikan hiperkolesterolemia sebagai kolesterol total >200 mg/dL ($>5,2$ mmol/L), dan selama beberapa dekade, nilai ini kemudian diadopsi dan digunakan di banyak lingkungan dan yurisdiksi. Hiperkolesterolemia didefinisikan berdasarkan konsentrasi LDLc dan non-HDLc, karena LDLc dan non-HDLc merupakan fraksi lipoprotein aterogenik yang paling melimpah. Sebagian besar penyebab hiperkolesterolemia adalah peningkatan LDLc dan non-HDLc, yakni konsentrasi plasma LDL ≥ 130 mg/dL ($\geq 3,4$ mmol/L) dan/atau non-HDLc ≥ 160 mg/dL ($\geq 4,1$ mmol/L) [1].

Hiperkolesterolemia dapat bersifat primer yang dapat bersifat genetik atau idiopatik, semua hiperkolesterolemia genetik bersifat primer, namun tidak semua manifestasi hiperkolesterolemia primer bersifat genetik. Masih ada sebagian pasien hiperkolesterolemia yang penyebab utamanya tidak dapat diidentifikasi (idiopatik). Jenis lainnya, yakni hiperkolesterolemia sekunder, yang diakibatkan penyakit atau kondisi lain, atau multifaktorial. Hiperkolesterolemia sekunder ini didefinisikan dengan dua situasi berbeda, yakni yang pertama adalah hiperkolesterolemia sekunder yang sepenuhnya disebabkan oleh kelainan terkait, seperti kehamilan, sindrom nefrotik, hipotiroidisme, anoreksia nervosa atau kolestasis, serta penggunaan obat-obatan tertentu. Gangguan ini biasanya mengakibatkan peningkatan konsentrasi LDLc sebesar $>20\%$, gangguan tersebut bersifat sekunder, setelah memperbaiki penyebab yang mendasarinya, profil lipid akan menjadi normal. Namun, jika hiperkolesterolemia berlanjut, hal ini harus segera dilakukan penilaian lebih lanjut dan kemungkinan diklasifikasikan ulang sebagai hiperkolesterolemia primer. [1],[14]. Kelompok faktor kedua dapat mendorong perkembangan hiperkolesterolemia. Inilah yang disebut faktor “pendorong”. Faktor pendorong tertentu, terutama obesitas, diabetes, dan pola makan kaya lemak jenuh sering kali menyebabkan kombinasi fenotip hiperlipidemia, yang biasanya memiliki dasar poligenik [1], [15].

Hiperkolesterolemia diketahui memicu peradangan sistemik dan vaskular, yang dapat menyebabkan pembentukan dan perkembangan lesi aterosklerotik dan selanjutnya timbulnya penyakit kardiovaskular [13]. Studi terkini menunjukkan peran hiperkolesterolemia sebagai penyebab langsung disfungsi endotel dengan mengubah permeabilitas endotel sehingga memungkinkan migrasi LDL-c ke dalam dinding pembuluh darah [5]. Hiperkolesterolemia merupakan faktor risiko tambahan dengan meningkatnya prevalensi penyakit kardiovaskular [17], [18]. Konsumsi makanan, khususnya diet gaya barat (tinggi lemak dan kolesterol, tinggi protein, tinggi gula) menyebabkan peningkatan kolesterol, kadar LDL dan rasio LDL/HDL. LDL memasuki dinding pembuluh darah di tempat predileksi yang ditandai dengan gangguan aliran

darah dan disfungsi endotel yang sudah ada sebelumnya. Begitu LDL memasuki dinding pembuluh darah, mereka membentuk kompleks dengan proteoglikan (dengan *versican*, *decorin*, *syndecan-4*, *biglycan* dan *perlecan* menjadi proteoglikan utama di dinding pembuluh darah melalui interaksi komponen LDL Apolipoprotein B. Interaksi ini memfasilitasi perubahan komposisi lipid dan konfigurasi Apolipoprotein B yang meningkatkan oksidasi LDL menjadi LDL teroksidasi (oxLDL) melalui spesies oksigen reaktif yang dihasilkan oleh endotelium teraktivasi dan sel otot polos pembuluh darah. Langkah oksidasi ini merupakan prasyarat untuk deteksi dan fagositosis partikel LDL oleh makrofag. Transformasi ini meningkatkan ekspresi sitokin inflamasi dan menarik makrofag tambahan, sehingga meningkatkan keadaan inflamasi pada lesi aterosklerosis [17], [19].

Diet rendah kolesterol menjadi salah satu jenis diet yang dianjurkan untuk penderita hiperkolesterolemia yang menekankan pada pembatasan lemak <30% dan kolesterol 200-300 mg/hari. Sebuah meta-analisis pada 8 studi klinis menunjukkan, asupan serat 10,2 g/hari dapat menurunkan kolesterol sebesar 7 persen apabila dikombinasikan dengan diet rendah lemak dan kolesterol. *American Association of Clinical Endocrinologist* (AACE) tahun 2012 menyebutkan bahwa seseorang dengan kadar kolesterol yang tinggi membutuhkan total serat yang harus dikonsumsi sebanyak 25 gram/hari. Namun rata-rata konsumsi serat masyarakat Indonesia hanya sebesar 10,5 gram/hari, sehingga untuk mencapai hal tersebut diperlukan penambahan asupan serat. Maka dari itu kombinasi dari pembatasan asupan lemak dan kolesterol serta peningkatan asupan serat diharapkan mampu membantu penderita hiperkolesterolemia mengenai diet yang dapat menunjang kondisinya serta dapat mengontrol dan menurunkan kadar kolesterol darah total menjadi lebih efektif [16].

Komponen Nutrisi dan Fitokimia Oat (*Avena sativa* L.)

Komposisi nutrisi oat bervariasi tergantung pada varietas, genetika, dan kondisi pertumbuhannya seperti pada Tabel 1. Protein oat hampir setara kualitasnya dengan protein kedelai, yang menurut Organisasi Kesehatan Dunia setara dengan protein daging, susu, dan telur. Dibandingkan dengan sereal lainnya, seperti gandum (10,69%–13,68%), beras merah (7,50%), *barley* (9,91%), sorgum (10,62%), millet (11,02%) dan rye (10,34%), kandungan protein oat biasanya lebih tinggi berkisar antara 11% hingga 20%. Selain itu, protein oat memberikan keseimbangan asam amino esensial yang lebih baik bagi manusia dan hewan monogastrik lainnya dibandingkan kebanyakan sereal lainnya, terutama termasuk lisin, treonin, metionin, dan sistin [12], [20], [21]. Faktanya, oat adalah sumber *beta-glucan* yang sangat baik (3,90%–7,50%) dan efek menguntungkan bagi kesehatan sangat bergantung pada kandungan *beta-glucan* [12], [20]. Dalam hal mikronutrien, oat sangat kaya akan fosfor dan kalium [12], [22]. Vitamin pada oat didominasi oleh vitamin E (16 mg/kg – 94 mg/kg) dengan *α-tocotrienol* dan *α-tocopherol* menjadi yang utama (sampai 90%), dan juga terdiri dari rendahnya kadar tiamin, biotin, kolin, riboflavin, asam pantotenat, vitamin B₆, asam folat, dan niasin [12].

Selain komponen nutrisi yang disebutkan di atas, oat berpotensi dianggap sebagai sumber fitokimia yang baik dengan berbagai manfaat kesehatan [23], [24]. Secara umum, senyawa fenolik secara khas dapat dibagi menjadi asam fenolik (asam hidrosisinat dan asam

hidroksibenzoat), flavonoid (flavonol, flavon, flavanol, flavanon, flavanonol, antosianidin, dan isoflavon), tanin,

Tabel 1. Komponen Nutrisi Oat

Asal	Jumlah varietas	Protein (%)	Lemak (%)	Serat (%)	<i>Beta-glucan</i> (%)	Karbohidrat (%)	Abu (%)	Ref.
Rusia	9	11.69-16.71	4.57-8.79	-	2.90-4.77	-	-	[34]
Polandia	9	9.94-13.65	5.28-9.00	2.28-11.45			1.73-2.27	[12]
Swedia	1	12.73	5.54	-	4.45	-	-	[34]
Inggris	1	12.21	4.35	-	3.60	-	-	[34]
Latvia	2	10.58-15.71	5.16-9.66	-	3.15-3.29	31.55-48.08	-	[12]
Kirov	4	12.11-16.88	4.96-9.01		3.37-4.50	-	-	[34]
USA	4	12.82-18.58	6.43-7.87	-	3.34-4.48	68.93	2.00	[33], [35]
China	2	12.59-12.96	5.76-7.00	-	3.81-4.50	-	5.94	[33], [36]
Tunisia	1	15.10	7.25	-	5.17	-	-	[34]
Pakistan	30	8.34-17.72	4.99-7.88	10.27-19.67	-	37.51-53.35	3.88-8.89	[37]
Ethiopia	5	11.95-15.83	6.71-10.76	2.25-3.94	-	72.72-74.82	1.20-13.0	[38]
Afrika Selatan	5	13.52-16.92	4.99-9.79	-	-	-	1.74-2.76	[12]
Moroko	4	11.27-17.18	2.06-3.64	-	-	56.63-64.98	2.69-3.62	[12]
Indian	8	6.12-13.33	2.02-7.27	0.21-0.84	-	-	0.84-3.54	[12]

stilben, lignan, dan kumarin [25]. Dalam oat, asam hidroksibenzoat terutama mencakup *protocatechuic*, *syringic*, *vanillic*, P-asam hidroksibenzoat dan galat, sedangkan asam hidroksisinamat terdiri dari ferulat, *p*-kumarik, *o*-kumarik, *caffeic* dan *sinapic*. Selain itu, lima belas jenis flavonoid terdeteksi dalam oat, terdapat beberapa jenis kaempferol [26], [27]. Terdapat komponen fitokimia yang terlihat jelas lainnya yakni *avenanthramides* (Avns) yang merupakan sekelompok alkaloid *hydroxycinnamoyl anthranilate* unik dengan berat molekul rendah yang secara unik terdapat dalam gandum, terutama termasuk Avns-A, Avns-B, dan Avns-C di antara 40 jenis Avns yang dilaporkan [28]. Selain itu, kecuali sterol terutama termasuk β -sitosterol, dan avenasterol Δ -5 dan Δ -7, oat adalah satu-satunya sereal yang mengandung saponin dengan *avenacosides* A dan B, yang menunjukkan aktivitas antikanker melalui mekanisme yang beragam dan kompleks [29]. Komponen fitokimia oat diuraikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Fitokimia Oat

Komponen Fitokimia	Proporsi dan Komposisi	Ref.
Asam fenolik (243–427.41 mg/kg)	Protocatechuic Syringic Vanillic <i>p</i> -Hydroxybenzoic Gallic and ferulic <i>o</i> -Coumaric Caffeic Sinapic acids	[25]
Flavonoids (58.03–71.61 mg/kg)	Kaempferol 3-O-(2'',3''-di-E-p-coumaroyl)- α -L-rhamnopyranoside Kaempferol 3-O-(3''-E-p-coumaroyl)- α -L-rhamnopyranoside Kaempferol 3-O-(2''-O-E-p-coumaroyl)- β -D-glucopyranoside Kaempferol 3-O- β -D-glucopyranoside Kaempferol 7-O- α -L-rhamnopyranoside Linarin Tilianin Myricitrin Quercitrin Kaempferol 3-O-rutinoside Rutin Tricin 7-O- β -D-glucopyranoside Tricin Kaempferol Luteolin	[26], [27]
Avenanthramides (AVAs) (2–289 mg/kg)	AVA-A (2p) AVA-B (2f) AVA-C (2c)	[28]
Sterols (447 mg/kg)	β -Sitosterol 55 Δ -5 avenasterol Δ -7 avenasterol	[29]
Saponin (400–443 mg/kg)	Phytic acid Saponin (400–443 mg kg ⁻¹) Avenacosides A 55 Avenacosides B	[29]

Pengembangan Oat menjadi Plant-Based Milk (*Oat Milk*)

a. Bahan Mentah dan *Pretreatment*

Pengolahan oat menjadi *oat milk* dilakukan dengan langkah persiapan bahan baku yang terutama digunakan untuk memproduksi *oat milk* meliputi biji oat mentah, serpihan oat yang sudah diproses atau belum diolah, dan tepung oat. Berbagai jenis bahan baku oat membuat perbedaan dalam proses *pretreatment oat milk*. Misalnya, jika biji oat digunakan sebagai bahan mentah, proses perlakuan awal terutama meliputi perendaman dan blansing, sedangkan untuk serpihan oat atau tepung oat, dilakukan denaturasi enzim pada biji oat, pengelupasan, penggulungan, atau penggilingan lebih lanjut [12]. Studi oleh Syed *et al.*, 2020, tentang mengoptimalkan proses *pretreatment* oat dengan waktu perendaman yang berbeda (1 jam, 6 jam, 8 jam) dengan perbandingan oat dan air 1:2,7 untuk menghasilkan *oat milk*, studi tersebut menunjukkan bahwa oat yang direndam selama 8 jam memiliki kualitas dan daya terima yang lebih baik terhadap *oat milk* [30].

b. Hidrolisis Enzimatik

Selanjutnya, bahan baku akan melalui reaksi hidrolisis enzimatik. Hidrolisis enzimatik ini dilakukan karena oat mudah menggumpal kembali selama penyimpanan yang disebabkan oleh pati, protein, *beta-glucan* yang merupakan hidrokoloid dengan viskositas tinggi dan sifat pembentuk gel sehingga membentuk struktur jaringan pengental dan gel, yang berdampak pada emulsi oat, termasuk sifat reologi dan stabilitas sistem [31]. Untuk menghindari hal tersebut, hidrolisis enzimatik pati telah diterapkan dalam pengolahan *oat milk* agar dapat menghasilkan produk yang baik, sesuai dan dapat diterima. Hidrolisis pati secara enzimatik dapat mengubah panjang rantainya dan meningkatkan derajat gangguan rantai molekulnya, sehingga menunda retrogradasinya, yang dapat menyebabkan penurunan viskositas dan juga meningkatkan rasa manis *oat milk* [12].

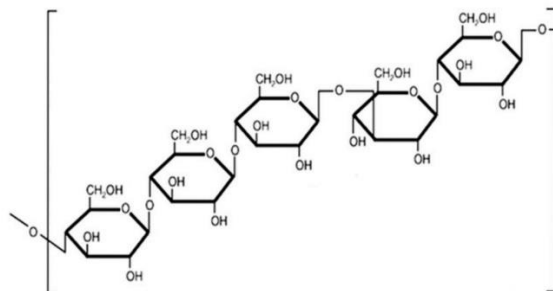
c. Homogenisasi

Homogenisasi dilakukan karena *oat milk* masih mengandung beberapa partikel tidak larut yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim, seperti serat dan protein makromolekul, sehingga mempengaruhi stabilitas emulsi karena kepadatannya kurang dibandingkan air. Homogenisasi dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas *oat milk* [12], [32]. Pada kondisi homogenisasi 60°C dan 30 MPa, kandungan padat susu komposit oat berada pada kisaran 17,8%–20,6% [12].

d. Sterilisasi

Sterilisasi adalah langkah terakhir dalam produksi *oat milk*, yang biasanya dilakukan sebagai langkah prasyarat untuk komersialisasinya. Sterilisasi dilakukan untuk memperpanjang umur simpan *oat milk*, namun hal ini juga dapat berdampak pada sifat reologinya. Saat ini, metode pasteurisasi, hipertermia, dan hipertermia injeksi uap telah digunakan dalam produksi *oat milk* [12].

Serat *Beta-Glucan*



Gambar 1. Struktur Kimia *Beta-Glucan* Oat
Sumber: Du *et al.*, 2019. [39]

Beta-glucan adalah polisakarida dari monomer D-glukosa (Gambar 1.) yang dihubungkan melalui ikatan β -glikosidik, dan banyak terdapat dalam ragi, jamur (termasuk jamur), beberapa bakteri, rumput laut, dan sereal (oat dan barley). *Beta-glucan* diakui sebagai bahan makanan fungsional dan bioaktif karena aktivitas biologisnya, seperti hipokolesterolemia [39]. Baik Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) dan Health Canada telah mengklaim bahwa 3 gram sehari dosis *beta-glucan* dari oat akan mengurangi risiko penyakit jantung. Selain mengurangi risiko penyakit jantung, *beta-glucan* oat juga memiliki efek menguntungkan kesehatan lainnya termasuk kemampuan menurunkan kolesterol darah dan glukosa darah, aktivitas antitumor, normalisasi mikroflora usus, dan perlindungan terhadap kerusakan DNA, serta memberikan rasa kenyang [21]. Diketahui bahwa *beta-glucan* yang sangat larut dalam air dengan berat molekul rata-rata sedang hingga tinggi lebih efektif dalam menurunkan kolesterol serum dibandingkan *beta-glucan* yang larut dalam air dengan berat molekul rendah [11].

Mekanisme dimana *beta-glucan* dapat menurunkan kadar kolesterol diperkirakan terkait dengan kemampuan untuk mencegah resirkulasi atau meningkatkan ekskresi asam empedu, efek yang berpotensi terkait dengan sifat pembentuk gel dari *beta-glucan*. Karena asam empedu adalah gudang utama kolesterol dalam tubuh, hal ini menyebabkan penurunan kolesterol secara keseluruhan dari sistem. *Beta-glucan* oat telah terbukti memodulasi mikrobiota usus, khususnya spesies bakteri yang mempengaruhi metabolisme asam empedu inang dan produksi asam lemak rantai pendek, faktor yang merupakan pengatur homeostasis kolesterol inang. Mengingat peran penting mikrobiota usus dalam metabolisme kolesterol, kemungkinan besar efek *beta-glucan* oat pada inang memiliki banyak aspek dan melibatkan regulasi interaksi mikroba-inang pada antarmuka usus. Tidak dipungkiri bahwa pola makan (termasuk konsumsi *beta-glucan*) berpotensi mengubah komposisi mikrobiota usus secara signifikan [11].

Aktivitas Penurunan Kolesterol *Beta-Glucan* Oat

Wolever, *et al.* (2021) dalam studinya melaporkan manfaat penurunan kadar lipid dalam darah oleh *beta-glucan* oat. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh minuman yang mengandung 1 g *beta-glucan* oat dengan berat molekul rata-rata ~2.000.000 g/mol yang

dikonsumsi 3 kali sehari selama 4 minggu pada titik akhir primer kolesterol LDL serum dibandingkan dengan plasebo bebas *beta-glucan*. Secara apriori, penurunan rata-rata kolesterol LDL $\geq 5\%$ dianggap signifikan secara klinis. Studi ini dilakukan dengan metode *double-blind, randomized, controlled clinical trial*. Para peserta adalah orang dewasa dengan nilai kolesterol LDL antara 3.0 dan 5.0 mmol/L. Peserta yang dilibatkan dalam studi setelah dilakukan screening participant adalah sebanyak 270 orang, dengan 7 orang keluar, dan 9 orang ditarik karena pelanggaran protocol, sehingga total peserta yang dianalisis dalam studi ini adalah sebanyak 191 orang, dengan 72 orang laki-laki (37,7%). Peserta secara acak ditugaskan untuk mengonsumsi *beta-glucan* oat 3 kali sehari selama 4 minggu, dengan dosis 1 g (Eksperimen, n = 104, n = 96 dianalisis) atau bubuk beras (Kontrol, n = 103, n = 95 dianalisis) dicampur ke dalam 250 mL air. Efek pengobatan dinilai sebagai perubahan dari awal dan perbedaannya dianalisis menggunakan uji *t* 2 sisi melalui ANOVA dengan karakteristik awal sebagai kovariat [40].

Didapatkan hasil setelah mengonsumsi *beta-glucan* oat 3 kali sehari selama 4 minggu, dengan dosis 1 g, perubahan kolesterol LDL rata-rata kuadrat terkecil pada kelompok eksperimen (-0,195 mmol/L) lebih kecil dibandingkan pada kelompok kontrol (0,012 mmol/L) dengan rata-rata: 0,207 mmol/L. Diikuti penurunan total kolesterol (0.226 mmol/L), kolesterol non- HDL (0.194 mmol/L), dan risiko penyakit kardiovaskular Framingham (CVD) (0,474; 95% CI: 0,900, 0,049, P = 0,029). Perubahan kolesterol HDL, trigliserida, glukosa, dan insulin tidak berbeda antar kelompok perlakuan (P > 0,05). Efek pengobatan lipid tidak berubah secara signifikan berdasarkan usia, jenis kelamin, BMI, atau pengobatan hipertensi. Tidak ada efek samping yang besar, namun kedua pengobatan tersebut secara sementara meningkatkan gejala gastrointestinal. Pada studi ini diambil kesimpulan bahwa, mengonsumsi minuman yang mengandung 1 g *beta-glucan* oat 3 kali sehari selama 4 minggu dapat secara signifikan mengurangi kolesterol LDL sebesar ~6% dan risiko *coronary heart disease* sebesar ~8% pada orang dewasa sehat dengan kolesterol LDL antara 3 dan 5 mmol/L [40].

Studi lainnya oleh Xu *et al.* (2021) juga melaporkan bahwa konsumsi oat menurunkan profil lemak dalam serum. Tujuan dari studi ini adalah untuk menguji efek suplementasi oat pada lipid serum pada populasi orang dewasa dengan hiperkolesterolemia ringan dan mengungkap mekanisme yang mendasari metabolisme serum yang tidak ditargetkan. Studi ini dilakukan dengan metode *randomized controlled trial*. Dalam *controlled trial* plasebo ini, 62 peserta dari Nanjing, Tiongkok, dengan peningkatan kolesterol ringan secara acak ditugaskan untuk menerima 80 g oat (mengandung 3 g *beta-glucan*) atau nasi setiap hari selama 45 hari. Sampel darah puasa dikumpulkan pada awal, tengah, dan akhir pemeriksaan [41].

Didapatkan hasil bahwa dibandingkan dengan kelompok nasi, konsumsi oat secara signifikan menurunkan kolesterol total serum (-8.41%, p = 0.005), kolesterol LDL-c (-13.93%, p = 0.001), dan kolesterol non-HDL-c (-10,93%, p = 0,017). Tidak ada perbedaan yang signifikan antar kelompok dalam serum trigliserida (TG), apolipoprotein B (Apo B), albumin terglifikasi, atau kadar glukosa darah puasa. Sehingga, dapat disimpulkan dari studi ini bahwa Konsumsi oat memiliki efek menguntungkan pada profil lipid serum [41].

4. KESIMPULAN

Hiperkolesterolemia merupakan kondisi dimana terdapat kadar kolesterol total yang tinggi dalam darah (>200 mg/dL) yang dapat disebabkan oleh genetik, idiopatik, juga yang disebabkan oleh beberapa faktor pendorong tertentu, terutama obesitas, diabetes, dan pola makan kaya lemak jenuh. Sehingga, dianjurkan untuk menambah asupan serat seperti *beta-glucan* dalam oat dan mengurangi konsumsi lemak jenuh, karena apabila tidak segera diatasi, hiperkolesterolemia dapat berlanjut menjadi penyumbatan pembuluh darah (aterosklerosis) hingga menyebabkan *coronary heart disease* sampai *stroke*. *Beta-glucan* yang merupakan serat larut yang banyak terkandung dalam oat telah terbukti dapat menurunkan kadar kolesterol LDL dalam darah tanpa perubahan kolesterol HDL, trigliserida, glukosa, dan insulin, dan tidak menimbulkan efek samping yang besar. Dengan demikian, susu nabati *oat milk* dengan kandungan *beta-glucan* memiliki potensi penurunan kadar LDL dalam darah bagi penderita hiperkolesterolemia sebagai alternatif dari susu hewani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan artikel studi ilmiah ini untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Ilmu Farmasi dari Universitas Udayana. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, keluarga, serta seluruh pihak yang telah membantu dan terlibat selama pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Civeira, M. Arca, A. Cenarro, and R. A. Hegele, "A mechanism-based operational definition and classification of hypercholesterolemia," *J. Clin. Lipidol.*, vol. 16, no. 6, pp. 813–821, 2022, doi: 10.1016/j.jacl.2022.09.006.
- [2] WHO, "Raised Cholesterol," *World Health Organization*, 2023. <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/3236> (accessed Sep. 12, 2023).
- [3] A. L. Hariadini, B. Sidharta, T. gusti Ebtavanny, and E. putri Minanga, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Dan Ketepatan Penggunaan Obat Simvastatin Pada Pasien Hiperkolesterolemia Di Apotek Kota Malang," *Pharm. J. Indones.*, vol. 005, no. 02, pp. 91–96, 2020, doi: 10.21776/ub.pji.2020.005.02.4.
- [4] American Heart Association, "Atherosclerosis and stroke," *American Heart Association*, 2020. <https://www.stroke.org/en/about-stroke/stroke-risk-factors/atherosclerosis-and-stroke> (accessed Sep. 12, 2023).
- [5] H. A. H. Alfarisi, Z. B. H. Mohamed, and M. Bin Ibrahim, "Basic pathogenic mechanisms of atherosclerosis," *Egypt. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 116–125, 2020, doi: 10.1080/2314808X.2020.1769913.
- [6] American Heart Association, "Cooking to Lower Cholesterol," *American Heart Association*, 2017. http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/PreventionTreatmentofHighCholesterol/Cooking-To-Lower-Cholesterol_UCM_305630_Article.jsp#.W0-B5dJKjIW (accessed Sep. 12, 2023).

- [7] Kementerian Kesehatan RI, *Riset Kesehatan Dasar*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018.
- [8] K. M. Collard and D. P. McCormick, “A Nutritional Comparison of Cow’s Milk and Alternative Milk Products,” *Acad. Pediatr.*, vol. 21, no. 6, pp. 1067–1069, 2021, doi: 10.1016/j.acap.2020.12.007.
- [9] A. R. A. Silva, M. M. N. Silva, and B. D. Ribeiro, “Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk,” *Food Res. Int.*, vol. 131, no. January, p. 108972, 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2019.108972.
- [10] J. Yu *et al.*, “Effects of Oat Beta-Glucan Intake on Lipid Profiles in Hypercholesterolemic Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials,” *Nutrients*, vol. 14, no. 10, 2022, doi: 10.3390/nu14102043.
- [11] S. A. Joyce, A. Kamil, L. Fleige, and C. G. M. Gahan, “The Cholesterol-Lowering Effect of Oats and Oat Beta Glucan: Modes of Action and Potential Role of Bile Acids and the Microbiome,” *Front. Nutr.*, vol. 6, no. November, pp. 1–15, 2019, doi: 10.3389/fnut.2019.00171.
- [12] L. Cui, Q. Jia, J. Zhao, D. Hou, and S. Zhou, “A comprehensive review on oat milk: from oat nutrients and phytochemicals to its processing technologies, product features, and potential applications,” *Food Funct.*, no. June, 2023, doi: 10.1039/d3fo00893b.
- [13] A. A. Momtazi-Borojeni *et al.*, “PCSK9 and inflammation: A review of experimental and clinical evidence,” *Eur. Hear. J. - Cardiovasc. Pharmacother.*, vol. 5, no. 4, pp. 237–245, 2019, doi: 10.1093/ehjcvp/pvz022.
- [14] A. Kotwal *et al.*, “Treatment of thyroid dysfunction and serum lipids: A systematic review and meta-analysis,” *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, vol. 105, no. 12, pp. 3683–3694, 2020, doi: 10.1210/clinem/dgaa672.
- [15] P. K. Gill *et al.*, “Combined hyperlipidemia is genetically similar to isolated hypertriglyceridemia,” *J. Clin. Lipidol.*, vol. 15, no. 1, pp. 79–87, 2021, doi: 10.1016/j.jacl.2020.11.006.
- [16] B. S. Fadilah, S. Suparman, M. Mutiyani, D. Rosmana, and P. Natasya, “Konseling Diet Rendah Kolesterol Dan Tinggi Serat Terhadap Pengetahuan Dan Kadar Kolesterol Pada Penderita Hiperkolesterolemia,” *J. Ris. Kesehat. Poltekkes Depkes Bandung*, vol. 11, no. 1, pp. 65–75, 2019, doi: 10.34011/juriskesbdg.v11i1.655.
- [17] T. Ziegler, F. A. Rahman, V. Jurisch, and C. Kupatt, “Atherosclerosis and the capillary network; Pathophysiology and potential therapeutic strategies,” *Cells*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/cells9010050.
- [18] WHO, “Global Health Observatory,” *World Health Organization*, 2018. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death> (accessed Sep. 12, 2023).
- [19] O. J. Lara-Guzmán *et al.*, “Oxidized LDL triggers changes in oxidative stress and inflammatory biomarkers in human macrophages,” *Redox Biol.*, vol. 15, no. November 2017, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1016/j.redox.2017.11.017.
- [20] M. N. G. Ibrahim and I. Jöudu, “The leadership of oat drinks in the market of plant-based beverages,” *Conf. Terve loom ja tevislik toit*, no. 810603, 2021.
- [21] M. Gotteland *et al.*, “Modulation of Postprandial Plasma Concentrations of Digestive Hormones and Gut Microbiota by Foods Containing Oat β -Glucans in Healthy Volunteers,” *Foods*, vol. 12, no. 4, 2023, doi: 10.3390/foods12040700.
- [22] K. Zhang, R. Dong, X. Hu, C. Ren, and Y. Li, “Oat-based foods: Chemical constituents,

- glycemic index, and the effect of processing,” *Foods*, vol. 10, no. 6, pp. 1–21, 2021, doi: 10.3390/foods10061304.
- [23] D. Paudel, B. Dhungana, M. Caffè, and P. Krishnan, “A review of health-beneficial properties of oats,” *Foods*, vol. 10, no. 11, pp. 1–23, 2021, doi: 10.3390/foods10112591.
- [24] M. M. L. Grundy, A. Fardet, S. M. Tosh, G. T. Rich, and P. J. Wilde, “Processing of oat: The impact on oat’s cholesterol lowering effect,” *Food Funct.*, vol. 9, no. 3, pp. 1328–1343, 2018, doi: 10.1039/c7fo02006f.
- [25] Q. Feng *et al.*, “Protective Effects of White Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) against Diet-Induced Hepatic Steatosis in Mice Are Linked to Modification of Gut Microbiota and Its Metabolites,” *Nutrients*, vol. 15, no. 13, 2023, doi: 10.3390/nu15133033.
- [26] Q. Bei, G. Chen, F. Lu, S. Wu, and Z. Wu, “Enzymatic action mechanism of phenolic mobilization in oats (*Avena sativa* L.) during solid-state fermentation with *Monascus anka*,” *Food Chem.*, vol. 245, no. June 2017, pp. 297–304, 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.086.
- [27] G. Soycan *et al.*, “Composition and content of phenolic acids and avenanthramides in commercial oat products: Are oats an important polyphenol source for consumers?,” *Food Chem. X*, vol. 3, no. April, p. 100047, 2019, doi: 10.1016/j.fochx.2019.100047.
- [28] V. Tripathi, A. Singh, and M. T. Ashraf, “Avenanthramides of Oats: Medicinal Importance and Future Perspectives,” *Pharmacogn. Rev.*, vol. 12, no. 23, pp. 66–71, 2018, doi: 10.4103/phrev.phrev_34_17.
- [29] C. Martínez-Villaluenga and E. Peñas, “Health benefits of oat: current evidence and molecular mechanisms,” *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 14, pp. 26–31, 2017, doi: 10.1016/j.cofs.2017.01.004.
- [30] S. Syed, K. Gadhe, and R. Shaikh, “Studies on quality evaluation of OAT milk,” *J. Pharmacogn. Phytochem.*, vol. 9, no. 1, pp. 2275–2277, 2020.
- [31] T. Patra, C. Axel, Å. Rinnan, and K. Olsen, “The physicochemical stability of oat-based drinks,” *J. Cereal Sci.*, vol. 104, no. January, p. 103422, 2022, doi: 10.1016/j.jcs.2022.103422.
- [32] F. Reyes-Jurado *et al.*, “Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics,” *Food Rev. Int.*, vol. 39, no. 4, pp. 2320–2351, 2023, doi: 10.1080/87559129.2021.1952421.
- [33] D. Khrundin, V. Ponomarev, E. Yunusov, and G. Ezhkova, “The use of plant proteins in the technology of fermented dairy-free products,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 715, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/715/1/012066.
- [34] V. I. Polonskiy, N. A. Surin, S. A. Gerasimov, A. G. Lipshin, A. V. Sumina, and S. Zute, “The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin for grain quality and productivity,” *Vavilovskii Zhurnal Genet. Selektcii*, vol. 23, no. 6, pp. 683–690, 2019, doi: 10.18699/VJ19.541.
- [35] K. Liu and M. L. Wise, “Distributions of nutrients and avenanthramides within oat grain and effects on pearled kernel composition,” *Food Chem.*, vol. 336, no. July 2020, p. 127668, 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127668.
- [36] Y. Ma *et al.*, “Analysis of nutrient composition, rumen degradation characteristics, and feeding value of chinese rye grass, barley grass, and naked oat straw,” *Animals*, vol. 11, no. 9, pp. 1–11, 2021, doi: 10.3390/ani11092486.
- [37] M. Ihsan *et al.*, “Genetic diversity in nutritional composition of oat (*Avena sativa* L.) germplasm reported from Pakistan,” *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 29, no. 3, pp. 1487–1500,

- 2022, doi: 10.1016/j.sjbs.2021.11.023.
- [38] G. F. Alemayehu, S. F. Forsido, Y. B. Tola, M. A. Teshager, A. A. Assegie, and E. Amare, "Proximate, mineral and anti-nutrient compositions of oat grains (*Avena sativa*) cultivated in Ethiopia: implications for nutrition and mineral bioavailability," *Heliyon*, vol. 7, no. 8, p. e07722, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07722.
- [39] B. Du, M. Meenu, H. Liu, and B. Xu, "A concise review on the molecular structure and function relationship of β -glucan," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, no. 16, 2019, doi: 10.3390/ijms20164032.
- [40] T. Wolever *et al.*, "An Oat β -Glucan Beverage Reduces LDL Cholesterol and Cardiovascular Disease Risk in Men and Women with Borderline High Cholesterol: A Double-Blind, Randomized, Controlled Clinical Trial," *J. Nutr.*, vol. 151, no. 9, pp. 2655–2666, 2021, doi: 10.1093/jn/nxab154.
- [41] D. Xu *et al.*, "Serum Metabolomics Reveals Underlying Mechanisms of Cholesterol-Lowering Effects of Oat Consumption: A Randomized Controlled Trial in a Mildly Hypercholesterolemic Population," *Mol. Nutr. Food Res.*, vol. 65, no. 9, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1002/mnfr.202001059.