

**PENGARUH AIR TEBU SEBAGAI SUMBER KARBON ORGANIK TERHADAP  
PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID *Chlorella vulgaris* DAN *Navicula salinicola***

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia



Oleh:

Alya Mardhotillah Azizah

1503649

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2019**

**PENGARUH AIR TEBU SEBAGAI SUMBER KARBON ORGANIK TERHADAP  
PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID *Chlorella vulgaris* DAN *Navicula salinicola***

Oleh

Alya Mardhotillah Azizah

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

©Alya Mardhotillah Azizah 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

September 2019

Hak Cipta dilindungi Undang – Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,  
difotokopi, atau cara lainnya tanpa seizin penulis

**HALAMAN PENGESAHAN**

ALYA MARDHOTILLAH AZIZAH

PENGARUH AIR TEBU SEBAGAI SUMBER KARBON ORGANIK TERHADAP  
PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID *Chlorella vulgaris* DAN *Navicula salinicola*

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Gun Gun Gumilar, S.Pd., M.Si.

NIP. 197906262001121001

Pembimbing II,



Heli Siti Halimatul Munawaroh, M.Si., PhD.

NIP. 197907302001122002

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia,



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

## **PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PENGARUH AIR TEBU SEBAGAI SUMBER KARBON ORGANIK TERHADAP PRODUKSI BIOMASSA DAN LIPID *Chlorella vulgaris* DAN *Navicula salinicola***” ini beserta seluruh isinya adalah benar – benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, September 2019

Yang membuat persetujuan

Alya Mardhotillah Azizah

NIM. 1503649

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Air Tebu Sebagai Sumber Karbon Organik Terhadap Produksi Biomassa dan Lipid *Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola***”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia, Departemen Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Maka dari itu, kritik dan saran membangun dari semua pihak untuk menjadi masukan bagi penulis untuk waktu yang akan datang. Semoga skripsi dapat memberikan manfaat ilmu ataupun bagi penulis. Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Bandung, September 2019

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam pembuatan skripsi ini, tak sedikit kesulitan dan tantangan yang penulis temui yang dalam penyelesaiannya penulis banyak memperoleh bantuan dan sumbangan moril maupun materi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua (Bapak Adies Aziz, S.Pd. dan Ibu Retno Sari, S.Pd.) serta Adik (Muhammad Daffa Furqoon) dan keluarga besar atas segala kasih sayang, dukungan, do'a, nasihat, motivasi serta pengorbanan yang tiada terkira bagi penulis.
2. Bapak Gun Gun Gumilar, S.Pd., M.Si. selaku pembimbing I yang selalu memberikan semangat, arahan, dan jalan keluar dalam setiap permasalahan yang dihadapi pada saat penelitian dan penyusunan skripsi serta telah sabar dalam membimbing dan mengarahkan.
3. Ibu Heli Siti Halimatul M., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing II yang selalu memberikan semangat, arahan, dan jalan keluar dalam setiap permasalahan yang dihadapi pada saat penelitian dan penyusunan skripsi serta telah sabar dalam membimbing dan mengarahkan.
4. Ibu Dewi Kurnia, M.Si. beserta tim mikroalga Sekolah Tinggi Farmasi Bandung yang telah membimbing serta memberikan arahan dan jalan keluar dalam setiap masalah yang dihadapi pada saat penelitian.
5. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI.
6. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI.
7. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama kurang lebih empat tahun berada di Program Studi Kimia FPMIPA UPI.

8. Seluruh staff dan laboran Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan bantuan dan kemudahan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian.
9. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
10. Rekan satu tim penelitian Dea R.S., Meganita M., Fina N., Chindiar R., Bianca S., dan Nurfarida U. atas dukungan dan bantuan selama penelitian sampai selesainya penyusunan skripsi.
11. Annisa M., Fikri Aziz S., Nadhira M., Nurul A., Rifdah H., Sartika K., dan Yunita K. selaku sepupu dan sahabat penulis yang telah menjadi teman diskusi dan memberikan dukungan serta semangat sampai selesainya penyusunan skripsi.
12. Rekan – rekan KBK Kimia Hayati, Kimia C 2015, dan Biologi C 2015 yang telah menjadi teman diskusi penulis selama perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi.
13. Kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segalanya, semga Allah SWT memberikan balasan yang lebih baik atas segala amal baik yang telah diberikan. Amin Yaa Robbal ‘Alamiin.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

## ABSTRAK

*Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola* merupakan kelompok mikroalga yang dilaporkan memiliki kandungan lipid yang cukup tinggi dan berpotensi untuk digunakan sebagai sumber alternatif penghasil senyawa prekursor bioenergi. Namun untuk mendapatkan suatu biomassa dan lipid yang tinggi dengan kondisi kultivasi autotropik masih menjadi suatu tantangan, sehingga kondisi kultivasi lain seperti fotoheterotropik perlu diamati. Selain itu, pengaruh kondisi kultivasi terhadap produksi biomassa dan lipid untuk mikroalga diatom khususnya *Navicula salinicola* masih kurang dieksplorasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan sumber karbon organik yaitu air tebu terhadap produksi biomassa dan lipid mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola*. Analisis konsentrasi biomassa dilakukan dengan mengukur massa kering sel (*Dry Cell Weight*, DCW), konsentrasi lipid dilakukan dengan mengukur kadar total lipid dari hasil ekstraksi menggunakan metode Folch yang kemudian dihitung konsentrasi lipidnya berdasarkan kadar total lipid dan konsentrasi biomassa yang diperoleh, dan analisis asam lemak metil ester (*Fatty Acid Methyl Ester*, FAME) dilakukan dengan menggunakan GC-MS. Berdasarkan hasil penelitian ditunjukkan bahwa penambahan air tebu sebagai sumber karbon organik terhadap produksi biomassa terjadi peningkatan biomassa pada *Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola* sebesar 50,10% dan 69,40% dari konsentrasi biomassa yang dikultivasi tanpa penambahan air tebu. Demikian juga pengaruhnya terhadap produksi lipid terjadi peningkatan konsentrasi lipid pada *Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola* sebesar 34,45% dan 25,51% dari konsentrasi lipid yang dikultivasi tanpa penambahan air tebu. Penambahan air tebu sebagai sumber karbon organik mengurangi variasi asam lemak pada *Chlorella vulgaris* dan *Navicula salinicola* sebanyak 3 dan 4 jenis dari mikroalga yang dikultivasi tanpa penambahan air tebu. Hal ini mengindikasikan penambahan air tebu dapat mensupresi variasi asam lemak pada *Chlorella vulgaris* ataupun *Navicula salinicola* tapi menstimulasi pembentukan asam palmitat (C<sub>16:0</sub>) yang berpotensi untuk diaplikasikan pada industri biodiesel.

**Kata kunci:** Biomassa, *Chlorella vulgaris*, Fotoheterotropik, Lipid, *Navicula salinicola*.



## ABSTRACT

*Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola* are microalgae that has been reported to have high lipid content and have potential to be used as an alternative source of bioenergy precursor compounds. However, to obtain a high biomass and lipid with autotrophic cultivation condition is still a challenge therefore other cultivation condition such as photoheterotrophic need to be explored. In addition, the influence of cultivation conditions on the production of biomass and lipid for diatomic microalgae, especially *Navicula salinicola*, is still rare explored. This study aims to analyze the effect of organic carbon sources namely sugarcane addition on the production of biomass and lipid of *Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola*. Analysis of biomass concentrations is evaluated by measuring dry cell weight (DCW), while lipid concentrations is evaluated by measuring total lipid levels from the extraction results using the Folch method. Lipid concentrations is calculated based on total lipid levels and biomass concentration obtained. The profile of fatty acid methyl ester (FAME) is analysed by using GC-MS. Based on the results of this study, it was observed that addition of sugarcane as an organic carbon source has increased the biomass production in *Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola* by 50.10% and 69.40% respectively than those are cultivated without the addition of sugarcane. Similarlt, the addition of sugarcane has been showed to induced lipid accumulation in *Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola* by 34,45% and 25,51% respectively compared to those are cultivated with carbon source from the air. On the other hand, the addition of sugarcane as an organic carbon has decreased the variations of fatty acid in *Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola* by 3 and 4 types respectively than those are cultivated without the addition of sugarcane. The addition of sugarcane can suppress the variations of fatty acids in *Chlorella vulgaris* and *Navicula salinicola* but it stimulates the synthesis of palmitic acid (C<sub>16:0</sub>) which has potential to be applied to the biodiesel industry.

**Keywords:** Biomass, *Chlorella vulgaris*, Lipid, *Navicula salinicola*, Photoheterotrophic.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Struktur Organisasi Skripsi .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Mikroalga .....	6
2.1.1. <i>Chlorella vulgaris</i> .....	6
2.1.2. <i>Navicula salinicola</i> .....	8
2.2. Klasifikasi Mikroalga Berdasarkan Metabolisme .....	9
2.3. Siklus Sel Pada Mikroalga .....	10
2.4. Metabolisme Lipid Pada Mikroalga.....	17
2.5. Sumber Karbon Sebagai Parameter Kultur Mikroalga .....	21
2.6. Kandungan Karbohidrat Pada Air Tebu.....	22
BAB III. METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2.1. Alat.....	25
3.2.2. Bahan.....	25
3.3. Metode Penelitian.....	26
3.3.1. Kultivasi Murni .....	27
3.3.2. Analisis Biomassa pada Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Navicula salinicola</i> dengan Kondisi Kultivasi Autotropik dan Fotoheterotropik....	27

3.3.3. Analisis Konsentrasi Lipid Pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Navicula salinicola</i> .....	28
3.3.4. Analisis <i>Fatty Acid Methyl Ester</i> (FAME) .....	31
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	32
4.1. Pengaruh Air Tebu Sebagai Sumber Karbon Terhadap Produksi Biomassa <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Navicula salinicola</i> . .....	32
4.2. Pengaruh Air Tebu Sebagai Sumber Karbon Terhadap Produksi Lipid <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Navicula salinicola</i> .....	39
4.3. Profil Asam Lemak Pada <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Navicula salinicola</i> yang Dikultivasi dengan Kondisi Autotropik dan Fotoheterotropik.....	48
<b>BAB V</b> .....	61
5.1. Kesimpulan .....	61
5.2. Rekomendasi.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	62
<b>LAMPIRAN</b> .....	68

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S. E., Gedaily, R. A. E., Mocan, A., Farag, M. A., dan El-Seedi, H. R. (2019). Profiling metabolites and biological activities of sugarcane (*Saccharum officinarum* Linn.) juice and its product molasses via a multiplex metabolomics approach. *Molecules*, 24(5), hlm. 934 – 955.
- Ariffin. (2019). *Metode Klasifikasi Iklim di Indonesia*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Barsanti, L. (2006). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. New York: Taylor & Francis.
- Basu, S., Roy, A. S., Mohanty, K., dan Ghoshal, A. K. (2013). Enhanced CO<sub>2</sub> sequestration by a novel microalga: *Scenedesmus obliquus* SA1 isolated from bio-diversity hotspot region of Assam, India. *Bioresource Technology*, 143, hlm. 369 – 377.
- Bellou, S., Baeshen, M. N., Elazzazy, A. M., Aggeli, D., Sayegh, F., dan Aggelis, G. (2014). Microalgal lipids biochemistry and biotechnological perspectives. *Biotechnology Advances*, 32, hlm. 1476 – 1493.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., dan Stryer, L. (2002) *Biochemistry Fifth Edition*. New York: W. H. Freeman & Co. Ltd.
- Borowitzka, M. A. (2018). Biology of Microalgae. *Microalgae in Health and Disease Prevention*, Academic Press, hlm. 23 – 72.
- Campbell, N. A., Reece J. B., Urry L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., dan Jackson R. B. (2008). *Biology Eight Edition Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, J. E. dan Smith, A. G. (2012). A look at diacylglycerol acyltransferase (DGATs) in algae. *Journal of Biotechnology*, 162(1), 28 – 30.

- Chen, W., Zhang, C., Song, L., Sommerfeld, M., dan Hu, Q. (2009). A high throughput Nile red method for quantitative measurement of neutral lipids in microalgae. *Journal of Microbiological Methods*, 77, hlm. 41 – 47.
- Chrysargyris, A., Panayiotou, C., dan Tzortzakis, N. (2016). Nitrogen and phosphorus levels effected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 83, hlm. 577 – 586.
- Das, P., Lei, W., Aziz, S. S., dan Obbard, J.P. (2011). Enhanced algae growth in both phototropic and mixotrophic culture under blue light. *Bioresource Technology*, 102, hlm. 3883 – 3887.
- Dragone, G., Fernandes, B. D., Vicente, A. A., dan Teizeira, J. A. (2010). Third generation biofuels from microalgae. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2, hlm. 1355 – 1366.
- Etesami, E., Saba, F., Noroozi, M., Amoozegar, M. A., Khaniki, G. B., dan Fazeli, S. A. S. (2017). Caspian Sea's *Navicula salinicola* Hustedt 1939 and effect of the prolonged culture on its fatty acid profile. *International Journal of Aquatic Biology*, 5(4), hlm. 268 – 274.
- Fried, G. dan Hademenos, G. (2009). *Biology Third Edition*. United States: The McGraw-Hill Companies.
- Garcia, O. P., Escalante, F. M., de-Bashan, L. E., dan Bashan, Y. (2011). Heterotrophic cultures of microalgae: Metabolism and potential product. *Water Research*, 45, hlm. 11 – 36.
- GBIF Secretariat. (2017). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2019-03-13.
- Gim, G. H., Kim, J. K., Kim, H. S., Kathiravan, M. N., Yang, H., Jeong, S. H., dan Kim, S. W. (2014). Comparison of biomass production and total lipid content

- of freshwater green microalgae for production of biofuel and other value added chemicals. *Bioprocess and Biosystem Engineering*, 184, hlm. 99 – 106.
- Guarnieri, M. T., Nag, A., Yang, S., dan Pienkos, P. T. (2013). Proteomic analysis of *Chlorella vulgaris*: potential targets for enhanced lipid accumulation. *Journal of Proteomics*, 93, hlm. 245 – 243.
- Guo, Z. dan Tong, Y. W. (2014). The interactions between *Chlorella vulgaris* and algal symbiotic bacteria under photoautotrophic and photoheterotrophic conditions. *Journal of Applied Phycology*, 26(3), hlm. 1483 – 1492.
- Hendrawan, Y., Sumarlan, S. H., dan Anggraini, S. (2017). Pengaruh fotoperiode dan variasi kandungan nitrogen ( $\text{NaNO}_3$ ) terhadap laju pertumbuhan dan kandungan lipid mikroalga BLT0404. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(1), hlm. 9 – 18.
- Qiao, H. dan Wang, G. (2009). Effect of carbon source on growth and lipid accumulation in *Chlorella sorokiniana* GXNN01. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27, hlm. 762 – 768.
- Javaheri, N., Dries, R., dan Kaandorp, J. (2014). Understanding the sub-cellular dynamics of silicon transportation and synthesis in diatoms using population-level data and computational optimization. *Plos Computational Biology*, 10(6), hlm. 1 – 16.
- Kiran, B., Kumar, R., dan Deshmukh, D. (2014). Perspectives of microalgal biofuels as a renewable source of energy. *Energy Conversion and Management*, 88, hlm. 1228 – 1244.
- Lee, J. Y., Yoo, C., Jun, S. Y., Ahn, C. Y., dan Oh, H. M. (2010). Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae. *Bioresourc Technology*, 101(1), hlm. 575 – 577.

- Li, T., Zheng, Y., Yu, L., dan Chen, S. (2014). Mixotrophic cultivation of a *Chlorella sorokiniana* strain for enhanced biomass and lipid production. *Biomass and Bioenergy*, 66, hlm. 204 – 213.
- Li, W. dan Hon, L. (2012). Application of neophytadiene as an additive for liquid cigarettes. *United States Patent Application*, 13(330), hlm. 505.
- Liu, T., Liu, F., Wang, C., Wang, Z., dan Li, Y. (2017). The boosted biomass and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris* by supplementation of synthetic phytohormone analogs. *Bioresource Technology*, 232, hlm. 44 – 52.
- Matsumoto, M., Sugiyama, H., Maeda, Y., Sato, R., Tanaka, T., dan, Matsunaga, T. (2010). Marine diatom, *Navicula* sp. Strain JPCC DA0580 and marine green alga, *Chlorella* sp. Strain NKG400014 as potential sources for biodiesel production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 161, hlm. 483 – 490.
- Mondal, M., Ghosh, A., Oinam, G., Tiwari, O. N., Gayen, K., dan Halder, G. N. (2017a). Biochemical response to bicarbonate supplementation on biomass and lipid productivity of *Chlorella* sp. BTA 9031 isolated from coalmine area. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 36(5), hlm. 1498 – 1506.
- Mondal, M., Ghosh, A., Tiwari, O. N., Gayen, K., Das, P., Mandal, M. K., dan Halder, G. (2017b). Influence of carbon sources and light intensity on biomass and lipid production of *Chlorella sorokiniana* BTA 9031 isolated from coalfield under various nutritional modes. *Energy Conversion and Management*, 145, hlm. 247 – 254.
- Mubarak, M., Shaija, A., dan Suchithra, T. V. (2015). A review on the extraction of lipid from microalgae for biodiesel production. *Algal Research*, 7, hlm. 117 – 123.
- Murwani, S. (2015). *Dasar – Dasar Mikrobiologi Veteriner (eBook)*. Malang: UB-Press.

- Nikolau, B. J., Ohlrogge, J. B., dan Wurtele, E. S. (2003). Plant biotin-containing carboxylases. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 414, hlm. 211 – 222.
- Pakkirisamy, M., Kalakandan, S. K., dan Ravichandran, K. (2017). Phytochemical screening, GC-MS, FT-IR analysis of methanolic extract of *Curcuma caesia* Roxb. (black turmeric). *Pharmacognosy Journal*, 9(6), hlm. 952 – 956.
- Rai, M. dan Gupta, S. (2016). Effect of media composition and light supply on biomass, lipid content, and FAME profile for quality biofuel productin from *Scenedesmus abundans*. *Energy Conversion and Management*, 141, hlm. 1 – 8.
- Ramaraj, S., Hemaiswarya, S., Raja, R., Ganesan, V., Anbazhagan, C., Carvalho, I. S., dan Juntawong, N. (2015). Microalgae as an attractive source for Biofuel Production. *Environmental sustainability*, hlm. 129 – 157.
- Ratledge, C. (2004). Fatty acid biosynthesis in mircoorganisms being used for single cell oil production. *Biochimie*, 86, hlm. 807 – 815.
- Richmond, A. (2007). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P. Y., dan Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustanable Energi Reviews*, 35, hlm. 265 – 278.
- Sari, P. D., Putri, W. A., dan Hanum, D. (2019). *Deglinifikasi Bahan Lignoselulosa: Pemanfaatan Limbah Pertanian*. Mojokerto: CV. Penerbit Qiara Media.
- Satin, A. (2012). *Biodiesel Production and Properties*. United Kingdom: RSC Publishing.
- Vitova, M., Biosova, K., Kawano, S., dan Zachleder, V. (2015). Accumulation of energy reserves in algae: From cell cycles to biotechnological applications. *Biotechnology Advances*, 33, hlm. 1204 – 1218.



- Wirasnita, R., Hadibarata, T., Novelina, Y. M., Yusoff, A. R. M., dan Yusop, Z. (2013). A modified methylation method to determine fatty acid content by gas chromatography. *Bulletin of The Korean Chemical Society*, 34(11), hlm. 3239 – 3242.
- Wolfgang, M. dan Lane, M. (2006). Control of energy homeostatis: role of enzymes and intermediates of fatty acid metabolism in the central nervous system. *Annual Review of Nutrition*, 26, hlm. 23 – 44.
- Yeh, K. L. dan Chang, J. S. (2012a). Effects of cultivations and media composition on cell growth and lipid productivity of indigenous microalga *Chlorella vulgaris* ESP-31. *Bioresource Technology*, 105, hlm. 120 – 127.
- Yeh, K. L. dan Chang, J. S. (2012b). pH-stat photoheterotropic cultivation of indigenous *Chlorella vulgaris* ESP-31 for biomass and lipid production using acetic acid as carbon source. *Biochemical Engineering Journal*, 64, hlm. 1 – 7.
- Yudianto, S. A. (1992). *Pengantar Cryptogamae (Sistematik Tumbuhan Rendah)*. Bandung: Tarsito.
- Zachleder, V., Bisova, K., dan Vitova, M. (2016). The cell cycle of microalgae. *The Physiology of Microalgae*, 6, hlm. 3 – 46.
- Zak, A. dan Kosakowska, A. (2015) The influence of extracellular compounds produced by selected Baltic cyanobacteria, diatoms and dinoflagellates on growth of green algae *Chlorella vulgaris*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167, hlm. 113 – 118.