

Review Artikel

Pemanfaatan Sereal Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) Sebagai Imunonutrisi Dalam Upaya Meningkatkan Sistem Imun Tubuh

Ni Kadek Ida Rajeswari^{1*}, I Putu Agus Saputra², Eka Indra Setyawan³

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
kdidarajeswari@gmail.com

²Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
agusputu597@gmail.com

³Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
indrasetyawan@gmail.com

*Penulis Korespondensi

Abstrak– Sistem imun adalah sistem yang membentuk kemampuan tubuh untuk menghalau bibit penyakit dengan menolak berbagai benda asing yang masuk ke dalam tubuh agar terhindar dari suatu penyakit. Banyak faktor yang mempengaruhi penurunan sistem imun, salah satunya adalah pola makan dengan nutrisi yang kurang baik. Tingkat nutrisi seseorang dapat berpengaruh terhadap sistem imun yang dimiliki. Nutrisi yang diperlukan dikenal dengan imunonutrisi, yaitu kumpulan zat-zat gizi tertentu atau substansi makanan spesifik yang dikonsumsi dari jumlah tertentu akan memberikan kemampuan memodulasi dan memperbaiki respon imun. Imunonutrisi yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan fungsinya mayoritas ditemukan pada sumber bahan pangan salah satunya seperti serealia yakni sorgum (*Sorghum bicolor* L.), yang dimanfaatkan dalam bentuk sereal, dikarenakan sangat mudah dan praktis dikonsumsi oleh masyarakat. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat kandungan dalam sorgum (*Sorghum bicolor* L.) berbasis sereal sebagai imunonutrisi dalam upaya meningkatkan sistem imun tubuh. Adapun metode yang digunakan untuk membuat artikel ini yaitu *literatur review* melalui pencarian data penelitian baik dari jurnal nasional maupun internasional serta buku kajian secara daring. Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa sorgum (*Sorghum bicolor* L.) memiliki kandungan kaya nutrisi seperti karbohidrat, serat makanan, protein, lipid, vitamin, dan mineral yang dapat bermanfaat untuk mempertahankan dan meningkatkan sistem imun.

Kata Kunci– Imunonutrisi, Nutrisi, Sereal, Sistem Imun, Sorgum.

1. PENDAHULUAN

Tubuh memiliki sebuah mekanisme pertahanan untuk menangkal bakteri atau virus yang masuk ke dalam tubuh, yang disebut sebagai sistem imun tubuh. Sistem imun adalah sistem yang membentuk kemampuan tubuh untuk menghalau bibit penyakit dengan menolak berbagai benda asing yang masuk ke dalam tubuh agar terhindar dari suatu penyakit [1]. Bila timbul bibit penyakit dalam tubuh manusia maka benda asing yang berasal dari dalam atau luar tubuh dapat masuk dan menyebabkan penurunan sistem imun atau disebut dengan sistem kekebalan tubuh. Beberapa faktor resiko yang menyebabkan seseorang mengalami penurunan sistem imun tubuh adalah salah satunya diakibatkan karna kurangnya gizi atau nutrisi yang masuk ke dalam tubuh, dan berkurangnya daya tahan tubuh yang diakibatkan oleh banyak faktor.

Tingkat nutrisi seseorang dapat berpengaruh terhadap sistem imun yang dimiliki. Tubuh memiliki enam komponen dasar asupan yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan sistem imun tubuh. Keenam komponen tersebut diantaranya protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, dan air. Nutrisi yang cukup dan sesuai sangat penting untuk berfungsinya sistem imun secara normal [2]. Nutrisi yang diperlukan tubuh didapatkan dari asupan makanan atau minuman yang masuk ke dalam tubuh. Pola makan dan minum berpengaruh pada jumlah asupan nutrisi yang akan didapatkan oleh tubuh, sehingga jika nutrisi dalam tubuh kurang maka akan menyebabkan menurunnya kemampuan tubuh untuk menangkal benda atau organism asing yang masuk ke dalam tubuh dan berdampak pada timbulnya penyakit.

Menurut hasil Riskesdas (2013), perilaku konsumsi masyarakat saat ini memiliki kebiasaan yang berisiko, antara lain kebiasaan mengonsumsi makanan atau minuman yang tinggi lemak, dibakar atau dipanggang, diawetkan, dan lain sebagainya, dimana hal tersebut merupakan salah satu faktor penyebab kurangnya nutrisi yang diperoleh akibat makanan atau minuman yang dikonsumsi masyarakat [3]. Bukan hanya itu pola konsumsi masyarakat Indonesia saat ini lebih cenderung menyukai makanan siap saji yang dikenal dengan *fast food* dan cemilan mengandung lemak atau gula tinggi tanpa memperhatikan nutrisi dari makanan yang dikonsumsi [3]. Hal inilah yang menjadi permasalahan dalam kesehatan masyarakat yakni kurangnya nutrisi tubuh yang dapat berpengaruh kepada sistem imun tubuh. Nutrisi tersebut saat ini dikenal dengan imunonutrisi, yaitu kumpulan zat-zat gizi tertentu atau substansi makanan spesifik yang dikonsumsi dari jumlah tertentu akan memberikan kemampuan memodulasi dan memperbaiki respon imun. Imunonutrisi merupakan Kumpulan zat gizi spesifik seperti protein (khususnya arginin dan glutamin), nukleotida, asam lemak, omega-3, antioksidan (vitamin A, vitamin C, dan vitamin E), dan mineral (zink) yang memiliki pengaruh terhadap sistem imunologik tubuh [4]. Imunonutrisi yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan fungsinya sangat banyak ditemukan pada sumber bahan pangan salah satunya seperti sereal [5].

Sereal merupakan sumber pangan fungsional berupa biji-bijian yang menjadi salah satu sumber energi, nutrisi, dan serat makanan dalam menu dan penting bagi kesehatan tubuh [6]. Pangan fungsional adalah bahan pangan yang mengandung komponen bioaktif yang memberikan efek fisiologis multifungsi bagi tubuh, antara lain seperti memperkuat daya tahan tubuh, mengatur ritme kondisi fisik, memperlambat penuaan, dan membantu mencegah penyakit [7]. Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) merupakan salah satu contoh sereal mengandung serat pangan yang diperlukan tubuh (*dietary fiber*) dan dapat memberikan efek positif bagi kesehatan [7]. Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) memiliki nutrisi yang cukup tinggi seperti karbohidrat, lemak, dan protein, dimana protein pada sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan protein yang terkandung dalam sereal lain seperti jagung, beras, jewawut, dan lainnya [8]. Kandungan nutrisi yang tinggi dalam sereal sorgum menjadi imunonutrisi yang sangat penting untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Beberapa hasil penelitian terkait asupan zat gizi yang dikonsumsi masyarakat menunjukkan pengaruh yang besar terhadap kekebalan tubuh [9]. Saat ini pola konsumsi masyarakat Indonesia lebih cenderung menyukai makanan siap saji yang dikenal dengan *fast food* dan cemilan ringan, maka dari itu sorgum diolah menjadi makanan yang praktis dan mudah

dikonsumsi dengan kaya serat dan nutrisi yaitu dalam bentuk sereal [3]. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan *literatur review* yang bertujuan untuk mengetahui manfaat kandungan dalam sorgum (*Sorghum bicolor* L.) berbasis sereal sebagai imunonutrisi dalam upaya meningkatkan sistem imun tubuh.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam pembuatan artikel ini yaitu *literature review*. Pustaka yang digunakan dalam pembuatan artikel ini yaitu jurnal penelitian yang relevan dan telah terpublikasi secara nasional maupun internasional dengan prioritas 5 tahun terakhir. Sumber yang digunakan dalam pembuatan kajian adalah secara online melalui *Google Scholar*, *Science Direct*, NCBI, PubMed, *ResearchGate*, serta penyedia jurnal ilmiah lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Sistem Imun Tubuh

Sistem imun adalah sistem yang membentuk kemampuan tubuh untuk menghalau bibit penyakit dengan menolak berbagai benda asing yang masuk ke dalam tubuh agar terhindar dari suatu penyakit [1]. Benda asing tersebut berasal dari luar ataupun dalam tubuh. Ada beberapa faktor resiko yang dapat mengakibatkan penurunan sistem imun tubuh seseorang yaitu seperti kurangnya gizi atau nutrisi yang masuk ke dalam tubuh, dan berkurangnya daya tahan tubuh yang diakibatkan oleh banyak faktor [4]. Salah satu elemen kunci dalam sistem imun tubuh adalah sel T, yang merupakan suatu jenis sel darah putih atau sering disebut dengan limfosit. Fungsi utama sel T adalah untuk mendeteksi patogen atau benda asing yang masuk ke dalam tubuh dan mengatasinya. Jika seseorang memiliki kondisi dimana produksi limfositnya terganggu, maka sistem kekebalan tubuhnya mungkin tidak akan merespons dengan cepat atau efektif terhadap infeksi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan perkembangan penyakit. Limfosit adalah elemen penting dalam sistem kekebalan tubuh. Sel T ini biasanya terdapat didalam limfa dan kelenjar betah bening, terutama di daerah periarteriolar, parakortikal, dan perifolikuler. Kerusakan pada membrane sel limfosit bisa disebabkan oleh senyawa radikal, dapat mengakibatkan penurunan responsnya, termasuk penurunan kemampuan proliferasi limfosit [4].

Saat pertama kali terjadi serangan oleh organisme asing, sistem kekebalan tubuh akan menunjukkan aktivitas yang sangat kuat dalam hal merespons secara seluler dan humoral selama kurang lebih beberapa minggu. Setelah organism easing berhasil dieliminasi, respons kekebalan tubuh akan mulai menurun. Sel T-supresor melakukan peran penting dalam menghentikan respons ini dengan mengirimkan sinyal untuk mengurangi aktivitas sel sitotoksik dan pembentukan antibodi. Selain itu, sel T-supresor juga menghambat konversi sel T menjadi bentuk sitotoksik dan mencegah sistem kekebalan tubuh menyerang dirinya sendiri. Sebelum sel T dan sel B menghilang, sel-sel memori akan terbentuk dan menyebabkan dalam sirkulasi darah dan sistem limfatik. Ketika organisme asing menyerang kembali, sel-sel memori ini akan mengenali antigen tersebut dengan cepat dan mulai mengaturnya. Hal ini termasuk produksi antibody dalam berbagai cairan tubuh seperti serum, lendir, saliva, dan air mata, sehingga organism easing dapat dikenali

dan dihadap di berbagai tempat masuknya patogen. Peran sentral dalam semua jenis respons kekebalan tubuh dilakukan oleh sel T-helper CD4+. Ketika mereka terpapar oleh antigen, sel T-helper CD+ akan mengalami diferensiasi menjadi dua subkategori, yaitu sel TH1 dan TH2. Sel TH1 akan melepaskan sitokin yang membantu dalam respons kekebalan tubuh seluler dengan meningkatkan populasi sel T-sitotoksik CD8+ dan mengaktifkan makrofag yang merupakan komponen penting dalam respons kekebalan tubuh yang bersifat non-spesifik. Selain itu, sitokin yang dihasilkan oleh makrofag juga merangsang pertumbuhan dan diferensiasi sel T-helper [10]. Proliferasi limfosit merupakan penanda adanya fase aktivasi dari respon imun tubuh yang menandakan bahwa terjadinya peningkatan dari sistem imun [4].

Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) termasuk sereal kelima yang paling banyak diproduksi di dunia dan menjadi sumber nutrisi serta mengandung senyawa bioaktif untuk makanan manusia [11]. Sorgum merupakan tanaman yang termasuk kedalam golongan sereal, dimana memiliki potensi sebagai pengganti pangan yakni padi. Tanaman ini dapat tumbuh pada daerah kering ataupun lembab, memiliki adaptasi yang luas, dan dapat juga tumbuh pada lahan yang kurang subur. Adapun taksonomi tanaman sorgum adalah sebagai berikut: [12]

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae
Subfamili	: Panicoideae
Genus	: Sorghum
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i> L. (Moench)

Di Indonesia, tanaman sorgum cocok ditanam di daerah dataran rendah sampai daerah dengan ketinggian 800 mdpl dengan curah hujan 375-425 mm, suhu optimal pertumbuhan anatar 23°C-30°C dan kelembaban relatif 20-40% [12]. Varietas sorgum sangat beragam dan tersebar luas di beberapa negara salah satunya di Indonesia, keberagaman tersebut dapat dilihat dari segi daya hasil, waktu umur panen, warna biji, kualitas biji, dan rasa. Umur panen sorgum berkisar dari muda (kurang dari 80 hari), sedang (80 – 100 hari), dan tua (lebih 100 hari). Untuk tinggi batang sorgum tergantung varietas yakni berkisar dari ukuran batang pendek (< 100 cm), batang ukuran sedang (100 – 150 cm), dan batang ukuran tinggi (>150 cm). Tinggi tanaman varietas lokal di Indonesia mencapai 300 cm [12].

Penggunaan sorgum dapat dibagi menjadi empat kelompok utama. Kelompok pertama sorgum dengan biji yang berfungsi sebagai alternatif sumber pangan di Indonesia dan di daerah tropis. Kelompok kedua sorgum manis yang digunakan dalam pembuatan etanol, minuman beralkohol, makanan ternak, dan sirup. Selanjutnya kelompok ketiga terdapat sorgum tambahan yang digunakan dalam industri pembuatan sapu atau sikat, seperti Koaliang dan Technicum Jav. Terakhir kelompok keempat ada sorgum rumput yang digunakan sebagai makanan ternak, seperti

Johnson grass atau Sudan grass. Sorgum biji secara umum lebih sering digunakan sebagai bahan pangan. Jenis-jenis sorgum biji mencakup Durra dengan biji putih dan coklat, Feterita dengan biji putih, Hegari dengan biji putih suram, dan Guineense dengan biji putih dan merah lembayung [12].

Komponen Nutrisi dan Aktivitas Sorgum Dalam Meningkatkan Sistem Imun

Asupan zat gizi yang kurang dalam tubuh dapat dikarenakan oleh beberapa faktor salah satunya yakni pola makan. Salah satu kebutuhan penting bagi tubuh adalah asupan protein, vitamin A, vitamin C, dan sejumlah nutrisi lainnya yang memainkan peran vital dalam menjalankan fungsi tubuh, termasuk menjaga sistem kekebalan tubuh. Komponen-komponen nutrisi ini dikenal sebagai imunonutrisi. Imunonutrisi merujuk pada sekelompok nutrisi khusus atau senyawa makanan tertentu yang Ketika dikonsumsi dalam jumlah yang tepat dalam pola makan, memiliki kemampuan untuk mengatur dan memperbaiki respons kekebalan tubuh. Ini melibatkan nutrisi tertentu sebagai protein (seperti arginin dan glutamin), nukleotida, asam lemak omega-3, antioksidan (seperti vitamin A, vitamin C, dan vitamin E), serta mineral seng. Nutrisi-nutrisi ini dapat diberikan secara Tunggal ataupun kombinasi dan memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter imunologi dan peradangan tubuh [4].

Sorgum memiliki nutrisi yang cukup tinggi, beberapa penelitian telah menyatakan bahwa sorgum merupakan salah satu sereal kaya nutrisi. Studi ekstensif pada beberapa penelitian mengenai komposisi nutrisi sorgum telah menunjukkan bahwa sereal sorgum merupakan sumber energi, karbohidrat, asam lemak tak jenuh, mineral, vitamin, dan beberapa asam amino esensial. Selain itu, sorgum juga memiliki kandungan beberapa komponen fungsional, di antaranya seperti kandungan serat pangan (*dietary fiber*) yang dapat memberi efek positif terhadap kesehatan. Sorgum juga memiliki kandungan senyawa fenolik yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan, antitumor, dan dapat menghambat perkembangan virus sehingga dapat mencegah risiko timbulnya penyakit [13].

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Dalam Sorgum

Kandungan (%)							Referensi
Air	Abu	Protein	Serat	Lemak	Karbohidrat	Tanin	
12,14	2,42	8,07	2,59	1,45	75,66	0,82	[14]
-	-	5,69	-	25,2	49,9	-	[15]
-	-	8,4	6,6	3,3	76,6	-	[16]
-	-	13	-	3,4	-	-	[3]
-	4,2	14,9	26,1	10,5	85,2	-	[17]
-	-	10,62	-	1,558	72,09	-	[6]

Dari beberapa penelitian terkait dengan kandungan nutrisi menunjukkan sorgum salah satu komoditas yang cukup potensial karena memiliki kandungan gizi yang memadai sebagai sumber

pangan kaya nutrisi (Tabel 1). Perbedaan jumlah kandungan dalam sorgum dikarenakan dalam beberapa penelitian menggunakan varietas sorgum yang berbeda, yang dimana dalam varietas tersebut memiliki masing-masing jumlah kandungan yang bervariasi. Sorgum juga dilaporkan mengandung beberapa asam amino esensial dan non-esensial, yang dibutuhkan dalam proses metabolisme tubuh yakni pembentukan antibodi yang merupakan komponen penting dalam sistem kekebalan tubuh [14].

Tabel 2. Komposisi Asam Amino Sorgum [14]

Jenis Asam Amino	Jumlah (mg/100g)
Asam aspartate	480,07
Asam glutamat	438,90
Serin	187,98
Histidine	401,32
Arginin	63,90
Treonin	373,30
Alanin	270,11
Prolin	950,00
Tirosin	1.489,20
Valin	545,32
Metionin	423,44
Fenilalanin	960,75
Leusin	347,16
Isoleusin	163,25
Lisin	483,68

Dari hasil beberapa penelitian sorgum memiliki kandungan nutrisi yakni mineral, serat, lemak, karbohidrat, tannin, protein (asam amino), vitamin (vitamin A, vitamin E, vitamin B), serta aktivitas antioksidan, kandungan dalam sorgum ini memiliki peran dalam peningkatan sistem imun tubuh. Sorgum memiliki kandungan vitamin yang tinggi, diantaranya kandungan vitamin B kompleks dengan kadar tiamin, riboflavin, dan niasin yang bervariasi berkisar 0,1-19,9 mg/100g, vitamin E sebesar 1,38 mg/100g, vitamin A sejumlah kecil 0,01 mg/100g [17]. Tidak hanya itu, dalam beberapa penelitian dilaporkan juga bahwa sorgum memiliki aktivitas antioksidan sebesar 40,46% dan menjadi salah satu pangan sumber antioksidan karena adanya kandungan fenolik seperti asam fenolik, senyawa tannin terkondensasi, dan flavonoid [3].

Protein diserap tubuh dalam bentuk asam amino (Tabel 2). Protein berperan dalam pembentukan zat kekebalan tubuh (antibodi seperti leukosit, limfosit, imunoglobulin dan lain-lain) yang merupakan sistem kekebalan tubuh terhadap serangan dari mikroorganisme penyebab penyakit [4]. Protein diserap tubuh dalam bentuk asam amino yang berperan dalam pembentukan zat kekebalan tubuh yaitu antibodi salah satunya limfosit yang merupakan komponen penting dalam pembentukan sistem kekebalan tubuh. Pada sorgum memiliki kandungan asam amino arginin dan glutamin yang berperan dalam memelihara fungsi sistem kekebalan tubuh. Arginin mempengaruhi fungsi limfosit T, yang dimana dapat memberikan pengaruh positif pada sel-T sehingga dapat mengakibatkan respon yang dapat meningkatkan sistem imun. Glutamin merupakan asam amino bebas pada keadaan tertentu memiliki sifat non esensial yang dimana dapat berperan imunomodulator dengan efek antioksidan dan kemampuannya untuk memperbaiki leukosit serta mengatur pelepasan sitokin pro-inflamasi [4]. Dalam tabel 2 diatas terlihat sorgum memiliki banyak komposisi asam amino, yang dimana asam amino tersebut merupakan protein yang diserap tubuh dan akan membentuk zat antibodi yang akan berperan dalam peningkatan sistem imun tubuh.

Pada tabel 1 sorgum memiliki kandungan tannin, dimana tannin terkondensasi menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, hal ini dibuktikan dengan studi in vitro yang diselidiki melalui aktivitas penangkalan radikal bebas menunjukkan 15-30 kali lipat lebih efektif dan penghambatan enzim prooksidatif [6]. Didapatkan juga bahwa aktivitas antioksidan tannin sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan sereal lainya, namun disisi lain senyawa ini memiliki sifat sebagai antinutrisi yang memberikan efek merugikan dalam sistem pencernaan manusia [7].

Antioksidan yang terdapat dalam vitamin E memiliki peran penting dalam melindungi membrane sel secara langsung dan menjaga integritas serta permeabilitasnya. Hal ini berdampak besar pada fungsi sistem kekebalan tubuh, khususnya pada sel-sel utama seperti sel T-helper, yang berinteraksi dengan sel *antigen presenting cell* (APC). Dengan menjaga integritas membrane sel, komunikasi atau interaksi antar sel dapat dipertahankan atau ditingkatkan, yang pada akhirnya akan memengaruhi produksi sitokin dan meningkatkan aktivitas pembentukan antibodi [18].

Aktivitas antioksidan yang terdapat pada sorgum merupakan zat gizi yang berguna untuk meningkatkan sistem imun tubuh. Antioksidan adalah senyawa yang dapat menyeimbangkan aktifitas radikal bebas sehingga dapat menghambat atau menghentikan proses oksidasi. Menurut Kemenkes RI (2020), vitamin dan mineral yang terkandung pada sorgum berperan sebagai antioksidan yang berguna untuk mempertahankan dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh secara optimal [19]. Komponen bioaktif dalam sorgum yaitu polifenol dimana dalam penelitian dilaporkan bahwa senyawa tersebut menunjukkan kapasitas antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan sereal lainya [17]. Fenolik dalam sorgum berperan dalam menangkal radikal bebas sehingga dapat mencegah timbulnya penyakit [6]. Studi in vitro dilaporkan bahwa kandungan fenolik dan antioksidan yang tinggi dalam sorgum terbukti dapat menghambat glikasi albumin serta penghambatan dan pencegahan radikal bebas masuk ke dalam tubuh [6]. Kemampuan senyawa fenolik dan flavonoid pada sorgum berperan sebagai antioksidan akan melindungi sel limfosit dari stress oksidatif sehingga dapat meningkatkan aktivitas proliferasi limfosit diduga

dengan cara seperti kemampuan senyawa fenolik mendonorkan electron dan menangkap radikal bebas atau ROS (*Reactive Oxygen Species*), kemudian diubah menjadi radikal non aktif sehingga tidak memacu terbentuknya radikal bebas hidroksil (OH^\cdot) yang sangat relatif dapat merusak sel [5]. Komponen fenolik dalam sorgum berikatan dengan protein melalui reseptor sel seperti sel limfosit akan membentuk suatu ikatan yang dapat mengaktivasi protein G yang kemudian akan mengaktivasi enzim fosfolipase C. Fosfolipase C ini akan memecah fosfatidil inositol bifosfat (PIP_2) menjadi diasilgliserol (DAG) dan trifosfat inositol (IP_3) pada membran. Senyawa IP_3 berdifusi dari membran ke sitosol dan berikatan dengan protein reseptor pada permukaan sitoplasmik *calcium-sequestering compartment*. Pengikatan ini menyebabkan peningkatan konsentrasi ion Ca^{2+} sitosol. Diasilgliserol dan peningkatan konsentrasi Ca^{2+} mengaktivasi enzim protein kinase C. Protein kinase C yang teraktivasi memfosforilasi atau memindahkan gugus fosfat ke residu serin atau treonin spesifik pada protein membran sehingga mengaktivasi pertukaran Na^+ , H^+ yang berakibat pada peningkatan pH. Peningkatan pH ini memberikan tanda pada sel untuk melakukan aktivitas proliferasi. Aktivasi protein kinase C akan menstimulasi produksi interleukin-2 (IL-2) yang mengaktivasi sel B atau sel T untuk berproliferasi. Proliferasi limfosit merupakan penanda adanya fase aktivasi dari respon imun tubuh, maka akan terjadi peningkatan sistem imun tubuh. Sorgum juga dilaporkan memiliki komponen bioaktif senyawa α -glukan pada bagian perikrap dan endosperma biji. Senyawa α -glukan diketahui memiliki sifat immunomodulator atau mengatur sistem imun. Dengan demikian komponen bioaktif sorgum yang diduga dapat meningkatkan aktivitas proliferasi limfosit limpa dari senyawa fenolik seperti asam ferulat dan senyawa α -glukan sehingga terjadinya peningkatan sistem imun tubuh [5].

Pengembangan Sorgum dalam Bentuk Sereal Imunonutrisi

Perubahan gaya hidup berjalan seiring dengan kemajuan teknologi, pola konsumsi masyarakat juga turut mengalami perubahan. Produk makanan instan yang disajikan dengan mudah dan praktis kini menjadi pilihan utama bagi sebagian besar masyarakat modern, salah satunya yaitu sereal sarapan menjadi salah satu pilihan yang cukup digemari dan populer dikalangan masyarakat [20]. Menurut data yang terdapat dalam *Agricultural and Processed Food Products Export Development Authority* (APEDA), pemanfaatan produk sereal diproyeksikan mengalami peningkata sebesar 4,3% dari tahun 2017 hingga 2025. Sorgum sangat potensial untuk dikembangkan menjadi bahan baku pembuatan produk sereal, dikarenakan sorgum sangat toleran dan mudah beradaptasi terhadap kondisi iklim yang kering dan ekstrim, dengan perawatan yang mudah, sehingga dapat dibudidayakan di wilayah Indonesia [20]. Pengolongan komoditas serealia menjadi produk pangan secara umum melibatkan proses fermentasi, dimana sejumlah penelitian menunjukkan bahwa fermentasi menjadi pilihan metode yang cukup efektif untuk meningkatkan kandungan nutrisi dan karakteristik sensoris produk akhir, salah satunya yakni dalam menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan [20].

Persiapan bahan baku sebagai langkah awal dalam pembuatan produk sereal. Dilakukan fermentasi terpisah terhadap biji sorgum utuh sebanyak 2 kg dengan cara merendam biji sorgum utuh dalam larutan ragi tape 1% selama 72 jam. Setelah proses fermentasi selesai, biji sorgum

dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu $45\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah pengeringan, biji sorgum yang telah kering diubah menjadi tepung dengan menggunakan *food processor* dan disaring hingga mencapai tingkat kehalusan 80 mesh. Dan terbentuklah tepung biji sorgum yang telah terfermentasi. Proses pembuatan sereal saraapan dimulai setelah bahan baku disiapkan. Proses ini melibatkan pembuatan flakes dengan mengikuti formulasi yang tercantum dalam Tabel 3. Dimana pertama-tama semua bahan kering dicampurkan untuk memastikan distribusi yang merata. Setelah itu, telur dan margarin yang telah dilelehkan ditambahkan ke campuran tersebut menggunakan *mixer* hingga membentuk adonan yang homogen [20].

Langkah berikutnya adalah mencetak adonan menggunakan alat pencetak *egg roll*, kemudian mengolahnya dengan memanaskan diatas kompor selama 5 menit. Tujuan dari Langkah ini adalah untuk mendapatkan lembaran adonan setengah matang dengan ketebalan sekitar 1 mm. Selanjutnya, lembaran adonan setengah matang tersebut dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C selama 35 menit hingga menghasilkan lembaran adonan yang kering dengan tekstur berpori dan berwarna kuning keemasan. Proses selanjutnya adalah mengubah lembaran adonan menjadi serpihan (*flakes*) dengan menggunakan penggiling (*roller*). Pada tahap akhir, serpihan *flakes* sebanyak 30% dicampur dengan 70% bahan campuran minuman, sehingga menghasilkan produk sereal instan. Bahan campuran minuman ini dapat terdiri dari susu bubuk *full cream*, *instant creamer*, dan gula halus dalam perbandingan 2:2:1 (b/b). Kemudian campuran sereal instan tersebut dapat dikemas dan disimpan pada suhu ruang ($25\pm 5^{\circ}\text{C}$) dan siap untuk dikonsumsi [20].

Tabel 3. Formulasi Bahan Dalam Pembuatan *Flakes* Sereal [20]

Bahan	Jumlah (g)
Tepung sereal	120
Maltodekstrin	30
Fruktosa	45
Gula	45
Telur	165
Krimer	30
Margarin	75

Dalam penelitian juga membuktikan formula tersebut optimal dalam pembuatan produk sereal sorgum yang dibandingkan dengan sereal berbahan baku lainnya, dengan tidak mempengaruhi kadar nutrisi yang terkandung dalam bahan baku yakni sorgum itu sendiri. Analisis terhadap kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, energi total, dan serat pangan dari produk sereal sorgum yang dikembangkan dilakukan untuk memastikan hal tersebut akan memberikan efek positif kepada masyarakat ketika dikonsumsi. Hasil analisis kadar protein pada produk sereal sorgum menunjukkan dengan mengkonsumsi sereal sorgum dapat memberikan rasa kenyang tanpa harus mengkonsumsi kalori dalam jumlah besar, hal ini dikarenakan komponen protein pada

sorgum lebih lambat dicerna dibandingkan dengan sereal dari bahan sereal lainya. Untuk analisis kadar lemak hasil menyatakan bahwa sereal sorgum merupakan sereal rendah lemak, dimana berdasarkan SNI 01-4270-1996 membuktikan bahwa hanya sereal sorgum yang telah memenuhi persyaratan mutu untuk produk susu sereal dengan kandungan rendah lemak. Hal ini tentunya akan dapat menguntungkan bagi siapa saja yang mengkonsumsi sereal ini. Kadar karbohidrat dalam sereal sorgum menunjukkan kandungan karbohidrat dari sorgum mengalami penurunan kadar, namun keunggulannya yaitu pati yang merupakan bentuk simpanan karbohidrat utama dalam sorgum memiliki daya cerna yang lebih rendah dibandingkan sereal lainya, hal ini sangat cocok untuk masyarakat yang ingin diet ataupun penderita diabetes. Sereal sorgum memiliki total energi yang rendah atau rendah kalori, menurut angka kecukupan gizi (AKG) nasional mengatakan bahwa kebutuhan kalori harian yang diperlukan khususnya untuk masyarakat Indonesia yaitu 2000 kkal. Untuk itu jumlah asupan gizi yang dibutuhkan masyarakat untuk menghasilkan sistem imun yang baik adalah berkisar 400-500 kkal. Dari penelitian tersebut dimana perhitungan konsumsi sereal diperhitungkan dan menyatakan bahwa dengan mengkonsumsi 100 gram produk sereal sorgum belum mencukupi kebutuhan asupan gizi khususnya energi di pagi hari. Kandungan serat pangan sorgum dibandingkan dengan serat pangan produk sereal dari bahan sereal lainya menunjukkan bahwa sereal sorgum memiliki kandungan serat pangan tertinggi, yang dimana hal tersebut tentunya membuktikan bahwa dalam bentuk sereal bahan baku sorgum tetap kaya serat dan nutrisi, hal ini tentunya sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan tubuh, yang secara otomatis akan meningkatkan sistem imun tubuh yang akan menangkal radikal bebas masuk ke dalam tubuh, dan mencegah timbulnya penyakit [20].

4. KESIMPULAN

Kumpulan asupan zat gizi yang terdapat dalam sorgum seperti protein asam amino (khususnya arginin dan glutamin), serat alami, asam lemak, mineral, vitamin (vitamin A, vitamin C, dan vitamin E), dan mineral (zink) yang menandakan sereal sorgum adalah imunonutrisi yang memiliki nilai nutrisi tinggi dan dengan adanya senyawa fenolik yang dapat berperan sebagai antioksidan akan menimbulkan efek immunomodulator atau meningkatkan aktivitas proliferasi limfosit limpa sebagai penunjang dalam meningkatkan sistem imunitas tubuh, hal tersebut dibuktikan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan. Adanya pengembangan pemanfaatan sereal sorgum dengan kandungan nutrisi yang tinggi diolah dengan menggunakan kemajuan teknologi menjadi makanan instan berupa sereal yang akan sangat memudahkan masyarakat dalam mendapatkan asupan nutrisi yang berpengaruh dalam meningkatkan dan menjaga kesehatan tubuh. Pengembangan ini tentunya akan digemari masyarakat modern, karna disajikan secara cepat dan praktis tentunya kaya akan nutrisi. Namun, belum banyak terdapat penelitian yang lebih mendalam terkait kandungan sereal sorgum dengan nutrisi tinggi dan juga minimnya informasi terkait pengembangan sorgum dalam bentuk sereal yang dapat berpengaruh pada peningkatan imun tubuh. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut baik secara *in vitro*, *in vivo*, serta optimasi formula agar didapatkan produk sereal dengan kandungan imunonutrisi tinggi yang dapat

memberikan efek peningkatan sistem imun yang optimal. Dengan berbagai keunggulannya, bukan tidak mungkin pengembangan inovasi ini dapat diterima dan dikenal oleh masyarakat luas sehingga pemanfaatan dari sereal sorgum sebagai imunonutrisi dapat dijadikan alternatif pencegahan permasalahan masalah kesehatan khususnya dalam menjaga dan meningkatkan sistem imun tubuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis disampaikan kepada seluruh pihak Program Studi Farmasi Universitas Udayana yang telah memwadhahi sehingga kajian ini dapat terpublikasi. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan yang turut terlibat dalam penyusunan kajian ini sehingga dapat terselesaikan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hidayat and A. A. Syahputra, "Perancangan Multimedia Interaktif Sistem Imun Tubuh Pada Manusia," *Vis. Herit. J. Kreasi Seni dan Budaya*, vol. 2, no. 03, pp. 144–149, 2020, doi: 10.30998/vh.v2i03.898.
- [2] Ivanali Kesit, "MODUL Konsep Dasar Imunitas," 2019.
- [3] Dinda Winiastri, "Formulasi Snack Bar Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) dan Labu Kuning (*Cucurbita moschata*) DITINJAU Dari UJI ORGANOLEPTIK dan Uji Aktivitas Antioksidan," vol. 3, no. 2, p. 6, 2021.
- [4] D. I. Angraini and P. R. Ayu, "The Relationship between Nutritional Status and Immunonutrition Intake with Immunity Status," *Juke*, vol. 4, no. 8, pp. 158–165, 2014.
- [5] G. A. K. D. Puspawati and F. Z. Rungkat, "Peningkatan Proliferasi Limfosit Limpa pada Tikus yang Diberi Makan Sorgum," *Veteriner*, vol. 13, no. 1, pp. 26–33, 2012.
- [6] A. Stefoska-Needham, E. J. Beck, S. K. Johnson, and L. C. Tapsell, "Sorghum: An Underutilized Cereal Whole Grain with the Potential to Assist in the Prevention of Chronic Disease," *Food Rev. Int.*, vol. 31, no. 4, pp. 401–437, 2015, doi: 10.1080/87559129.2015.1022832.
- [7] Suarni and H. Subagio, "Potensi Pengembangan Jagung Dan Sorgum Sebagai Sumber Pangan Fungsional Potential of Corn and Sorghum Development as Functional Food Sources," *Litbang Pertan.*, vol. 32, no. 1, p. 2, 2013.
- [8] N. Novidahlia and A. I. P. , Intan Kusumaningrum, "Physicochemical Characteristic and Sensory of Ready to Drink Cereal Made From Sorghum (*Sorghum Bicolor*) and Tempe Flour," vol. 6, no. 2, pp. 181–188, 2020.
- [9] A. S. Ramadhia, H. Harna, M. Sa'pang, and N. Nadiyah, "Hubungan Asupan Zat Gizi Mikro, Durasi Tidur, Indeks Massa Tubuh Dan Status Imun Pegawai Balitbang Hukum Dan Ham," *J. Nutr. Coll.*, vol. 10, no. 4, pp. 328–334, 2021, doi: 10.14710/jnc.v10i4.31620.
- [10] J. Sudiono, "Sistem kekebalan tubuh," *Penerbit Buku Kedokt. EGC*, no. June, pp. 18–37, 2019, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/317721579_Sistem_Kekebalan_Tubuh
- [11] A. Osman *et al.*, "Nutrient Composition and In Vitro Fermentation Characteristics of Sorghum Depending on Variety and Year of Cultivation in Northern Italy," *Foods*, vol. 11, no. 20, 2022, doi: 10.3390/foods11203255.
- [12] N. Aryani F, F. Tajuddin N, K. Khatimah, N. Magfira, A. Khairunnisa I, and N. Aminuddin W, "Buku KP Tim Balitsereal Biologi UNM (Budidaya Tanaman Sorgum)," pp. 1–30,

- 2022.
- [13] S. Prabawa, A. Zoelnanda, and C. Anam, "Evaluation Of Sensory And Physicochemical Quality Of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Wet Noodle As An Alternative Of Functional Food," vol. 16, no. 1, pp. 13–28, 2023.
 - [14] S. Suarni, "Peranan Sifat Fisikokimia Sorgum dalam Diversifikasi Pangan dan Industri serta Prospek Pengembangannya," *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.*, vol. 35, no. 3, p. 99, 2017, doi: 10.21082/jp3.v35n3.2016.p99-110.
 - [15] E. E. Farrah, Sondang Dhea, E. Mutiara, R. Purba, F. T. Ingtyas, and Marhamah, "Analisis Kandungan Gizi Dan Aktivitas Antioksidan Pada Cookies Substitusi Tepung Sorgum (*Sorghum bicolor* L.)," *Sport Nutr. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 20–28, 2022.
 - [16] M. J. McGinnis and J. E. Painter, "Sorghum: History, Use, and Health Benefits," *Nutr. Today*, vol. 55, no. 1, pp. 38–44, 2020, doi: 10.1097/NT.0000000000000391.
 - [17] A. A. Oluwafemi, "African Sorghum-Based Fermented Foods: Past, Current and Future Prospects," *Nutrients*, vol. 12, pp. 1111–1136, 2020.
 - [18] Siswanto, Budisetyawati, and F. Ernawati, "Peran Beberapa Zat Gizi Mikro Dalam Sistem Imunitas," vol. 36, no. 1, pp. 57–64, 2013.
 - [19] B. Arinda Putri and R. Kushargina, "Edukasi dan Pelatihan Pembuatan Minuman Sumber Antioksidan Secara Online untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh Remaja," *J. Abmas Negeri*, vol. 2, no. 2, pp. 114–120, 2021, doi: 10.36590/jagri.v2i2.169.
 - [20] I. Ambarsari *et al.*, "Kandungan Nutrisi Dan Kualitas Sensoris Produk Minuman Sereal Sarapan Berbasis Flakes Jagung, Jali, Dan Sorgum Nutritional And Sensory Quality Of Breakfast Cereal Based-On Corn, Coix, And Sorghum Flakes," vol. 17, no. 2, pp. 108–116, 2020.