

Review Article: Chemical Content and Pharmacological Activities of *Spirulina* sp.

Asilla M.R. Kamaludin*, Holis A. Holik

Departemen Biologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang

Submitted 09 February 2022; Revised 17 July 2022; Accepted 11 August 2022; Published 30 August 2022

*Corresponding author: asillamauri64@gmail.com

Abstract

Spirulina sp. is a bluish-green microalgae that has various benefits due to its diverse compound content including protein, minerals, vitamins, fiber, phycocyanin pigments, unsaturated fatty acids, beta-carotene, thiamine, nicotinamide, pyridoxine, riboflavin, folic acid, phenolic, phycobiliproteins, catechin hydrate, epicatechin, pyrocatechol, and the enzyme superoxide dismutase (SOD). This article aims to provide scientific information about the chemical compound content and pharmacological activity of *Spirulina* sp. Literatures were collected and screened with inclusion and exclusion criteria. The results showed that *Spirulina* sp. produce chemical compounds that showed pharmacological activities such as antibacteria, anticancer, antidiabetic, antioxidant, antihyperglycemia, antiinflammation, and antihypertension.

Keywords: *Spirulina* sp., compound content, benefits of *Spirulina* sp.

Keywords: *Spirulina* sp., compound content, benefits of *Spirulina* sp.

Artikel Ulasan: Kandungan Senyawa Kimia dan Aktivitas Farmakologi *Spirulina* sp.

Abstrak

Spirulina sp. merupakan mikroalga hijau-kebiruan yang mempunyai berbagai manfaat karena kandungan senyawanya yang beragam diantaranya protein, mineral, vitamin, serat, pigmen phyocyanin, asam lemak tak jenuh, beta-karoten, tiamin, nikotinamida, piridoksin, riboflavin, asam folat, fenolik, fikobiliprotein, katekin hidrat, epikatekin, pyrokatekol, dan enzim superoksida dismutase (SOD). Artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi ilmiah mengenai kandungan senyawa kimia dan aktivitas farmakologi *Spirulina* sp. Metode yang digunakan yaitu pengumpulan dan skrining data dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *Spirulina* sp. enghasilkan kandungan senyawa kimia yang memiliki aktivitas farmakologi antibakteri, antikanker, antidiabetes, antioksidan, antihyperglikemia, antiinflamasi, dan antihipertensi.

Kata Kunci: *Spirulina* sp., kandungan senyawa, manfaat *Spirulina* sp.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan pusat keanekaragaman hayati dunia dengan berbagai kekayaan seperti jutaan spesies hewan, tumbuhan, mikroorganisme dan ekosistem tempat semua makhluk hidup melangsungkan kehidupannya. Keanekaragaman hayati tersebut dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan seperti sumber pangan, sumber sandang, sumber papan, obat-obatan, dan kebutuhan hidup lainnya.¹

Keanekaragaman hayati tersebut menyebabkan tingginya *bioresource* dimana suatu tanaman memiliki bioaktivitas tersendiri sesuai dengan kandungan kimianya seperti mikroalga *Spirulina* sp. *Spirulina* sp. diketahui mempunyai berbagai manfaat karena kandungan senyawanya yang beragam diantaranya dilaporkan memiliki aktivitas imunomodulasi, antioksidan, antikanker, antitumor, antiviral, antiinflamatori, penurunan kolesterol, antikarat, pencegah hepatitis, pengkelat logam, stimulasi pembentukan darah. Selain itu, *Spirulina* sp. diketahui sebagai sumber protein dan karbohidrat karena kadar protein yang tinggi sehingga sering dijadikan sebagai suplemen makanan, dan berperan dalam bidang kosmetika.²⁻⁷

Spirulina sp. merupakan jenis cyanobacteria (alga biru-hijau) mikroskopis dan berfilamen yang dapat membuat makanan sendiri dengan cara berfotosintesis, mikroalga tersebut tidak memiliki dinding sel selulosa sehingga dapat dicerna dengan mudah.⁸ *Spirulina* sp. digunakan sebagai sumber protein dengan kadar protein hingga 70%, selain itu *Spirulina* sp. mengandung vitamin terutama vitamin B12 dan pro-vitamin A (β -karoten), serta mineral, terutama zat besi. *Spirulina* sp. juga kaya akan tokoferol, asam fenolat, dan asam γ -linolenat, dimana semua kandungan tersebut mempunyai manfaat yang beragam bagi kehidupan manusia.²

Spirulina sp. berasal dari famili Oscillatoriaceae yang secara alami tumbuh di media hangat dan pH basa sehingga relatif mudah dibudidayakan. Alga ini tumbuh di air tawar dan air laut yang tersebar di Asia, Eropa, Afrika, Amerika Selatan dan

Utara.⁹ Banyak penelitian toksikologi telah membuktikan keamanan dari *Spirulina*, dan saat ini *Spirulina* termasuk zat atau substansi yang terdaftar ke dalam Food and Drug Administration AS dan diakui bahwa alga tersebut aman.²

Kandungan senyawa kimia yang melimpah dalam berbagai spesies alga *Spirulina* yang dilaporkan terkait penggunaannya berhubungan dengan metabolit sekunder dan aktivitas farmakologi yang dihasilkan. Oleh karena itu, artikel ini review ditulis untuk mengumpulkan data mengenai alga tersebut yang kemudian dapat dikembangkan kembali menjadi sumber dari bahan alam yang bermanfaat di bidang kesehatan.

2. Metode

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa pencarian artikel baik berupa jurnal nasional maupun internasional melalui PubMed, Google Scholar, Science Direct dengan kata kunci "*Spirulina* sp.", "*Activity of Spirulina* sp.", "*Chemical Composition of Spirulina* sp.". Sumber atau referensi yang diperoleh kemudian ditetapkan dengan kriteria eksklusi dan inklusi.

Penetapan kriteria inklusi yaitu data berupa jurnal baik nasional maupun internasional, artikel ilmiah yang dipublikasikan selama 10 tahun terakhir dari tahun 2011-2021 dengan pengecualian klasifikasi. Sedangkan kriteria eksklusinya yaitu *article review*.

3. Hasil

3.1. Morfologi

Spirulina sp. merupakan mikroalga hijau-kebiruan dengan tiap sel berkolom membentuk filamen tipis terpilin seperti spiral (*helix*). *Spirulina* sp. mempunyai bentuk tubuh yang menyerupai benang, berdiameter 1-12 μ m, dinding sel tipis dan susunan sel berbentuk silindris, filamen *spirulina* hidup berdiri sendiri dan dapat bergerak bebas.⁴ *Spirulina* sp. sering disebut dengan *micro food macro blessing* karena ukurannya yang kecil tetapi mempunyai manfaat yang sangat besar.⁴

3.2. Klasifikasi dan Sinonim

Spirulina memiliki nama sinonim *Arthrospira* yang berasal dari kingdom Cyanophyta, kelas Cyanophyceae, famili Oscillatoriaceae, genus *Spirulina*, dan spesies *Spirulina* sp.²⁴

3.3. Habitat dan Distribusi *Spirulina*

Spirulina sp. ditemukan secara alami tidak hanya di air asin, air tawar, dan air payau tetapi juga di tanah, yang menunjukkan kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap lingkungan yang berbeda yang tersebar di perairan Amerika Utara, Amerika Selatan, Asia, Afrika dan Eropa.²⁴ *Spirulina* sp. hidup tergantung pada kandungan garam dan nilai pH air, cyanobacteria ada bersama dengan mikroba lain, seperti chlorophyceae atau cyanobacteria, atau merupakan populasi utama yang terdiri dari spesies berbeda, seperti *Arthrospira*, *Oscillatoria*, atau *Anabaenopsis*. Pada konsentrasi garam di atas 30 g/L, hanya *Spirulina* yang dapat ditemukan dalam jumlah yang signifikan. Kondisi alkali danau mencapai pH 11 diketahui ideal untuk menjadi habitat *Spirulina* sp.²⁵

3.4. Tinjauan Kandungan Kimia

Spirulina sp. terkenal dengan kandungan proteinnya yang tinggi (sekitar 50%-70% dari berat keringnya). Protein ini mengandung nilai biologis yang tinggi karena mengandung asam amino esensial. Selain protein, *Spirulina* sp. mengandung mineral (besi, kalium, kalsium, natrium, fosfor, mangan, tembaga, seng, iodium, kromium, dan magnesium), vitamin (A, B1, B2, B5, B6, B12, D, E, dan K), klorofil, serat dan *phycocyanin*. Kandungan lainnya yaitu *unsaturated fatty acids* atau asam lemak tak jenuh (asam gamma-linolenat, asam linoleat, asam docosaheksaenoat, asam eicosapentaenoat, asam arachidonat, asam stearidonat), beta-karoten, tiamin, nikotinamida, piridoksin, riboflavin, asam folat, fenolik, fikobiliprotein, katekin hidrat, epikatekin, pirokatekol, C-fikosianin dan enzim superoksida dismutase (SOD).²⁶⁻²⁹

3.5. Aktivitas Farmakologi dan Manfaat *Spirulina*

Spirulina sp. mengandung antioksidan kuat, menangkal radikal bebas dan mampu menghambat pertumbuhan beberapa bakteri gram positif, gram negatif, dan jamur seperti *Candida albicans*. Ekstrak polisakarida *Spirulina* sp. memiliki sifat antitumor, antioksidan, antipenuaan, dan antivirus. *Spirulina* sp. sering digunakan sebagai suplemen makanan yang sangat baik untuk vegetarian, atlet, dan orang yang sedang menjalani diet. Dalam bidang farmasi, *Spirulina* sp. digunakan dalam pembuatan krim, sampo, sabun, dan masker karena kandungan mineral dan vitamin didalamnya yang diperlukan untuk memiliki kulit, rambut, dan kuku yang sehat. Kandungan vitamin B5 membuat kulit mempertahankan hidrasi dan kekenyalannya serta melindungi rambut dari agresi kimiawi dan mekanis.²⁸ Aktivitas farmakologi dari *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Tabel 1.

4. Pembahasan

Spirulina sp. merupakan mikroalga biru-kehijauan yang mempunyai banyak manfaat. Baik masyarakat Indonesia maupun masyarakat luar negeri banyak menggunakan alga ini diantaranya sebagai antioksidan, *antiaging* pada produk kosmetik maupun dikonsumsi sebagai suplemen makanan karena mengandung kadar protein yang tinggi. Banyak penelitian tentang *Spirulina* sp. baik mengenai kandungan kimia yang terkandung dalam *Spirulina* sp. maupun mengenai bioaktivitasnya karena terdapat korelasi antara kandungan senyawa yang terkandung dalam *Spirulina* terhadap aktivitas farmakologi *Spirulina*.¹⁷

Beberapa spesies *Spirulina* diantaranya adalah *Spirulina platensis*, *Spirulina fusiformis*, dan *Spirulina maxima*. Namun, yang seringkali dibahas dalam beberapa penelitian tentang manfaat dan aktivitas farmakologinya adalah *Spirulina platensis*. *Spirulina platensis*, *Spirulina fusiformis* dan *Spirulina maxima* diproduksi secara komersial di Afrika Tengah, Asia dan Amerika. *Spirulina platensis* adalah ganggang

Tabel 1. Aktivitas Farmakologi *Spirulina* sp.

No	Aktivitas	Spesies	Dosis Efektif
1.	Antibakteri	<i>Spirulina platensis</i>	- 200 mg/mL ekstrak air. ⁹
			- 5 mg/mL ekstrak metanol. ¹⁰
			- 10 mg ekstrak serbuk. ¹¹
			- 10 mg/mL ekstrak metanol. ¹²
2.	Antikanker	<i>Spirulina platensis</i>	- 250 µg/ml ekstrak air. ¹³
			- 0.16 g/L ekstrak air. ¹⁴
			- 18.8 dan 22.3 µg/mL ekstrak air. ¹⁵
			- 200 dan 800 mg/kg tablet. ¹⁶
3.	Antidiabetes	<i>Spirulina platensis</i>	- 50 mL ekstrak air. ¹⁷
		<i>Spirulina fusiformis</i>	- 20 dan 30 mg/kgBB ekstrak. ¹⁸
			- 400 mg/kgBB suplemen. ¹⁹
			- 20 dan 30 mg/kgBB suplemen. ¹⁸
4.	Antioksidan	<i>Spirulina platensis</i>	- 1.5 g/100 mL ekstrak air. ¹⁵
			- 27.49 mg/mL ekstrak metanol. ²⁰
			- 10 mg/mL ekstrak etanol. ¹¹
5.	Antihiperglikemia	<i>Spirulina platensis</i>	- 15 dan 10 mg/kgBB ekstrak methanol. ²⁰
		<i>Spirulina fusiformis</i>	- 0.15 mg/g dan 0.30 mg/g. ²¹
6.	Antiinflamasi	<i>Spirulina platensis</i>	- 20 dan 30 mg/kgBB suplemen. ¹⁸
			- 250 g serbuk ekstrak. ²²
7.	Antihipertensi	<i>Spirulina maxima</i>	- 2 g/hari suplemen. ²³

biru-hijau dari keluarga cyanobacteria yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti protein, lipid, karbohidrat, mineral (seng, magnesium, mangan, selenium), pigmen (fikosianin, beta-karoten), riboflavin, tokoferol dan asam alfa-linoleat. *Spirulina* sp. suplemen dan ekstraknya banyak digunakan sebagai nutrisi untuk konsumsi manusia dan hewan, pewarna alami pada makanan dan kosmetik serta nutrasetikal dan bahan tambahan makanan untuk industri farmasi³⁰. Berbagai penelitian di seluruh dunia telah melaporkan bahwa *Spirulina* sp. dapat mengatur proses diabetes, seperti aktivitas hiperkolesterolemia, dan memiliki efek antioksidan dan sifat penangkap radikal yang memberikan perlindungan multiorgan yang signifikan dan memperbaiki efek banyak obat dan serangan toksik yang diinduksi bahan kimia di laboratorium.

Spirulina fusiformis merupakan cyanobacterium yang telah digunakan sebagai suplemen makanan kaya protein dengan signifikansi etnofarmakologi baik pada manusia maupun hewan. Alga biru-hijau ini tumbuh di iklim yang hangat dan merupakan sumber yang kaya akan mineral, vitamin dan pigmen anti oksidan. *Spirulina* sp.

sedang diselidiki melalui berbagai penelitian untuk aktivitas antidiabetes, imunomodulator, dan antioksidannya.²¹

4.1. Antibakteri

Nayyef & Thalij (2020) melaporkan pengaruh antibakteri ekstrak air *Spirulina* sp. dievaluasi terhadap isolat bakteri dengan menggunakan metode difusi cakram, hasilnya dibaca untuk menentukan diameter zona hambat masing-masing sampel menggunakan rumus konsentrasi hambat. Ekstrak air *Spirulina platensis* memiliki zona hambat berkisar antara 11-26 mm dengan dosis 200 mg/mL dengan efek penghambatan terhadap bakteri *Streptococcus* sp., *E. coli*, *Pseudomonas* spp., *P. aeruginosa*, *K. pneumonia*, dan *G. adicans*.⁹

Pada penelitian Usharani et al. (2015), pengaruh antibakteri ekstrak air spirulina dievaluasi terhadap isolat bakteri dengan menggunakan metode difusi cakram, hasilnya dibaca untuk menentukan diameter zona hambat masing-masing sampel menggunakan rumus konsentrasi hambat. Hasilnya, ekstrak air *Spirulina platensis* memiliki zona hambat berkisar antara 11-26 mm dengan dosis 200 mg/mL dengan efek penghambatan

terhadap bakteri gram positif *Streptococcus* sp., *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus cereus*. Untuk bakteri gram negatif yaitu *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, dan *Vibrio cholerae*.¹⁰

Penelitian Moneim et al. (2022) menunjukkan pengaruh antibakteri ekstrak metanol *S. platensis* dievaluasi terhadap isolat bakteri dengan menggunakan metode difusi cakram, yang kemudian hasilnya dibaca untuk menentukan diameter zona hambat masing-masing sampel menggunakan rumus konsentrasi hambat. Hasilnya, ekstrak air *S. platensis* memiliki zona hambat berkisar antara 17-22 mm dengan konsentrasi 10 mg/mL dengan efek penghambatan terhadap bakteri *B. cereus*, *S. aureus*, dan *S. typhi*.¹²

4.2. Antikanker

Crezwonka et al. (2018) melaporkan potensi antikanker dari ekstrak air produk *Spirulina* sp. komersial terhadap lini sel karsinoma paru non-sel kecil manusia A549. Aktivitas antikanker *Spirulina* sp. dilakukan dengan meneliti viabilitas sel, proliferasi, dan morfologi, pengaruh ekstrak spirulina pada regulasi siklus sel, induksi apoptosis pada sel kanker paru-paru, dan ekspresi protein terkait siklus sel/apoptosis. Hasilnya, ekstrak spirulina secara signifikan mengurangi viabilitas dan proliferasi sel kanker, yang disertai penghambatan siklus sel pada fase G1, induksi apoptosis dan perubahan morfologi yang menonjol. Ekstrak spirulina mengurangi fosforilasi protein Akt dan Rb, mengurangi ekspresi cyclin D1 dan CDK4, dan meningkatkan rasio Bax terhadap Bcl-2 dalam sel A549.¹³

Efek antikanker *S. platensis* dilaporkan oleh Konickova et al. (2014) luasi menggunakan metode eksperimental kanker pankreas. Efek anti-proliferatif *S. platensis* dan komponen tertapirolnya diuji pada beberapa lini sel kanker pankreas manusia dan tikus xenotransplantasi. Efek dari terapi eksperimental pada produksi ROS dan status redoks glutathione juga dievaluasi. Dibandingkan dengan sel yang tidak diobati, terapi eksperimental secara signifikan

menurunkan proliferasi sel kanker pankreas manusia secara *in vitro* dengan dosis ekstrak air *S. platensis* sebanyak 0,16 g/L. Efek anti-proliferatif dari *S. platensis* juga ditunjukkan secara *in vivo*, di mana penghambatan pertumbuhan kanker pankreas dibuktikan sejak hari ketiga pengobatan ($p < 0,05$). Semua senyawa yang diuji menurunkan pembentukan ROS mitokondria dan status redoks glutathione ($p = 0,0006$; 0,016; dan 0,006 untuk *S. platensis*, PCB, dan klorofilin, masing-masing).¹⁴

Sitotoksitas ekstrak air *S. platensis* terhadap garis sel karsinoma usus besar (HCT116) dan sel karsinoma hepatoseluler (HEPG2) dilaporkan oleh Zaid et al. (2015). Berbagai konsentrasi ekstrak air *S. platensis* (dari 0-50 µg/mL) disiapkan dan diinkubasi selama 48 jam dengan kedua garis sel yang layak menghasilkan menggunakan sel karsinoma usus besar (HCT116) dan sel karsinoma hepatoseluler (HEPG2). Sitotoksitas *Spirulina* terhadap garis sel ditentukan dengan metode kolorimetri. Perhitungan IC_{50} sel HCT116 dan HEPG2 dilakukan dengan menggunakan program GraphPad. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada uji sitotoksitas, nilai IC_{50} *S. platensis* adalah 18,8 dan 22,3 g/mL masing-masing untuk garis sel HCT116 dan HEPG2.^{15, 16}

4.3. Antidiabetes

Aissaoui et al. (2017) melaporkan efek diabetes ekstrak air *S. platensis* terhadap tikus. Ekstrak air *S. platensis* diberikan secara oral sebanyak 1 mL/hari kepada tikus Wistar untuk dinilai histopatologi, biokimia dan antioksidan. Pengobatan diabetes dengan ekstrak tersebut secara signifikan mengurangi glikemia sebesar 79%, enzim glutamat piruvat transaminase sebesar 25%, glutamate oksaloasetat transaminase sebesar 36%, dan alkaline fosfatase sebesar 20%.¹⁷

Nasirian et al. (2018) melaporkan sebanyak 20 dan 30 mg/kgBB suplemen ekstrak *S. platensis* dapat menurunkan kadar malondialdehid, glukosa, parameter lipid, AST, ALT, TNF- α dan IL-6. Suplemen ekstrak *S. platensis* diberikan karena dapat meningkatkan beberapa mineral dan enzim-

enzim antioksidan. Suplemen tersebut dapat menyediakan mineral untuk sintesis enzim-enzim antioksidan yang selanjutnya dapat mengurangi profil lipid, konsentrasi glukosa dan respons anti-inflamasi.¹⁸

Efek antidiabetes *S. fusiformis* terhadap tikus dilaporkan oleh Simon et al. (2018), menunjukkan bahwa *S. fusiformis* mampu menormalkan kadar glukosa darah akibat penghancuran sebagian sel beta oleh streptozotosin. Hal tersebut dikarenakan efek antioksidan *S. fusiformis* yang dapat mengurangi tingkat kerusakan oksidatif pada sel beta-pankreas.¹⁹

4.4. Antioksidan

Nasirian et al. (2018) melaporkan sebanyak suplemen ekstrak *S. platensis* dengan dosis 20 dan 30 mg/kgBB dapat menurunkan kadar malondialdehid, glukosa, parameter lipid, AST, ALT, TNF- α dan IL-6 pada tikus Wistar. Suplemen ekstrak *S. platensis* dapat meningkatkan beberapa mineral dan enzim-enzim antioksidan. Suplemen tersebut dapat menyediakan mineral untuk sintesis enzim-enzim antioksidan yang selanjutnya dapat mengurangi profil lipid, konsentrasi glukosa dan respons anti-inflamasi.¹⁸

Aktivitas antioksidan ekstrak air *S. platensis* diuji oleh Zaid et al. (2015). Pengujian dengan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa pada ekstrak air *S. platensis* 1,5g/100mL menghasilkan persentase antioksidan tertinggi yaitu 81,1%.¹⁵

Penelitian aktivitas antioksidan ekstrak metanol *S. platensis* dengan menggunakan uji DPPH yang dilakukan oleh Gheda et al. (2021) menunjukkan bahwa sebanyak 1.5 g /100 mL ekstrak tersebut memiliki aktivitas antioksidan tertinggi (59.44%) dan efek penghambatan maksimum untuk enzim diabetes-amilase (96,46%) dan glukosidase (97,42%).²⁰

4.5. Antihiperglikemia

Penelitian aktivitas antihiperglikemia ekstrak metanol *S. platensis* dengan secara *in vivo* yang dilakukan oleh Gheda et al. (2021) menunjukkan bahwa sebanyak 15 dan 10 mg/kgBB ekstrak tersebut menyebabkan aktivitas

antihiperglikemia dengan mengurangi peningkatan kadar glukosa darah.²⁰

Penelitian antihiperglikemia *S. fusiformis* yang dilakukan oleh Setyaningsih et al. (2015) secara *in-vivo* menggunakan mencit yang diberi pakan yang mengandung *S. fusiformis*. Kadar glukosa darah diukur dengan metode tes toleransi glukosa oral setelah periode puasa selama 18 jam. Pemberian *S. fusiformis* tersebut sebanyak 0,15-0,30 mg/kgBB terbukti menurunkan kadar glukosa darah.²¹

4.6. Antiinflamasi

Nasirian et al. (2018) melaporkan suplemen ekstrak *S. platensis* dengan dosis 20 dan 30 mg/kgBB dapat menurunkan kadar malondialdehid, glukosa, parameter lipid, AST, ALT, TNF- α dan IL-6 pada tikus Wistar. Ekstrak *S. platensis* diberikan karena dapat meningkatkan beberapa mineral dan enzim-enzim antioksidan. Suplemen tersebut dapat menyediakan mineral untuk sintesis enzim-enzim antioksidan yang selanjutnya dapat mengurangi profil lipid, konsentrasi glukosa dan respons anti-inflamasi.¹⁸

Abu Taweel et al. (2019) melaporkan efek antiinflamasi serbuk ekstrak *S. platensis* dengan metode yang dievaluasi terhadap tikus edema yang diinduksi karagenan, dan pembentukan granuloma yang diinduksi pelet kapas. Efek analgesik ekstrak dievaluasi dengan respon menggeliat yang diinduksi asam asetat dan uji *hot plate*. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak *S. platensis* secara signifikan melemahkan edema kaki belakang yang diinduksi karagenan, dan granuloma yang diinduksi pelet kapas. Studi mekanistik molekuler awal menetapkan bahwa ekstrak *S. platensis* menurunkan produksi TNF-, IL-1, IL-6, PGE2 dan NO, dan menekan aktivitas COX-2 dan iNOS.²²

4.7. Antihipertensi

Efek antihipertensi *S. maxima* dilaporkan oleh Suliburska et al. (2016) pada 50 pasien penderita hipertensi yang masing-masing diberikan 2 g spirulina untuk dikonsumsi setiap hari selama 3 bulan. Pada awal dan setelah pengobatan, konsentrasi kalsium, magnesium, besi, dan seng dalam plasma dinilai. Ditemukan

bahwa suplementasi *S. maxima* selama 3 bulan menghasilkan penurunan kadar zat besi yang signifikan dalam plasma pasien obesitas dengan hipertensi, yaitu dengan rata-rata kadar awa dalam tubuh pasien sekitar 16,58 menjadi 13,75. Secara khusus, telah ditunjukkan bahwa fikosianin yang diisolasi dari *S. maxima* mampu mengikat ion besi dari FeSO_4 dan ion besi dari FeCl_3 . Selain itu, diketahui bahwa *S. maxima* mengakumulasi logam berat dan bertindak sebagai bioadsorben untuk logam berat tersebut. Oleh karena itu, spirulina dapat menurunkan penyerapan zat besi dari makanan. Selain itu, bioavailabilitas besi yang lebih rendah mungkin sebagian disebabkan oleh interaksi antara logam berat dalam spirulina dan besi, karena seperti diketahui, misalnya, kadmium dapat menghambat penyerapan zat besi.²³

5. Kesimpulan

Spirulina sp. diketahui memiliki aktivitas diantaranya berperan dalam imunomodulasi, antioksidan, antikanker, antitumor, antimikroba, antiinflamasi, penurunan berat badan, antidiabetes, penurunan konsentrasi serum lipid, berperan dalam *bone modeling* dan pertumbuhan dan perkembangan anak karena kandungan didalamnya seperti pigmen fikosianin, protein, vitamin, dan mineral yang sangat penting dan bermanfaat bagi tubuh.

Daftar Pustaka

1. Sunarmi S. Melestarikan Keanekaragaman Hayati Melalui Pembelajaran Di Luar Kelas Dan Tugas Yang Menantang. *Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang*. 2014;6(1):117974.
2. Karkos PD, Leong SC, Karkos CD, Sivaji N, Assimakopoulos DA. Spirulina in clinical practice: Evidence-based human applications. *Evidence-based Complement Alternative Medicine*. 2011;2011:4–7.
3. Setyaningsih I, Tarman K, Satyantini WH, Barus DA. Pengaruh Waktu Panen Dan Nutrisi Media Terhadap Biopigmen *Spirulina platensis*. 2014;16.
4. Ridlo A, Sedjati S, Supriyantini E. Aktivitas Anti Oksidan Fikosianin Dari *Spirulina* Sp. Menggunakan Metode Transfer Elektron Dengan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *Jurnal Kelautan Trop*. 2016;18(2):58–63.
5. Finamore A, Palmery M, Bensehaila S, Peluso I. Antioxidant, Immunomodulating, and Microbial-Modulating Activities of the Sustainable and Ecofriendly *Spirulina*. *Oxid Med Cell Longev*. 2017;2017.
6. Gunes S, Tamburaci S, Dalay MC, Gurhan ID. In vitro evaluation of spirulina platensis extract incorporated skin cream with its wound healing and antioxidant activities. *Pharm Biol*. 2017;55(1):1824–32. Available from: <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1331249>
7. Notonegoro H, Setyaningsih I, Tarman K. Kandungan Senyawa Aktif *Spirulina platensis* yang Ditumbuhkan pada Media Walne dengan Konsentrasi NaNO_3 Berbeda. *J Pascapanen dan Bioteknologi Kelaut dan Perikanan*. 2018;13(2):111.
8. Christwardana M, Nur MMA. *Spirulina platensis* : Potensinya Sebagai Bahan Pangan Fungsional. 2013;2(1):1–4.
9. Nayyef, S.H., & Thalji, K.M. 2020. The Antibacterial activity of *Spirulina platensis* aqueous extract and Chitosan nanoparticles on bacterial isolates from different human Sources. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 928: 1-12.
10. Usharani. G., Srinivasan, G. Sivasakhi, & Saranraj, P. 2015. Antimicrobial Activity of *Spirulina platensis* Solvent Extracts Against Pathogenic Bacteria and Fungi. *Advances in Biological Research*. Vol. 9(5): 292-298.
11. Józsa L, Ujhelyi Z, Vasvári G, Sinka D, Nemes D, Fenyvesi F, et al. Formulation of creams containing spirulina platensis powder with different nonionic surfactants for the treatment of acne vulgaris. *Molecules*. 2020;25(20).
12. Moneim, A. M. E. A., El-Saadony, M. T., Shehata, A.M., Saad, A.M., Aldhumri, S.A., Ouda, S.M., Mesalam, N.M. 2022. Antioxidant and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extracts and biogenic selenium nanoparticles against selected pathogenic bacteria and fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Vol. 29:

- 1197-1209.
13. Crezwonka, A., dkk. 2018. Anticancer effect of the water extract of a commercial *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) product on the human lung cancer A549 cell line. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. Vol. 106: 292-302.
 14. Konickova, R. dkk. 2014. Anti-cancer effects of blue-green alga *Spirulina platensis*, a natural source of bilirubin-like tetrapyrrolic compounds. *Annals of Hepatology*. Vol. 13(2): 273-283.
 15. Zaid, A.A.A., Hammad, D.M., & Sharaf, E.M. 2015. Antioxidant and Anticancer Activity of *Spirulina platensis* Water Extracts. *International Journal of Pharmacology*. Vol. 11(70): 846-851.
 16. Barakat, W., Elshazly, S.M., & Mahmoud, A.A. 2015. *Spirulina platensis* Lacks Antitumor Effect against Solid Ehrlich Carcinoma in Female Mice. *Advances in Pharmacological Sciences*. Vol. 2015: 1-8.
 17. Aissaoui, O. Amiali, M., Bouzid, M., Belkacemi, K., & Bitam, A. 2017. Effect of *Spirulina platensis* ingestion on the abnormal biochemical and oxidative stress parameters in the pancreas and liver of alloxan-induced diabetic rats. *Pharmaceutical Biology*. Vol. 55(1): 1304-1312.
 18. Nasirian, F., Dadkhah, M., Moradi-kor, N., & Obeidavi, Z. 2018. Effects of *Spirulina platensis* microalgae on antioxidant and anti-inflammatory factors in diabetic rats. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*. Vol. 11: 375-380.
 19. Simon, J.P., Baskaran, U.L., Shallaudin, K.B., Ramalingam, G., Prince, S.E. 2018. Evidence of antidiabetic activity of *Spirulina fusiformis* against streptozotocin induced diabetic Wistar albino rats. *Biotech*. Vol.8 (129): 1-12.
 20. Gheda, S.F., Abo-Shady, A.M., Abdel-Karim, O.H., & Ismail, G.A. 2021. Antioxidant and Antihyperglycemic Activity of *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) Methanolic Extract: In vitro and in vivo Study. *Egyptian Journal of Botany*. Vol. 61 (1): 71-93.
 21. Setyaningsih, I., Bintang, M., Madina, N. 2015. Potentially Antihyperglycemic from Biomass and Phycocyanin of *Spirulina fusiformis* Voronikhin by in Vivo Test. *Procedia Chemistry*. Vol. 14: 211-215.
 22. Abu-Taweel, G.M. et al. 2019. *Spirulina* consumption effectively reduces anti-inflammatory and pain related infectious diseases. *Journal of Infection and Public Health*. Vol. 12(6): 777-782.
 23. Suliburska, J., Szulinska, M., Tinkov, A.A., & Bagdanski, P. 2016. Effect of *Spirulina maxima* Supplementation on Calcium, Magnesium, Iron, and Zinc Status in Obese Patients with Treated Hypertension. *Biol Trace Elem Res*. Vol. 173: 1-6.
 24. Gutiérrez-Salmeán G, Fabila-Castillo L, Chamorro-Cevallos G. Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*arthrospira*). *Nutr Hosp*. 2015;32(1):34-40.
 25. Grosshagauer S, Kraemer K, Somoza V. The True Value of *Spirulina*. *J Agric Food Chem*. 2020;68(14):4109-15.
 26. Cho JA, Baek SY, Cheong SH, Kim MR. *Spirulina* enhances bone modeling in growing male rats by regulating growth-related hormones. *Nutrients*. 2020;12(4):1-19.
 27. Józsa L, Ujhelyi Z, Vasvári G, Sinka D, Nemes D, Fenyvesi F, et al. Formulation of creams containing *spirulina platensis* powder with different nonionic surfactants for the treatment of acne vulgaris. *Molecules*. 2020;25(20).
 28. Karray A, Krayem N, Saad H Ben, Sayari A. *Spirulina platensis*, *Punica granatum* peel, and moringa leaves extracts in cosmetic formulations: an integrated approach of in vitro biological activities and acceptability studies. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;28(7):8802-11.
 29. Zheng, J. et al. 2013. Phycocyanin and phycocyanobilin from *Spirulina platensis* protect against diabetic nephropathy by inhibiting oxidative stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. Vol. 304(2): 10-20.