

Peran Mikrobiota dalam Kesehatan Manusia

Silvi Nuriyah Fanani¹

Program Studi Biologi, Universitas Islam negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
e-mail: 230602110037@student.uin-malang.ac.id

Kata Kunci:

Mikrobiota, disbiosis, sumbu usus otak, sistema imun, kesehatan mental

Keywords:

Microbiota, dysbiosis, gut brain axis, immune system, mental health

ABSTRAK

Mikrobiota manusia merupakan komunitas mikroorganisme yang hidup di dalam tubuh manusia, terutama di saluran pencernaan, dan terdiri atas berbagai jenis bakteri, virus, jamur, serta mikroba lainnya. Meskipun mikroorganisme ini sering diasosiasikan dengan penyakit, penelitian ilmiah terkini menunjukkan bahwa mikrobiota justru memiliki peran vital dalam menjaga kesehatan tubuh. Mikrobiota berfungsi dalam proses pencernaan, produksi vitamin, perlindungan terhadap patogen, serta pengaturan sistem kekebalan tubuh. Selain itu, mikrobiota juga berperan dalam menjaga keseimbangan mental melalui sumbu usus-otak, yaitu jalur komunikasi antara sistem saraf pusat dan mikroorganisme di

usus yang memengaruhi kondisi psikologis seperti depresi dan kecemasan. Setiap individu memiliki komposisi mikrobiota yang unik, yang dipengaruhi oleh faktor genetik, pola makan, gaya hidup, usia, serta lingkungan. Ketidakseimbangan dalam mikrobiota, yang dikenal sebagai disbiosis, dapat memicu berbagai gangguan kesehatan, seperti obesitas, diabetes, penyakit autoimun, gangguan metabolik, dan gangguan saraf. Perkembangan riset mengenai mikrobiota telah membuka peluang baru dalam bidang pengobatan dan pencegahan penyakit melalui pendekatan yang lebih personal dan berbasis pada keseimbangan mikroba. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran mikrobiota sangat penting dalam mendukung pengembangan strategi kesehatan yang efektif dan berkelanjutan.

ABSTRACT

The human microbiota is a community of microorganisms that live in the human body, especially in the digestive tract, and consists of various types of bacteria, viruses, fungi, and other microbes. Although these microorganisms are often associated with disease, recent scientific research has shown that microbiota play a vital role in maintaining a healthy body. Microbiota functions in digestion, vitamin production, protection against pathogens, and regulation of the immune system. In addition, microbiota also plays a role in maintaining mental balance through the gut-brain axis, a communication pathway between the central nervous system and microorganisms in the gut that influences psychological conditions such as depression and anxiety. Each individual has a unique microbiota composition, which is influenced by genetics, diet, lifestyle, age and environment. Imbalances in the microbiota, known as dysbiosis, can trigger a variety of health disorders, such as obesity, diabetes, autoimmune diseases, metabolic disorders and neurological disorders. The development of research on microbiota has opened up new opportunities in the field of disease treatment and prevention through a more personalized approach based on microbial balance. Therefore, a deeper understanding of the role of the microbiota is crucial in supporting the development of effective and sustainable health strategies.

Pendahuluan

Mikrobiota manusia merujuk pada Kumpulan mikroorganisme, seperti bakteri, virus, jamur, dan mikroba lainnya, yang hidup ditubuh manusia, terutama di usus. Meskipun mikroba seringkali dikaitkan dengan penyakit, penelitian terbaru menunjukkan bahwa mikrobiota memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan dan Kesehatan



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

tubuh(Sedijani, 2024). Komunitas mikroba ini berinteraksi dengan sistem tubuh dalam berbagai cara, mulai dari mendukung proses pencernaan hingga memengaruhi system kekebalan tubuh dan Kesehatan mental. Ketidakseimbangan dalam microbiota, yang disebut *dysbiosis*, dapat menyebabkan gangguan Kesehatan yang beragam, seperti gangguan pencernaan, penyakit autoimun, obesitas, hingga gangguan neurologis. Interaksi yang kompleks antara microbiota dan tubuh manusia ini membentuk suatu ekosistem yang sangat penting untuk fungsi tubuh optimal. Ketidakseimbangan microbiota, yang dikenal sebagai *dysbiosis*, dapat berkontribusi pada berbagai gangguan Kesehatan, mulai dari gangguan pencernaan hingga penyakit autoimun dan obesitas(Logor et al., 2021).

Keberagaman mikroba dalam tubuh manusia sangatlah besar, terutama dalam usus yang menjadi habitat utama bagi mikroba ini. Setiap individu memiliki komposisi microbiota yang unik, yang dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk genetik, pola makan, gaya hidup, hingga lingkungan. Interaksi antara mikroorganisme dengan tubuh manusia sangat dinamis dan beragam, sehingga keseimbangan yang baik antara berbagai jenis mikroba sangat penting untuk menjaga kesehatan tubuh. Ketika terjadi ketidakseimbangan dalam komposisi microbiota atau yang disebut disbiosis, tubuh bisa menjadi rentan terhadap berbagai gangguan kesehatan, seperti gangguan pencernaan, obesitas, diabetes, penyakit autoimun, hingga gangguan mental. Meskipun sering kali mikroba dikaitkan dengan penyebab penyakit, keberadaan mereka dalam tubuh sebenarnya lebih banyak membawa manfaat. Mikrobiota memainkan peran penting dalam mendukung berbagai fungsi biologis tubuh, mulai dari pencernaan makanan, sintesis vitamin, hingga modulasi sistem kekebalan tubuh(Setiawati et al., 2019).

Penelitian mengenai mikrobiota dan dampaknya terhadap kesehatan manusia telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Para ilmuwan kini mulai memahami bahwa mikrobiota tidak hanya memengaruhi sistem pencernaan, tetapi juga memainkan peran dalam kesehatan mental, metabolisme, serta pengaturan imunitas. Lebih menariknya lagi, interaksi antara mikrobiota dan otak, yang dikenal dengan istilah "sumbu usus-otak", telah membuka perspektif baru dalam pemahaman hubungan antara kesehatan usus dan gangguan mental, seperti depresi dan kecemasan. Oleh karena itu, memahami peran mikrobiota dalam kesehatan manusia sangat penting untuk mengembangkan pendekatan terapeutik yang lebih efektif. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran mikrobiota dalam tubuh manusia menjadi kunci untuk mengembangkan terapi yang lebih efektif dan preventif dalam dunia medis(Wangko, 2020).

Mikrobiota manusia, yang terdiri dari berbagai mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan mikroba lainnya, memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan tubuh manusia. Meskipun sering kali mikroba dikaitkan dengan penyakit, penelitian terkini menunjukkan bahwa mikrobiota memiliki peran vital dalam mendukung berbagai fungsi tubuh, seperti pencernaan, imunitas, dan kesehatan mental. Mikrobiota terutama berkembang di usus, yang menjadi habitat utama bagi sejumlah besar mikroba yang berinteraksi dengan tubuh manusia dalam cara yang kompleks(Sari, 2021)

Keberagaman mikroba dalam tubuh manusia sangat besar, dengan setiap individu memiliki komposisi mikrobiota yang unik, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti genetika, pola makan, gaya hidup, dan lingkungan. Ketidakseimbangan dalam mikrobiota, yang dikenal sebagai disbiosis, dapat memicu berbagai masalah kesehatan, mulai dari gangguan pencernaan hingga penyakit autoimun dan obesitas. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang mikrobiota dan pengaruhnya terhadap tubuh manusia menjadi sangat penting, terutama untuk mengembangkan pendekatan pengobatan yang lebih efektif dan preventif (Bachtiar et al., 2022). Penelitian tentang mikrobiota telah menunjukkan bahwa mikroorganisme ini tidak hanya berperan dalam sistem pencernaan, tetapi juga memengaruhi berbagai aspek kesehatan lainnya, termasuk kesehatan mental. Sumbu usus-otak, yang menggambarkan interaksi antara mikrobiota dan otak, menjadi area yang sangat menarik dalam ilmu kedokteran, mengungkapkan hubungan antara keseimbangan mikroba di usus dan gangguan mental seperti depresi dan kecemasan. Oleh karena itu, penting untuk lebih memahami peran mikrobiota dalam tubuh agar dapat merancang terapi yang lebih tepat guna dan mencegah berbagai penyakit yang berhubungan dengan ketidakseimbangan mikroba (Hasibuan & Kolondam, 2017).

Pembahasan

Mikrobiota manusia mengacu pada kumpulan mikroorganisme yang hidup di tubuh manusia, terutama di usus. Mikrobiota ini terdiri dari berbagai jenis mikroba, seperti bakteri, virus, jamur, dan mikroba lainnya, yang berinteraksi dengan tubuh manusia dalam cara yang kompleks dan saling bergantung. Meskipun mikroba sering kali dikaitkan dengan penyakit, penelitian terkini menunjukkan bahwa mikrobiota memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan dan kesehatan tubuh. Mikrobiota bukan hanya berperan dalam pencernaan, tetapi juga berperan dalam banyak aspek lain, seperti pengaturan sistem kekebalan tubuh, metabolisme, kesehatan mental, dan bahkan kesehatan jantung (Lokollo & Nelce Mailoa, 2020). Salah satu fungsi utama mikrobiota adalah mendukung proses pencernaan. Usus manusia adalah habitat utama bagi mikroba, dan mikroba-mikroba ini membantu tubuh mencerna makanan yang tidak bisa dicerna oleh enzim tubuh manusia. Bakteri tertentu di usus membantu memecah serat dan karbohidrat kompleks menjadi asam lemak rantai pendek, yang tidak hanya memberikan energi bagi sel-sel usus, tetapi juga memiliki sifat antiinflamasi yang mendukung kesehatan pencernaan. Mikrobiota juga berperan dalam sintesis vitamin tertentu, seperti vitamin K dan vitamin B, yang sangat penting bagi tubuh, termasuk dalam pembentukan sel darah merah dan metabolisme energi (Setiawati et al., 2019).

Selain itu, mikrobiota berfungsi untuk memodulasi sistem kekebalan tubuh. Sejak lahir, tubuh manusia mulai berinteraksi dengan mikroba, dan interaksi ini sangat penting untuk perkembangan sistem imun. Mikrobiota membantu melatih sistem kekebalan tubuh untuk membedakan antara patogen berbahaya dan mikroorganisme yang tidak berbahaya, sehingga sistem imun tidak bereaksi berlebihan terhadap mikroba yang tidak berbahaya (Baiq Annisa Pratiwi, Putu Diah Ananda Putri Atmaja, et al., 2022). Bakteri baik di usus, misalnya, dapat memproduksi senyawa yang merangsang sel-sel

imun, memperkuat pertahanan tubuh terhadap infeksi. Mikrobiota yang seimbang memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan sistem imun dan mencegah terjadinya peradangan kronis yang dapat berkontribusi pada penyakit autoimun(Liyantifa & Afryansyah, 2025a). Namun, ketika terjadi ketidakseimbangan mikrobiota, atau yang dikenal dengan istilah disbiosis, tubuh dapat menjadi lebih rentan terhadap berbagai gangguan kesehatan. Disbiosis dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pola makan yang buruk, penggunaan antibiotik yang berlebihan, stres, atau infeksi. Ketidakseimbangan mikrobiota ini dapat berhubungan dengan gangguan pencernaan, penyakit autoimun, obesitas, diabetes, hingga gangguan mental. Mikrobiota yang tidak seimbang juga dapat meningkatkan peradangan dalam tubuh, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko penyakit kronis seperti penyakit jantung(Belkaid & Hand, 2014)

Salah satu aspek yang semakin menarik perhatian dalam penelitian mikrobiota adalah pengaruhnya terhadap kesehatan mental. Konsep "sumbu usus-otak" menggambarkan hubungan kompleks antara mikrobiota di usus dan otak(Cryan et al., 2019). Mikrobiota tidak hanya berperan dalam proses pencernaan, tetapi juga dapat mempengaruhi otak melalui jalur saraf dan molekul yang diproduksi oleh mikroba. Beberapa mikroba di usus dapat menghasilkan neurotransmitter, seperti serotonin, yang berperan penting dalam pengaturan suasana hati dan kecemasan. Penelitian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan mikrobiota dapat berkontribusi pada gangguan mental seperti depresi, kecemasan, dan bahkan gangguan spektrum autisme. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan usus dan kesehatan mental saling berhubungan erat, dan menjaga keseimbangan mikrobiota dapat berkontribusi pada perbaikan kondisi mental(Rahmansyah, 2022).Di samping itu, mikrobiota juga berperan dalam metabolisme tubuh. Beberapa jenis mikroba di usus dapat mempengaruhi bagaimana tubuh mengolah energi, menyimpan lemak, dan mengatur kadar gula darah. Penelitian menunjukkan bahwa mikrobiota yang tidak seimbang dapat meningkatkan risiko obesitas dan diabetes tipe 2. Mikrobiota dapat mempengaruhi respons tubuh terhadap makanan yang kita konsumsi dan bagaimana tubuh mengatur metabolisme energi. Beberapa bakteri usus juga berperan dalam memproduksi senyawa yang dapat meningkatkan sensitivitas tubuh terhadap insulin, yang berfungsi untuk mengatur kadar gula darah. Ketika keseimbangan mikrobiota terganggu, tubuh mungkin menjadi kurang efisien dalam mengelola energi, yang dapat menyebabkan gangguan metabolik, seperti obesitas dan diabetes(Baiq Annisa Pratiwi, Putri Atmaja, et al., 2022).

Mikrobiota juga memiliki dampak pada kesehatan jantung. Beberapa mikroba di usus dapat mempengaruhi metabolisme kolesterol dan regulasi tekanan darah. Penelitian menunjukkan bahwa mikroba di usus dapat mempengaruhi produksi senyawa yang berhubungan dengan pembuluh darah dan fungsi jantung, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko penyakit jantung. Sebaliknya, disbiosis yang menyebabkan peradangan dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. Beberapa studi juga menunjukkan bahwa perubahan dalam komposisi mikrobiota dapat berhubungan dengan peningkatan kadar kolesterol jahat (LDL) dan tekanan darah tinggi, yang keduanya merupakan faktor risiko utama untuk penyakit jantung(Battson et al., 2018).

Penting untuk dicatat bahwa mikrobiota bukan hanya berfungsi sebagai penyeimbang dalam tubuh, tetapi juga dapat menjadi alat potensial untuk terapi. Dengan meningkatnya pemahaman tentang peran mikrobiota dalam berbagai aspek kesehatan, terapi berbasis mikrobiota mulai banyak dikembangkan. Probiotik dan prebiotik, yang masing-masing bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroba baik di usus dan merangsang pertumbuhan mikroba menguntungkan, menjadi pendekatan yang semakin populer. Penelitian menunjukkan bahwa mengonsumsi probiotik dapat membantu memulihkan keseimbangan mikrobiota setelah disbiosis atau setelah penggunaan antibiotik, sementara prebiotik dapat mendukung pertumbuhan mikroba baik yang sudah ada di usus. Terapi berbasis mikrobiota ini memiliki potensi untuk mengatasi berbagai kondisi kesehatan, mulai dari gangguan pencernaan hingga gangguan mental dan penyakit metabolik.

Mikrobiota manusia memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan tubuh dan kesehatan secara keseluruhan. Secara umum, mikrobiota merujuk pada kumpulan mikroorganisme yang hidup di tubuh manusia, dengan konsentrasi terbanyak ditemukan di usus. Interaksi antara mikroba ini dengan tubuh manusia sangat kompleks dan saling bergantung, sehingga keseimbangan mikrobiota sangat mempengaruhi banyak aspek Kesehatan. Fungsi utama mikrobiota adalah mendukung proses pencernaan, di mana mikroba membantu tubuh dalam mencerna makanan yang tidak dapat dicerna oleh enzim tubuh manusia (Liyantifa & Afriansyah, 2025b). Mereka membantu memecah serat dan karbohidrat kompleks menjadi senyawa yang lebih mudah diserap, seperti asam lemak rantai pendek, yang tidak hanya memberikan energi untuk sel-sel usus, tetapi juga mendukung kesehatan pencernaan dengan sifat antiinflamasi. Selain itu, mikrobiota juga berperan dalam sintesis vitamin esensial, seperti vitamin K dan vitamin B, yang dibutuhkan dalam berbagai fungsi tubuh, termasuk pembentukan sel darah merah dan metabolisme energi (Sedijani, 2024).

Selain itu, mikrobiota yang tidak seimbang, yang disebut disbiosis, bisa menyebabkan berbagai gangguan kesehatan. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan disbiosis antara lain pola makan yang tidak sehat, penggunaan antibiotik yang berlebihan, stres, dan infeksi. Ketidakseimbangan mikrobiota ini dapat menyebabkan gangguan pencernaan, penyakit autoimun, obesitas, diabetes, hingga gangguan mental. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan mikrobiota menjadi penting untuk menghindari dampak negatif yang dapat mengganggu fungsi tubuh. Salah satu penemuan terbaru yang menarik adalah hubungan antara mikrobiota dan kesehatan mental. Konsep "sumbu usus-otak" menunjukkan bahwa mikrobiota dapat memengaruhi otak melalui jalur saraf dan produksi neurotransmiter yang berperan dalam pengaturan suasana hati (Cryan et al., 2019). Penelitian semakin menunjukkan bahwa mikrobiota yang seimbang dapat berkontribusi pada kesehatan mental yang baik, sementara ketidakseimbangan mikrobiota dapat berperan dalam gangguan mental seperti depresi, kecemasan, dan bahkan gangguan spektrum autisme. Hal ini membuka wawasan baru mengenai bagaimana kesehatan usus dapat mempengaruhi kondisi mental dan sebaliknya.

Mikrobiota juga terlibat dalam pengaturan metabolisme tubuh. Beberapa jenis mikroba di usus memengaruhi bagaimana tubuh mengolah makanan dan mengelola

energi. Penelitian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan mikrobiota dapat berhubungan dengan gangguan metabolik seperti obesitas dan diabetes tipe 2. Ketika mikrobiota seimbang, tubuh lebih efisien dalam mengelola gula darah dan menyimpan energi. Namun, disbiosis dapat merusak kemampuan tubuh dalam mengatur metabolisme, yang menyebabkan gangguan seperti obesitas dan diabetes. Selain dampaknya terhadap pencernaan, imun, dan metabolisme, mikrobiota juga memainkan peran dalam kesehatan jantung. Mikrobiota dapat mempengaruhi metabolisme kolesterol dan regulasi tekanan darah, yang keduanya memiliki dampak langsung terhadap kesehatan jantung. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan dalam komposisi mikrobiota dapat berhubungan dengan peningkatan kadar kolesterol jahat (LDL) dan tekanan darah tinggi, yang meningkatkan risiko penyakit jantung. Sebaliknya, mikrobiota yang seimbang dapat mengurangi peradangan dalam tubuh dan mendukung kesehatan pembuluh darah serta jantung (Lokollo & Nelce Mailoa, 2020).

Akhirnya, mikrobiota tidak hanya berfungsi sebagai bagian dari sistem tubuh yang menjaga keseimbangan, tetapi juga berpotensi menjadi terapi yang efektif untuk berbagai kondisi kesehatan. Probiotik dan prebiotik, yang masing-masing bertujuan untuk mendukung keseimbangan mikroba di usus, semakin banyak digunakan untuk mengatasi gangguan kesehatan. Probiotik berfungsi untuk meningkatkan jumlah mikroba baik, sementara prebiotik membantu mendukung pertumbuhan mikroba yang sudah ada. Pendekatan berbasis mikrobiota ini memberikan harapan untuk pengembangan terapi yang lebih efektif dan personal, yang dapat membantu mengatasi berbagai gangguan kesehatan dan meningkatkan kualitas hidup (Logor et al., 2021). Dengan pemahaman yang semakin mendalam tentang peran mikrobiota dalam tubuh, kita dapat melihat bahwa keseimbangan mikrobiota sangat penting bagi kesehatan tubuh secara keseluruhan. Mikrobiota yang sehat dan beragam dapat mendukung berbagai fungsi tubuh, mulai dari pencernaan hingga kesehatan mental dan metabolisme. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan mikrobiota melalui pola makan yang sehat, pengelolaan stres, dan penggunaan antibiotik secara bijak menjadi langkah yang sangat penting untuk mencegah gangguan kesehatan dan meningkatkan kualitas hidup.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Mikrobiota manusia memegang peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan tubuh dan kesehatan secara keseluruhan. Mikrobiota yang terdapat di usus membantu dalam berbagai fungsi vital tubuh, mulai dari pencernaan, sintesis vitamin, hingga pengaturan sistem kekebalan tubuh dan metabolisme. Ketidakseimbangan mikrobiota, atau disbiosis, dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk gangguan pencernaan, penyakit autoimun, obesitas, diabetes, dan gangguan mental. Penelitian terbaru semakin mengungkap hubungan yang kompleks antara mikrobiota dengan kesehatan mental, serta dampaknya terhadap metabolisme dan kesehatan jantung. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan mikrobiota sangat penting untuk mencegah gangguan kesehatan dan mendukung fungsi tubuh yang optimal.

Saran

Untuk menjaga keseimbangan mikrobiota, disarankan untuk menerapkan pola makan yang sehat, kaya akan serat, prebiotik, dan probiotik, yang dapat mendukung pertumbuhan mikroba baik di usus. Selain itu, penting untuk mengelola stres dengan baik, karena stres dapat mempengaruhi keseimbangan mikrobiota. Penggunaan antibiotik juga harus dilakukan secara bijak, mengingat penggunaan yang berlebihan dapat merusak mikrobiota yang bermanfaat. Penelitian lebih lanjut tentang mikrobiota dan terapi berbasis mikrobiota, seperti penggunaan probiotik dan prebiotik, memiliki potensi besar untuk mengatasi berbagai gangguan kesehatan. Dengan pemahaman yang semakin mendalam tentang peran mikrobiota, kita dapat mengembangkan pendekatan yang lebih efektif dan personal dalam pengobatan dan pencegahan penyakit yang berkaitan dengan ketidakseimbangan mikrobiota.

Daftar Pustaka

- Bachtiar, T., Adirianto, B., Hanani, M., Robifahmi, N., Flatian, A. N., & Citraresmini, A. (2022). Dampak Dosis Urea terhadap Sifat-sifat Tanah, Populasi Mikroba, dan Produksi Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) pada Tanah Latosol. *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, 7(2), 61–69. <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v7i2.486>
- Baiq Annisa Pratiwi, Putri Atmaja, P. D. A., Qurrata'yuni Pratiwi, & Ilsa Hunaifi. (2022). Gut-Brain Connection: The Role Of Gut Microbiome in Preventing Stroke. *Unram Medical Journal*, 11(1), 726–731. <https://doi.org/10.29303/jku.v11i1.536>
- Baiq Annisa Pratiwi, Putu Diah Ananda Putri Atmaja, Qurrata'yuni Pratiwi, & Ilsa Hunaifi. (2022). Gut-Brain Connection: Peran Mikrobiota Usus dalam Mencegah Stroke. *Unram Medical Journal*, 11(1), 726–731. <https://doi.org/10.29303/jk.v11i1.4340>
- Battson, M. L., Lee, D. M., Weir, T. L., & Gentile, C. L. (2018). The gut microbiota as a novel regulator of cardiovascular function and disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 56, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.12.010>
- Belkaid, Y., & Hand, T. W. (2014). Role of the Microbiota in Immunity and Inflammation. *Cell*, 157(1), 121–141. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.011>
- Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S. M., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. F. S., Boehme, M., Codagnone, M. G., Cusotto, S., Fulling, C., Golubeva, A. V., Guzzetta, K. E., Jaggar, M., Long-Smith, C. M., Lyte, J. M., Martin, J. A., Molinero-Perez, A., Moloney, G., Morelli, E., Morillas, E., ... Dinan, T. G. (2019). The Microbiota-Gut-Brain Axis. *Physiological Reviews*, 99(4), 1877–2013. <https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2018>
- Hasibuan, F. E. B., & Kolondam, B. J. (2017). INTERAKSI ANTARA MIKROBIOTA USUS DAN SISTEM KEKEBALAN TUBUH MANUSIA. *JURNAL ILMIAH SAINS*, 17(1), 35. <https://doi.org/10.35799/jis.17.1.2017.15221>

- Liyantifa, B., & Afryansyah, A. (2025a). Peran Mikrobiota Usus dalam Homeostasis Imun: Pendekatan Kritis untuk Inovasi Kesehatan di Era Society 5.0. *Jurnal Penelitian Sains*, 27, 1. <https://doi.org/10.56064/jps.v27i0.1183>
- Liyantifa, B., & Afryansyah, A. (2025b). Peran Mikrobiota Usus dalam Homeostasis Imun: Pendekatan Kritis untuk Inovasi Kesehatan di Era Society 5.0. *Jurnal Penelitian Sains*, 27, 1. <https://doi.org/10.56064/jps.v27i0.1183>
- Logor, N. T., Manoppo, J. I. Ch., & Tatura, S. N. N. (2021). Gambaran Mikrobiota Usus dan Konsistensi Tinja pada Bayi Sehat Usia 0-6 Bulan yang Mendapat ASI dan Susu Formula. *JURNAL BIOMEDIK (JBM)*, 13(2), 207. <https://doi.org/10.35790/jbm.13.2.2021.31782>
- Lokollo, E., & Nelce Mailoa, M. (2020). Teknik penanganan dan cemaran mikroba pada ikan layang segar di pasar tradisional Kota Ambon.: Handling techniques and Microbial Contamination on Fresh Scads Fish (*Decapterus* sp) in Traditional Markets, Ambon City. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), 103–111. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i1.30923>
- Rahmansyah, N. A. (2022). POTENSI TERAPI PROBIOTIK SEBAGAI TERAPI ALZHEIMER MELALUI GUT-BRAIN AXIS. *Unram Medical Journal*, 11(2), 938–941. <https://doi.org/10.29303/jku.v11i2.658>
- Sari, A. E. (2021). EDUKASI MANFAAT PROBIOTIK DAN PREBIOTIK PADA MASYARAKAT. *Jurnal Mitra Masyarakat*, 2(1), 39–43. <https://doi.org/10.47522/jmm.v2i1.51>
- Sedijani, P. (2024). Mikrobium dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2b), 358–364. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8371>
- Setiawati, M. R., Damayanti, M., Herdiyantoro, D., Suryatmana, P., & Khumairah, F. H. (2019). Uji Formulasi Pupuk Hayati Padat Berbasis Azolla Terhadap Populasi dan Fungsional Mikroba Tanah Menguntungkan. *SoilREns*, 15(2). <https://doi.org/10.24198/soilrens.v15i2.21461>
- Wangko, W. S. (2020). Aspek Fisiologik Short Chain Fatty Acid (SCFA). *Medical Scope Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.35790/msj.v2i1.31669>