



Literature Review: Pengaruh Sorgum Manis sebagai Immunomodulator

Ghina Rania Rizmananda

Departemen Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Indonesia

Alamat: Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Kec. Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur 60115

Korespondensi penulis: ghina.rania.rizmananda-2021@fkm.unair.ac.id

Abstract. Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor*) is a group of cereals that have health benefits for the body. There are antioxidant and anti-inflammatory contents in sweet gandrung which are believed to provide immune effects. The study aims to determine the relationship between giving sweet gandrung and the antioxidant and anti-inflammatory activities of sorghum as an immunomodulator through existing clinical and experimental trials. Meta-analysis was conducted by collecting, collecting and analyzing data through 4 relevant journals. Studies were selected based on inclusion and exclusion criteria. The results of the meta-analysis showed that there was a significant difference in giving a sweet gandrung diet with antioxidant activity, decreased lymphocytes ($p < 0.05$) in inflammation. There was a significant effect of giving a dose of sweet gandrung in the form of extract or Jobelyn in reducing lymphocyte levels and showing antioxidant and anti-inflammatory activity that acts as a protector against tissue damage

Keywords: *Sorghum bicolor*, Immune, Inflammation

Abstrak. Gandrung manis (*Sorghum Bicolor*) merupakan kelompok sereal yang memiliki manfaat kesehatan bagi tubuh. Terdapat kandungan antioksidan dan anti-inflamasi pada gandrungmanis yang dipercaya dapat memberikan efek kekebalan tubuh. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan pemberian gandrung manis terhadap aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi sorgum sebagai imunomodulator melalui uji klinis dan eksperimental yang ada. Meta-analisis dilakukan dengan identifikasi, pengumpulan dan analisis data melalui 4 jurnal yang relevan. Studi dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada pemberian diet gandrung manis dengan adanya aktivitas antioksidan, penurunan limfosit ($p < 0.05$) pada inflamasi. Terdapat efek signifikan pemberian dosis gandrung manis dalam bentuk ekstrak atau Jobelyn dalam menurunkan kadar limfosit serta menunjukkan adanya aktivitas antioksidan, anti inflamasi yang berperan sebagai pelindung terhadap kerusakan jaringan

Kata kunci: Sorgum manis, imun, inflamasi

1. LATAR BELAKANG

Penyakit infeksi merupakan masalah kesehatan penting di berbagai negara, salah satunya Indonesia. Kondisi dimana tubuh mengalami invasi oleh organisme patogen seperti bakteri, jamur, virus atau parasit disebut dengan infeksi yang berpengaruh terhadap fungsi organ tubuh. Infeksi memiliki skala ringan hingga parah yang mengancam jiwa sehingga dapat menimbulkan masalah kesehatan (Puluhulawa dan Paeno, 2024)

Sistem imun tersusun atas jaringan kompleks protein dan sel yang berperan dalam melawan penyakit dan patogen yaitu virus dan bakteri. Pada sistem imun tubuh dibedakan menjadi dua bagian yaitu sistem imun *innate* dan sistem imun adaptif. Sistem imun *innate* merupakan bentuk pertahanan awal terhadap mikroorganisme yang masuk dalam tubuh dengan cara memberikan respon cepat. Pada sistem imun adaptif terjadi respon yang lebih terlambat dan terjadi apabila sistem imun *innate* tidak melakukan tugas nya dalam penghancuran patogen (Fadillah dan Lestari, 2023).

Sorgum termasuk dalam 5 jenis sereal yang penting dengan perkiraan jumlah produksi yaitu 5,3 juta ton. Sorgum merupakan makanan pokok di Afrika, Amerika Tengah dan Asia Timur. Di Amerika Serikat, sorgum digunakan dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biji-bijian etanol. Di China, Filipina dan India sorgum manis digunakan sebagai

bahan etanol gula, sumber bahan tak habis pakai serta sumber partikel berkelanjutan untuk pembuatan minyak. Selain itu metabolit sekunder yang terkandung dalam sorgum yaitu fenol, sterol, policosanol. Saat ini sorgum banyak diteliti terkait kandungan fitokimia yang berperan dalam aktivitas antioksidan dan potensi manfaat bagi kesehatan lainnya (Khalid *et al.*, 2022)

Studi meta-analisis yang dilakukan ditujukan untuk mengetahui efek sorgum (gandrung manis) maupun turunan polifenolnya atau dalam bentuk suplementasi Sorgum manis-Jobelyn (SBJS) terhadap sistem pertahanan tubuh dimana hal ini telah secara luas diakui terkait manfaat bagi kesehatan seperti bentuk pencegahan kemo, mitigasi dari sakit artritis, stroke berkelanjutan dan gangguan otak. Selain itu gandrung manis memiliki komponen bioaktif dengan multi-target serta penekan reaksi oksidatif dan sinyal inflamasi. Komponen bioaktif telah dibuktikan melalui kemampuan neuroprotektif dan menghambat proliferasi sel kanker melalui stimulasi gen promotor apoptosis. Efek gandrung manis juga diteliti pengaruhnya pada infeksi viral seperti HIV/AIDS dan COVID-19, dan ditinjau berdasarkan kemampuan modulasi imun melalui aktivitas *health-promoting* pada kondisi kesehatan seperti infeksi kronis dan kanker. Mekanisme diamati melalui adanya aktivitas antioksidan, anti-inflamasi, dan aktivitas imunomodulator (Adebesin, 2024)

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem imun memiliki peran penting sebagai pelindung tubuh dari agen lain yang memicu terjadinya infeksi serta kerusakan aktivitas tubuh secara seluler. Kekebalan tubuh dapat aktif apabila terjadi invasi mikroba seperti virus dan bakteri (Ilyas *et al.*, 2022). Pada tubuh sel darah putih memiliki peran penting terhadap sistem imun dimana sel darah putih dapat bergerak ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah dan membantu mengawasi adanya invasi oleh mikroba, tubuh mengalami pertukaran cairan dan sel antara darah dan pembuluh limfatik dan mengaktifkan sistem limfatik. Pada setiap kelenjar yang terdapat pada limfatik di pembuluh darah memiliki bagian tertentu yang dapat membentuk antigen (Chowdhury *et al.*, 2020).

Sistem imun bawaan atau *innate* memiliki sel utama yaitu monosit, makrofag, neutrofil yang berfungsi dalam mengidentifikasi, dan menggambarkan antigen khususnya di sel T pada *adaptive* immune system (Wasityasuti *et al.*, 2020). Sistem imun adaptif memiliki beberapa komponen seperti limfosit sebagai sel utama yang terdapat pada organ dan jaringan limfoid. Kemudian sel yang termasuk dalam sistem adaptif yaitu limfosit T dan B. Sel T terletak pada sumsum tulang belakang dan timus. Adapun sel T Berperan penting melindungi dari patogen serta mengawasi dan eliminasi sel kanker. Sel B limfosit berperan dalam mengenali antigen spesifik dan mengarahkan aktivasi produksi antibodi untuk menetralkan atau eliminasi patogen yang dikenali. Sehingga Sel B limfosit memiliki peran pertahanan tidak hanya sebagai pelindung pertama namun dalam jangka panjang (Wang *et al.*, 2024)

Sorgum termasuk salah satu jenis sereal penting dimana merupakan sumber antioksidan dan komponen bioaktif polifenol, kandungan bebas gluten, sumber fitokimia. Sorgum dapat memberikan manfaat kesehatan melalui komponen fenolik dan antioksidan. Pada umumnya sorgum banyak digunakan untuk memasak sedangkan sorgum merah atau coklat memiliki kandungan bioaktif tinggi seperti polifenol, tanin, flavonoid yang memiliki potensi sebagai anti diabetes, anti inflamasi, imun modulator, anti virus dan anti kanker (Punia *et al.*, 2020). Penggunaan sorgum berpotensi sebagai imunomodulator melalui kandungan bioaktifnya.

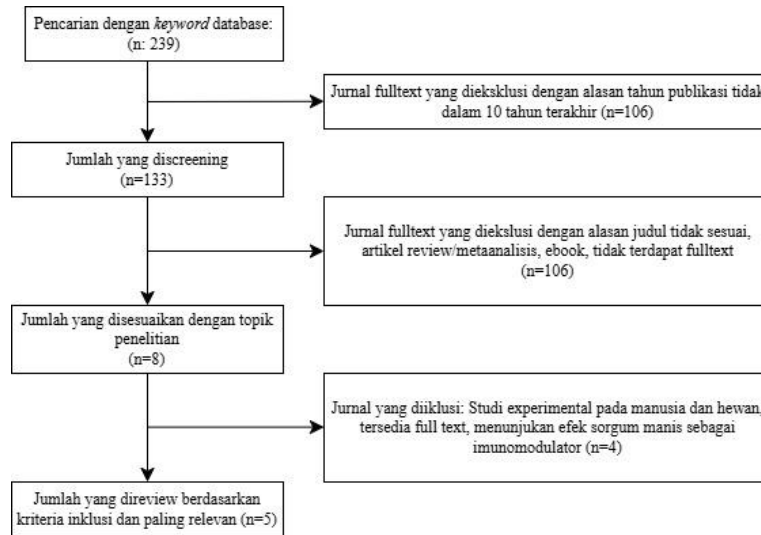
Perubahan respon imun yang mengalami peningkatan maupun penurunan disebabkan adanya imunomodulasi terhadap respon imun. Respon imun adalah bentuk dari kemampuan tubuh dalam mengidentifikasi dan melindungi tubuh dari adanya bakteri, virus dan benda asing lain yang cenderung berbahaya. Imunomodulator merupakan sebagai substansi biologis atau sintetis yang dapat memodulasi, menstimulasi atau menekan komponen dari sistem imun meliputi respon imun *innate* dan adaptif (Visidha, 2020).

Komponen fenolik merupakan metabolit sekunder dari biosintesis natural tanaman. Asam fenolik serta flavonoid banyak dihasilkan oleh biji sorgum dimana dibedakan menjadi flavonol, flavonoid, antosianin dan tanin yang dikenal sebagai proantosianidin di sorgum. Komponen fenolik dari berbagai varietas sorgum diketahui memiliki aktivitas antioksidan, anti-inflamasi, anti proliferasi, anti-diabetik dan anti-aterogenik. (Xu *et al.*, 2021)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain meta-analisis melalui pencarian artikel ilmiah yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir (2014-2024). Pencarian literatur dilakukan melalui database elektronik (yaitu PubMed, Science Direct, SpringerLink, Scopus). Publikasi bahasa Inggris dilakukan pencarian menggunakan keyword "*Sorghum Bicolor*" or "*Immune*" or "*Inflammation*".

Artikel ilmiah yang teridentifikasi kemudian dipilih berdasarkan kriteria inklusi yang menunjukkan peran dan efek gandrung manis (*Sorghum bicolor*) sebagai imunomodulator baik pada manusia dan hewan uji. Penelitian berupa sistematik review, meta-analisis, dan studi potong lintang dimasukkan kedalam kriteria eksklusi. Artikel yang terpilih diperoleh melalui studi relevansi dan analisis. Melalui 239 studi yang ditemukan dari berbagai data base, 133 studi melalui proses skrining, tetapi hanya 14 studi dengan topik yang relevan dapat diproses lebih lanjut. Analisis kelengkapan text dan kesesuaian metode analisis dilakukan dan didapatkan 5 studi yang sesuai dengan kriteria review.



Gambar 1. Diagram Proses *Screening* Artikel

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

No	Sampel	Metode	Pengaruh	Referensi
1.	270 mg/L Jobelyn untuk perlindungan kerusakan sel, 0.1-10 mg/L untuk reduksi ROS, 100-1000 mg/k reduksi perpindahan sel PMN	Studi experimental subjek penelitian yaitu sukarelawan manusia sehat dengan rentang usia 18-65 tahun yang dilakukan pengambilan darah sebagai sampel. In Vitro Jobelyn dengan reagen, pewarnaan, dan antibodi monoklonal, sumber gandrung manis yaitu diproduksi sub-sahara di Afrika Barat.	Efek anti-inflamasi dan pendukung antiviral imun pada SBLS ditemukan melalui kandungan antosianin tinggi, reduksi ROS, Efek aktivasi sel NK, sel NKT, sel T, dan monosit menggunakan permukaan sel marker CD69 menunjukan peningkatan kuat pada ekspresi CD3-CD56+NK cell (dosis 1000 mg/L pada etanol ekstrak, Efek pada ekspresi sitokin/kemokin ditunjukan melalui perubahan level sitokin dimana 15-24 sitokin dan kemokin dengan dosis ekstrak etanol (111 mg/L) meningkat pada kultur sel	Benson <i>et al.</i> , 2013
2.	144 ekor angsa jantan umur 28 hari, dibagi 4 kelompok dan diberikan ekstrak sorgum (0%, 4%, 8%, 12% SW)	Studi Eksperimental in vivo dengan akan dengan level penggantian jagung oleh sorgum manis; analisis pertumbuhan, darah, enzim, dan morfologi usus selama 42 hari.	Dosis 8% SW menunjukan performa pertumbuhan optimal tanpa mengganggu efisiensi pakan. Dosis 12% meningkatkan konsumsi pakan tapi menurunkan efisiensi. Meningkatkan ADFI dan F/G, memperbaiki morfologi usus tanpa memberikan efek negatif pada parameter biokimia	Liu <i>et al.</i> , 2025

3.	Studi pilot klinis Subjects: (n = 10) Pasien terdiri dari 4 pria dan 6 wanita rentang usia 23-49 tahun yang dikonfirmasi mengalami HIV +, dan penurunan CD4 +, T limfosit.	Pemberian suplementasi nutrisi konsumsi Jobelyn diperoleh melalui penanaman, panen dan manufaktur oleh Health Forever Product, Ikeja, Lagos, Nigeria. <i>Sorghum Bicolor</i> satu lot digunakan untuk label-terbuka studi pilot. Studi menunjukkan satu lot <i>Sorghum Bicolor</i> memiliki profil kimia tinggi polifenol, apigeninidin yang diberikan terdapat 4% pada berat kering bahan botani. Level konsistensi diuji untuk aktivitas modulasi imun Pada 10 pasien HIV (4 laki laki dan 6 wanita, usia 23-49 tahun), dengan penurunan angka CD4+, dan T limfosit tidak masuk kualifikasi untuk terapi antiretroviral (AVRT) dan konsumsi Jobelyn ditindaklanjuti di Rumah Sakit Poluce di Lagos Nigeria selama 8 minggu. Jumlah CD4+ T limfosit dan kadar hemoglobin dievaluasi pada awal, minggu ke-4 dan minggu ke-8	Terdapat peningkatan CD4+ T limfosit secara signifikan ($P<0.01$) yang diobservasi selama 4 minggu, menggunakan <i>two-tailed t test</i> . Pada 10 partisipan, seluruh partisipan menunjukkan peningkatan baik jumlah CD4+ T dan kadar Hemoglobin. Seluruh partisipan memiliki hemoglobin rendah berdasarkan jenis kelamin saat awal. Setelah 8 minggu konsumsi Jobelyn, 10 pasien mengalami peningkatan Hemoglobin mendekati normal	Ayuba <i>et al.</i> , 2014
4.	Studi experimental dengan subjek penelitian yaitu hewan uji tikus (n=1)	Ekstraksi daun gandrung manis yang diperoleh dari distrik Guntur, Andhra Pradesh, India. Daun dihaluskan dan dibuat smoothie, 100 gram sampel smoothie dimaserasi dingin dengan 1 L 70% methanol selama 48 jam. Hewan uji diberi anestesi dengan kloroform darah dikoleksi pada botol antikoagulan EDTA dengan tenaga ahli botanika. Standar Baker untuk mengukur hematologis yaitu hemoglobin, volume sel, RBC, total leukosit, platelet, durasi pendarahan dan pembersihan	Studi hematologis menunjukkan pada dosis 100 mg/kg terjadi peningkatan neutrofil ($P<0.05$) pada dan penurunan pada limfosit terjadi pada dosis 100 mg/kg Kadar platelet meningkat pada dosis 300 mg/kg secara signifikan. Uji aktivitas pembersihan arang untuk fagositosis makrofag ditunjukkan melalui kemiringan garis -20.0, -1.8, dan 2.8 untuk 100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg	Mallu <i>et al.</i> , 2018

Mekanisme Sorgum Sebagai Antioksidan dan Antiinflamasi

Berdasarkan jurnal Benson. (2013) dijelaskan bahwa gandrung manis memiliki kandungan antioksidan dan anti-inflamasi yang ditemukan pada ekstrak etanol dan air, termasuk berperan sebagai komponen imunomodulasi melalui efek samping yang diberikan. Ekstrak etanol ditunjukkan dapat menghambat sitokin pro-inflamasi IL-1b and TNF-a in vitro. Berdasarkan bioassay CAP-e terdapat antioksidan yang masuk dan melindungi sel hidup terhadap kerusakan oksidatif. ORAC merupakan assay alami untuk menentukan potensi antioksidan gandrung manis. Data menunjukkan tiga aktivitas anti-inflamasi antara lain penurunan produksi radikal bebas oleh sel PMN, penurunan respon migrasi terhadap kemoatraktan inflamasi LTB4 dan induksi beberapa sitokin anti-inflamasi. Pada aktivasi sel manusia CD3+ sel T CD56+ melalui ekstrak etanol gandrung manis menunjukkan adanya kemampuan pendukung reaksi pertahanan imun melalui transformasi sel serta pendukung beberapa tipe respon vaksin. Akan tetapi uji kultur PMBC tidak dapat mencerminkan apakah ada efek langsung terhadap sel T atau bagaimana peran gandrung manis. Beberapa sitokin menunjukkan adanya peningkatan baik pro- dan anti-inflamasi hal ini menandakan terjadi serangkaian peristiwa aksi respon imun pada gandrung manis (Benson, 2013)

Berdasarkan jurnal dengan pemberian ekstrak sorgum manis (0%, 4%, 8%, 12%) sebagai pakan diketahui memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan, kapasitas antioksidan, biokimia darah, dan morfologi usus angsa. Selain itu konsumsi sorgum manis meningkatkan asupan pakan serta memperbaiki morfologi usus dan tidak memberikan dampak yang dapat mengganggu parameter biokimia maupun aktivitas enzim pencernaan, Kandungan serat pada sorgum juga menstimulasi pencernaan dan mukosa usus (Liu *et al.*, 2025)

Hasil analisis jurnal menunjukkan gandrung manis dapat menghambat inflamasi dengan secara signifikan menurunkan volume edema yang diuji pada tikus. Hal ini disebabkan adanya aktivitas anti-inflamasi yang dievaluasi dengan model kantong granuloma dari inflamasi kronis berdasarkan volume cairan eksudat, jumlah WBC, aktivitas radikal bebas, dan histologi jaringan kantung. gandrung manis menghasilkan penurunan konsentrasi malondialdehyde (MDA) secara signifikan dan peningkatan level glutathione (GSH) pada cairan. Pemeriksaan histologis menunjukkan gandrung manis memberikan efek proteksi terhadap kerusakan jaringan kantung yang dikarakterisasi melalui granula inflamasi pada tikus. gandrung manis secara signifikan memodifikasi komponen granuloma model dari inflamasi kronis dimana berperan dalam manajemen inflamasi. Terdapat efek stabilisasi membran yang ditunjukkan oleh gandrung manis dimana berkontribusi secara signifikan dalam properti anti-inflamasi (Umukoro, 2015).

Efek Sorgum Manis Terhadap Kadar Hemoglobin

Peningkatan jumlah sel CD4+ T pada konsumsi Jobelyn selama 8 minggu menunjukkan peningkatan kadar hemoglobin pada pasien HIV. Konsumsi Jobelyn dapat memberikan dukungan terhadap fungsi sumsum tulang dimana dikarenakan kondisi anemia juga menurun, kemungkinan kombinasi dengan mekanisme sekunder melalui peningkatan pertahanan imun dan antiviral. Selain itu, efek antiviral menunjukkan, Jobelyn dapat menyediakan imun antiviral in vitro, termasuk aktivasi pembunuh sel alami dan produksi kemokin MIP-1s, MIP 1b, dan RANTES (Ayuba, 2014)

Pada studi yang melakukan uji perlakuan pada tikus Wisar selama 14 hari untuk mengetahui kadar hemoglobin, sel *packed volume*, *Red Blood Cell*, total leukosit, monosit, basophil, eosinophil, waktu perdarahan dan pembekuan darah didapatkan hasil yaitu adanya peningkatan signifikan ($P < 0.05$) kadar neutrofil dan platelets setelah 14 hari dengan pemberian dosis 100 mg/kg dan 300 mg/kg hal ini dipengaruhi terjadinya peningkatan pada kondisi akut dan hidup dalam waktu singkat, antara kadar limfosit secara signifikan ($P < 0,05$) menurun pada dosis 100 mg/kg. Pada studi peningkatan platelet secara signifikan terjadi pada pemberian dosis 300 mg/kg. Ekstrak daun gandrung manis pada dosis 100 dan 200 mg/kg sementara dosis 300 mg/kg menunjukkan stimulasi yang kuat pada kecepatan fagositosis. Sehingga hal ini memungkinkan aktivasi makrofag, yang dapat mensekresi sitokin untuk menstimulasi kada imunosit lain seperti neutrofil (Mallu, 2018).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Melalui studi meta-analisis dapat diketahui efek dari berbagai uji perlakuan gandrung manis terhadap sistem kekebalan tubuh yang didukung oleh adanya aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi, penurunan kadar limfosit, peningkatan jumlah sel CD4+T, perlindungan terhadap kerusakan jaringan dan lainnya.. Diperlukan uji klinis lebih lanjut terkait sel yang menunjukkan efek anti-inflamasi secara lebih lanjut beserta anjuran dosis. Adapun gandrung manis berpotensi menjadi tanaman yang berperan sebagai imunomodulator.

DAFTAR REFERENSI

- Adebesin, A., Omogbiya, A. I., Oluwole, O. G., Okubena, O., Asomadu, R. O., Afolabi, M. O. S., Makanjuola, S. B. L., Ajonuma, L. C., Dosunmu, A. O., Otitolaju, O., & Umukoro, S. (2024). An evidence-based systematic review of pleiotropic potential health benefits of *Sorghum bicolor* supplement: A polyphenol-rich derivative of the leaf sheaths of sorghum plant. *Journal of Natural Remedies*, 24(4), 683–702.
<https://doi.org/10.18311/jnr/2024/33171>

- Ayuba, G. I., Jensen, G. S., Benson, K. F., Okubena, A. M., & Okubena, O. (2014). Clinical efficacy of a West African *Sorghum bicolor*-based traditional herbal preparation Jobelyn shows increased hemoglobin and CD4⁺ T-lymphocyte counts in HIV-positive patients. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 20(1), 53–56. <https://doi.org/10.1089/acm.2013.0125>
- Benson, K. F., Beaman, J. L., Ou, B., Okubena, A., Okubena, O., & Jensen, G. S. (2013). West African *Sorghum bicolor* leaf sheaths have anti-inflammatory and immunomodulating properties in vitro. *Journal of Medicinal Food*, 16(3), 230–238. <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0214>
- Chowdhury, M. A., Hossain, N., Kashem, M. A., Shahid, M. A., & Alam, A. (2020). Immune response in COVID-19: A review. *Journal of Infection and Public Health*, 13(11), 1619–1629. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.07.001>
- Fadlilah, A., & Lestari, E. D. (2023). Peran antioksidan dalam imunitas tubuh: Tinjauan literatur. *Jurnal Farmaka*, 21(1), 45–53.
- Ilyas, M. Y., Diantini, A., Ghozali, M., Sahidin, I., & Fristiohady, A. (2022). Immunomodulatory potency *Etlingera rubroloba* A.D. Poulsen fruit ethanol extract against macrophage phagocytic activity and CD4 levels in Wistar male rats. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 15(9), 4067–4072.
- Khalid, W., Ali, A., Arshad, M. S., Afzal, F., Akram, R., Siddeeg, A., Kousar, S., Rahim, M. A., Aziz, A., Maqbool, Z., & Saeed, A. (2022). Nutrients and bioactive compounds of *Sorghum bicolor* L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1045–1062. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2071293>
- Liu, Z., Huang, X., Chen, Y., Xue, J., Xie, Q., Zhong, H., & Luo, Y. (2025). Dietary sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) inclusion in geese: Impacts on growth performance, blood biochemistry, and intestinal health. *Journal of Animal Nutrition*, Advance online publication, 1–14.
- Mallu, M. R., Ronda, S. R., Kamma, S., Golamari, S. R., & Vemula, S. (2018). Hematological and immunomodulatory evaluation of methanolic extract of *Sorghum bicolor* leaves. *International Journal of Green Pharmacy*, 12(1), S173–S176.
- Puluhulawa, L. E., & Paneo, M. A. (2024). Peningkatan pemahaman masyarakat mengenai penyakit akibat infeksi di Puskesmas Kota Timur Gorontalo. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Farmasi: Pharmacare Society*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.37905/phar.soc.v3i1.24944>
- Punia, H., Tokas, J., Malik, A., Satpal, & Sangwan, S. (2021). Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] grains. *Cereal Research Communications*, 49(3), 343–353. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00118-w>
- Vidisha, U. (2020). A review on immunomodulators. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 1289–1292.
- Wang, R., Lan, C., Benlagha, K., Camara, N. O. S., Miller, H., Kubo, M., Heegaard, S., Lee, P., Yang, L., Forsman, H., Li, X., Zhai, Z., & Liu, C. (2024). The interaction of innate

immune and adaptive immune system. *MedComm*, 5(10), e714.
<https://doi.org/10.1002/mco2.714>

Wasityastuti, W., Dhamarjati, A., & Siswanto. (2020). Imunosenesens dan kerentanan populasi usia lanjut terhadap Coronavirus Disease 2019 (Covid-19). *Respirologi Indonesia*, 40(3), 182–191.

Xu, J., Wang, W., & Zhao, Y. (2021). Phenolic compounds in whole grain sorghum and their health benefits. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081921>