

**STABILITAS PIGMEN FIKOSIANIN DARI *Spirulina platensis* TERHADAP
SINAR UV SERTA AKTIVITAS BAKTERISTATIKNYA TERHADAP
*Propionibacterium acnes***

SKRIPSI

diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia



Oleh
Nurfarida Ulfah
1504342

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

**STABILITAS PIGMEN FIKOSIANIN DARI *Spirulina platensis* TERHADAP
SINAR UV SERTA AKTIVITAS BAKTERISTATIKNYA TERHADAP
*Propionibacterium acnes***

Oleh

NURFARIDA ULFAH

1504342

**Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas
Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

©Nurfarida Ulfah

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, di fotocopy, atau cara lainnya tanpa izin penulis

HALAMAN PENGESAHAN

NURFARIDA ULFAH

STABILITAS PIGMEN FIKOSIANIN DARI *Spirulina platensis* TERHADAP
SINAR UV SERTA AKTIVITAS BAKTERISTATIKNYA TERHADAP
Propionibacterium acnes

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING

Pembimbing I



Dr. Heli Siti Halimatul Munawaroh, M.Si.

NIP. 197907302001122002

Pembimbing II



Gun Gun Gumilar, M. Si

NIP. 197906262001121001

Mengetahui

Ketua Departemen Pendidikan Kimia



Dr. Hendrawan, M.Si

NIP. 196309111989011001

PERNYATAAN

“Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**STABILITAS PIGMEN FIKOSIANIN DARI *Spirulina platensis* TERHADAP SINAR UV SERTA AKTIVITAS BAKTERISTATIKNYA TERHADAP *Propionibacterium acnes***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saat ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini”

Bandung, 23 Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan.

Nurfarida Ulfah

NIM 1504342

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**STABILITAS PIGMEN FIKOSIANIN DARI *Spirulina platensis* TERHADAP SINAR UV SERTA AKTIVITAS BAKTERISTATIKNYA TERHADAP *Propionibacterium acnes***”. Shalawat serta salam semoga selalu terlimpah curah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, serta pada sahabatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian sidang sarjana sains Program Studi Kimia. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang berisi masalah penelitian, metode penelitian dan analisis data dan teori yang mendukung yang merujuk kepada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh para ahli.

Penulis berharap skripsi ini dapat menambah wawasan dan memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar penulisan dalam karya-karya ilmiah penulis di masa mendatang dapat lebih baik lagi. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih atas perhatiannya.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur tiada henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan fisik maupun batin, dan juga kemudahan dalam semua proses penelitian hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Selama pelaksanaan penelitian hingga tersusunnya skripsi, penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Heli Siti Halimatul Munawaroh, M.Si, selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan saran maupun perhatian kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Bapak Gun Gun Gumilar, M. Si, selaku pembimbing II sekaligus Koordinator KBK Kimia Hayati yang telah memberikan masukan dan arahan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Eng. Asep Bayu Dani Nandiyanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
4. Ketua Program Studi Kimia Fitri Khoerunnisa, Ph.D.
5. Ketua Departemen Pendidikan Kimia Dr. Hendrawan, M.Si.
6. Bapak dan Ibu dosen Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh staf laboran terutama Ibu Hana Rohana, S.A.P. dan Ibu Tri yang telah banyak membantu penulis dalam proses penelitian.
8. Ibu Asri peni yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan eksplorasi pemanfaatan biomassa mikroalga *Spirulina platensis* sebagai sumber senyawa fungsional.
9. Ibu Meita Sapitri yang telah membantu dan memberikan saran pada uji antibakteri.
10. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, doa, motivasi dan pengorbanan yang tak ternilai kepada penulis.

11. Teman-teman seperjuangan Kimia D 2015, KBK Kimia Hayati, dan Tim Mikroalga yang telah banyak membantu, mendengarkan keluh kesah, memberikan dukungan serta saran dan menghibur penulis.
12. Endah, Talitha, Bianca yang telah menemani, memberikan semangat dan hiburan selama perkuliahan.
13. Citra, Hasnal, Neng, Mega Setep, Ratu Ayu, Fifi yang senantiasa memberikan dorongan motivasi, mendengarkan keluh kesah penulis, serta menghibur penulis.
14. Teman-teman penulis dari universitas lain yang telah memberikan banyak bantuan selama proses penelitian.
15. Serta semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Semoga amal baik yang telah diberikan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT.

Bandung, 22 Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

Paparan sinar ultraviolet (UV) dapat menyebabkan terbakarnya kulit dan memicu kondisi peradangan kulit yang mengakibatkan kulit rusak. Salah satu senyawa alami yang memiliki potensi sebagai tabir surya dan antibakteri adalah pigmen biru fikosianin dari *Spirulina plantesis*. Pada penelitian ini dilakukan uji stabilitas fikosianin terhadap paparan sinar UV-A dan UV-B dalam potensinya sebagai tabir surya, serta pengujian aktivitas bakteristatiknya terhadap bakteri *Propionibacterium acnes*. Stabilitas pigmen fikosianin dilakukan dengan menentukan konsentrasi sebelum dan setelah penyinaran menggunakan lampu UV-A dan lampu UV-B, sedangkan stabilitas antioksidannya dilakukan melalui perhitungan persen inhibisi DPPH radikal oleh fikosianin sebelum dan setelah penyinaran pada variasi konsentrasi 200, 250, 300, dan 350 ppm. Keseluruhan pengukuran ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian aktivitas bakteristatik terhadap *Propionibacterium acnes* dilakukan dengan uji difusi cakram dan mikrodilusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi pigmen fikosianin pada semua variasi pengujian relatif stabil setelah menerima paparan sinar UV-A dan UV-B selama 30 menit. Hal yang berbeda ditunjukkan pada pengujian stabilitas aktivitas antioksidan fikosianin oleh sinar UV-B. Penurunan perlahan terhadap aktivitas antioksidan diamati pada fikosianin yakni 1,41% setelah menerima paparan selama 30 menit oleh sinar UV-B. Hasil pengujian aktivitas bakteristatik menunjukkan bahwa fikosianin tidak memiliki aktivitas bakteristatik terhadap bakteri penyebab jerawat. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pigmen fikosianin dari *Spirulina plantesis* potensial digunakan sebagai senyawa aktif tabir surya, namun kurang potensial digunakan sebagai anti jerawat.

Kata Kunci: aktivitas bakteristatik, antioksidan, fikosianin, radiasi sinar UV, stabilitas

ABSTRACT

Exposure of ultraviolet (UV) rays can cause skin burn and inflammation. One of the natural products that potential as a sunscreen and antibacteria is the blue pigment phycocyanin from *Spirulina plantesis*. In this research, the potential of phycocyanin as a sunscreen through by determine the stability of phycocyanin pigments against UV-A and UV-B rays and the bacteristatic activity against *Propionibacterium acnes*. Stability of phycocyanin pigment is determined by calculating the concentration before and after irradiation by UV-A and UV-B lamps, while the stability of antioxidant is determined by calculating the percent inhibition of DPPH radical by phycocyanin before and after irradiation with various concentrations from 200, 250, 300, to 350 ppm. The overall measurements were determined using a UV-Vis spectrophotometer. The method of determining bacteristatic activity against *Propionibacterium acnes* was carried out by disk diffusion method and microdilution method. The results showed that the concentration of phycocyanin pigments in all various concentration was relatively stable after irradiated by UV-A and UV-B rays for 30 minutes. Different things showed in the stability of antioxidant by UV-B light. A slow decrease in antioxidant activity was showed by by 1.41% after irradiated for 30 minutes by UV-B light. The results of bacteristatic activity show the fact that phycocyanin does not have bacteristatic activity against bacteria that caused acne. Based on the results it can be concluded that the phycocyanin pigment from *Spirulina plantesis* has the potential to be used as an active compound of sunscreen, but it has less potential for anti-acne.

Keywords: antioxidant, bacteristatic activity, irradiation UV rays, phycocyanin, stability

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Spirulina platensis</i>	5
2.2. Fikosianin	7
2.3. Radiasi Sinar UV	9
2.4. Kulit.....	10
2.5. Tabir Surya	12
2.6. <i>Reactive Oxygen Species (ROS)</i>	13
2.7. Antioksidan	13
2.8. <i>Propionibacterium acnes</i>	15
2.9. Antibakteri	16
2.10. Metode Difusi Cakram.....	17
2.11. Mikrodilusi.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18

3.2. Alat dan Bahan	18
3.2.1. Alat	18
3.2.2. Bahan	18
3.3. Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1. Uji Stabilitas Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Sinar UV-A dan UV-B	20
3.3.2. Uji Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina</i> <i>platensis</i> Terhadap sinar UV-A dan UV-B	21
3.3.3. Uji Aktivitas Bakteristatik Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina</i> <i>platensis</i> Terhadap <i>Propionibacterium acnes</i>	22
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 25
4.1. Stabilitas Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Sinar UV-A dan UV-B	25
4.1.1. Stabilitas Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Sinar UV-A	25
4.1.2. Stabilitas Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap Sinar UV-B	28
4.2. Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap sinar UV-A dan UV-B.....	30
4.2.1. Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap sinar UV-A	31
4.2.2. Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap sinar UV-B.....	33
4.3. Aktivitas Bakteristatik Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap <i>Propionibacterium acnes</i>	35
4.3.1. Aktivitas Bakteristatik Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap <i>Propionibacterium acnes</i> Metode Difusi Cakram.....	35
4.3.2. Aktivitas Bakteristatik Pigmen Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> Terhadap <i>Propionibacterium acnes</i> Melalui MIC Mikrodilusi.....	36
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 39

A. Kesimpulan	39
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komponen bioaktif pada beberapa jenis <i>Spirulina</i>	6
Tabel 4.1. Penurunan konsentrasi fikosianin setelah 15 menit dan 30 menit paparan sinar UV-A	26
Tabel 4.2. Penurunan konsentrasi fikosianin setelah 15 menit dan 30 menit paparan sinar UV-B	29
Tabel 4.3. Penurunan Persen Inhibisi DPPH Radikal oleh Fikosianin Setelah Paparan Sinar UV-A.....	32
Tabel 4.4. Penurunan Persen Inhibisi DPPH Radikal oleh Fikosianin Setelah Paparan Sinar UV-B.....	34
Tabel 4.5. Hasil uji MIC metode mikrodilusi fikosianin terhdap bakteri <i>Propionibacterium acnes</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Morfologi <i>Spirulina platensis</i>	5
Gambar 2.2. Struktur fikosianobilin.....	7
Gambar 2.3. Struktur fikosianin.....	8
Gambar 2.4. Sinar UV yang menembus kulit. Sinar UV-A menimbulkan kerutan, sinar UV-B menimbulkan eritema.	11
Gambar 2.5. <i>Propionibacterium acnes</i>	15
Gambar 3.1. Skema pengujian stabilitas pigmen fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> terhadap sinar UV-A dan UV-B	19
Gambar 3.2. Skema pengujian stabilitas antioksidan pigmen fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> terhadap sinar UV-A dan UV-B	20
Gambar 3.3. Skema pengujian stabilitas antioksidan pigmen fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i> terhadap sinar UV-A dan UV-B	21
Gambar 3.4. Skema tahapan uji metode difusi cakram.....	23
Gambar 3.5. Skema tahapan uji metode MIC	24
Gambar 4.1. Stabilitas Pigmen Fikosianin Terhadap Sinar UV-A pada Rentang Konsentrasi 200-350 ppm	26
Gambar 4.2. Proses pembentukan melanin akibat radiasi sinar UV	28
Gambar 4.3. Stabilitas Pigmen Fikosianin Terhadap Sinar UV-B pada Rentang Konsentrasi 200-350 ppm.....	28
Gambar 4.4. Mekanisme reaksi larutan DPPH dan senyawa antioksidan	30
Gambar 4.5. Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin Terhadap Sinar UV-A pada Rentang Konsentrasi 200-350 ppm	32
Gambar 4.4 Stabilitas Antioksidan Pigmen Fikosianin Terhadap Sinar UV-B pada Rentang Konsentrasi 200-350 ppm	33
Gambar 4.5. Hasil uji metode difusi cakram terhadap <i>Propionibacterium acnes</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan Tahap Preparasi Sampel	47
Lampiran 2. Data perhitungan stabilitas	48
Lampiran 3. Data perhitungan persen inhibisi aktivitas radikal bebas	54
Lampiran 4. Hasil Uji Aktivitas Bakteristatik Fikosianin Terhadap <i>Propionibacterium acnes</i>	57
Lampiran 5. Dokumentasi.....	59

DAFTAR PUSTAKA

- Alioes, Y., & Sy, E. (2015). Efek Pemberian Vitamin E Terhadap Jumlah Erytrosit Dan Aktivitas Enzim Katalase Tikus Akibat Paparan Sinar Ultraviolet. *Jurnal Riset Kimia*, 4(1), 97.
<https://doi.org/10.25077/jrk.v4i1.113>
- Anggraini, DianTriani, Joshita Djajadisastra, dan Hayun. (2013). *Uji Stabilitas Fisik Dan Penentuan Nilai SPF Secara In Vitro Dari Krim Tabir Surya Yang Mengandung Butil Metoksidibenzoilmetan Dan Oktil Metoksinamat Dengan Penambahan Titanium Dioksida*. Depok: Universitas Indonesia.
- Amnuait, Thanaporn, dan Prapaporn Boonme. (2013). Formulation and Characterization of Sunscreen Creams with Synergistic Efficacy on SPF by Combination of UV Filters. 3(08): 1–5.
- Arylza, I.S. (2005). Phycocyanin Dari Mikroalga Bernilai Ekonomis Tinggi Sebagai Produk Industri. *Oseana* 3: 27–36.
- Astuti, Wahyu Mega, Eko Nurcahya Dewi, Retno Ayu Kurniasih. (2019). Pengaruh Perbedaan Jenis Pelarut Dan Suhu Pemanasan Selama Ekstraksi Terhadap Stabilitas Mikrokapsul Fikosianin Dari *Spirulina platensis*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 1(1).
- Baumann, Leslie, MD., dan Saghari, Sogol, MD. (2009), Basic Science of the Epidermis; in *Cosmetic Dermatology Principles And Practice*, Second Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Bernerd, Françoise, Vioux, Corinne, Lejeune, François, Asselineau, Daniel, (2003), Investigative Report: The Sun Protection Factor (SPF) Inadequately Defines Broad Spectrum Photoprotection: Demonstration Using Skin Reconstructed In Vitro Exposed To UVA, UVB Or UV-Solar Simulated Radiation, *Eur J Dermatol* vol. 13, n. 3, May–June p.: 242–9.
- Bold H.C., and Wayne J.M. (1985). *Introduction to the Algae*. 2nd ed. London: Prentice Hall. Inc.

- Brand William, dkk. (1995). *Use of a Free Radical Methode to Evaluate Antioxidant Activity. LWT.*
- Brannan, B. (2007). Inflammation cause by *Propionibacterium acnes*. *Pharmaceutical Journal*. 3(1): 31-38.
- Chaiklahan, Ratana, Nattayaporn Chirasuwan, dan Boosya Bunnag. (2012). Stability of Phycocyanin Extracted from *Spirulina* Sp.: Influence of Temperature, PH and Preservatives. *Process Biochemistry* 47(4): 659–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2012.01.010>.
- Chen L. (2012). The role of antioxidant in photoprotector: a critical review. *J Am Acad Dermatol*. 2012; 67(5): 1013-24.
- CLSI. (2005). *Performance Standards for Antimicrobial Disc Diffusion Susceptibility Tests, Approved Standard-12th ed.* USA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- CLSI. (2009). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically; Approved Standard-10th ed.* USA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Costa, Jorge Alberto Vieira, Gisele Medianeira Barbieri Moro, Daza de Moraes Vaz Batista Filgueira, Emanuela Corsini, dan Telma Elita Bertoline (2017). The Potential of *Spirulina* and Its Bioactive Metabolites as Ingested Agents for Skin Care. *Industrial Biotechnology* 13(5): 244–52.
- Costin, Gertrude-E., dan Vincent J. Hearing. (2007). Human skin pigmentation: melanocytes modulate skin color in response to stress. *The FASEB Journal*. 21.p.976–994.
- D’Orazio, John, Stuart Jarrett, Alexandra Amaro-Ortiz, dan Timothy Scott. (2013). UV Radiation and the Skin. *International Journal of Molecular Sciences* 14(6): 12222–48.
- Draelos, Zoe D. dan Thaman, Lauren A. (2006). *Cosmetic Formulation of Skin Care Products*. Taylor & Francis: New York.

- Fernández-Rojas, Berenice, Jesús Hernández-Juárez, dan José Pedraza-Chaverri. (2014). Nutraceutical Properties of Phycocyanin. *Journal of Functional Foods* 11(C): 375–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.011>.
- Ganiswarna, Sulistia G. (1995). *Farmakologi dan Terapi Edisi IV. Pengantar Antimikroba*. Jakarta: Gaya Baru.
- Hirosawa, T., dan S. Miyachi. (1983). Effects of Long-Wavelength Ultraviolet (UV-A) Radiation on the Growth of *Anacystis Nidulans*. *Plant Science Letters* 28(3): 291–98. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4211\(83\)80021-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4211(83)80021-2).
- Isfardiyana, SH, dan SR Safitri. (2014). Pentingnya Melindungi Kulit Dari Sinar Ultraviolet Dan Cara Melindungi Kulit Dengan Sunblock Buatan Sendiri. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan* 3(2): 126–33.
- Jawetz, E., J.L. Melnick., E.A. Adelberg., G.F. Brooks., J.S. Butel., dan L.N. Ornston. (1996). *Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi ke -20 (Alih bahasa : Nugroho & R.F.Maulany). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jawetz, E., J.L. Melnick., E.A. Adelberg., G.F. Brooks., J.S. Butel., dan L.N. Ornston. (2005). *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Kebede, Elizabeth, dan Gunnel Ahlgren. (1996). Optimum Growth Conditions and Light Utilization Efficiency of *Spirulina*. *Hydrobiologia* 332(1990): 99–109.
- Lie, Jin *et al.*, (2012). Phenolic Compound and Antioxidan Activity of Bulb Extract of Six *Lilium* Species Native to China. *Molecules*.
- Liu, J. G., Hou, C. W., Lee, S. Y., Chuang, Y., & Lin, C. C. (2011). Antioxidant effects and UVB protective activity of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) products fermented with lactic acid bacteria. *Process Biochemistry*, 46(7), 1405–1410. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.03.010>
- Mckinlay, A, dan Diffey B. (1987). *A Reference Spectrum for Ultraviolet Induced Erythema in Human Skin*.

- Menon. (2015). *Lipids and Skin Health*: 1–359.
- Mohite, Y. S., Shrivastava, N. D., & Sahu, D. G. (2015). Antimicrobial Activity of C- Phycocyanin from *Arthrospira Platensis* Isolated From Extreme Haloalkaline Environment Of Lonar. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 1(10), 40–45.
- Muchtadi, Deddy. (2013). *Antioksidan dan Kiat Sehat di Usia Produktif*. Bandung: Alfabeta.
- Murugan, Thiraviam, dan Radhamadhavan. (2011). Screening of Anti-Bacterial Activity of C-Phycocyanin and Its Minimum Inhibitory Concentration (MIC) Determination by Agar Dilution Method. 6(1): 5000.
- Quesada, A., Mouget, J. -L, & Vincent, W. F. (1995). Growth of Antarctic Cyanobacteria Under Ultraviolet Radiation: Uva Counteracts Uvb Inhibition. *Journal of Phycology*, 31(2), 242–248. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00242.x>
- Pelczar, M.J. JR dan Chan. (1988). *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Rastogi, Rajesh Prasad, Ravi Raghav Sonani, dan Datta Madamwar. (2015). Effects of PAR and UV Radiation on the Structural and Functional Integrity of Phycocyanin, Phycoerythrin and Allophycocyanin Isolated from the Marine Cyanobacterium *Lyngbya Sp. A09DM*. *Photochemistry and Photobiology* 91(4): 837–44.
- Renugadevi, K., C. Valli Nachiyar, P. Sowmiya, dan Swetha Sunkar. (2018). Antioxidant Activity of Phycocyanin Pigment Extracted from Marine Filamentous Cyanobacteria *Geitlerinema Sp TRV57*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 16(July): 237–42. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.08.009>.
- Rodriguez S *et al.* (1997). Effects of Cuban Red Propolis on Galactosamine-Induced Hepatitis in Rats. *Pharmacological Research* 35(1): 1–4.

- Saath, N. A. (2005). *Sunscreen*. 3rd ed. New York: Taylor & Francis Group.
- Sarada, Dronamraju V.L., Chinnadurai Sreenath Kumar, dan Ramasamy Rengasamy. (2011). Purified C-Phycocyanin from *Spirulina Platensis* (Nordstedt) Geitler: A Novel and Potent Agent against Drug Resistant Bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27(4): 779–83.
- Sathasivam, Ramaraj, Ramalingam Radhakrishnan, Abeer Hashem, dan Elsayed F. Abd_Allah. (2019). Microalgae Metabolites: A Rich Source for Food and Medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26(4): 709–22. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.003>.
- Sayuti, Kesuma, Rina Yenrina. (2015). *Antioksidan Sintetik dan Alami*. Padang: Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI).
- Sedjati, Sri, Ervia Yudiati. (2012). Profil Pigmen Polar Dan Non Polar Mikroalga Laut *Spirulina* Sp. Dan Potensinya Sebagai Pewarna Alami. *Ilmu Kelautan* 17(September): 5–8.
- Sinha, R. P., Kumar, A., Tyagi, M. B., & Häder, D. P. (2005). Ultraviolet-B-induced destruction of phycobiliproteins in cyanobacteria. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 11(2), 313–319.
- Spolaore, Pauline, Claire Joannis-Cassan, Elie Duran, dan Arsène Isambert. (2006). Commercial Applications of Microalgae. 101 *Journal of Bioscience and Bioengineering*
- Suwarni dan Agus Suprijono. (2001). Krim Tabir Surya Dari Kombinasi Ekstrak Sarang Semut (*Myrmecodia Pendens* Merr & Perry) Dengan Ekstrak Buah *Carica* (*Carica Pubescens*) Sebagai SPF.

- Svobodová, Alena, Jitka Psotová, dan Daniela Walterová. (2003). Natural Phenolics in the Prevention of UV-Induced Skin Damage. A Review. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacký, Olomouc, Czechoslovakia* 147(2): 137–45.
- Tortorra, G. J., dan B.H. Derrickson. (2009). *Principles of Anatomy and Physiology*. 12th ed. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Triayu, S. I. (2009). Formulasi Krim Obat Jerawat Minyak Atsiri Daun Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*, Swingle) Dan Uji Daya Antibakteri Secara In Vitro. *Skripsi*. <http://eprints.ums.ac.id/3382/>.
- Triyem. (2010). *Aktivitas Antioksidan dari Kulit Batang Manggis Hutan (Garcinia cf. Bancana Miq)*. Tesis Universitas Indonesia, Depok.
- Winarsi, Hery. (2007). *Antioksidan dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- Zahra, Soraya. (2012). Optimalisasi Formula Sunscreen Cream Berbahan Aktif Nanopropolis Dengan Menggunakan Emollient Isopropyl Myristate Dan Emulsifier Span 60. *Skripsi*. Universitas Indonesia.