

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NATRIUM BIKARBONAT  
TERHADAP PERTUMBUHAN, KAPASITAS PENYERAPAN CO<sub>2</sub>, SERTA  
KOMPOSISI BIOKIMIA *Chlorella vulgaris***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia



Oleh:

Mutiara Amelia Sabrina

2008113

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2024**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NATRIUM BIKARBONAT  
TERHADAP PERTUMBUHAN, KAPASITAS PENYERAPAN CO<sub>2</sub>, SERTA  
KOMPOSISI BOKIMIA *Chlorella vulgaris***

Oleh  
Mutiara Amelia Sabrina  
2008113

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

© Mutiara Amelia Sabrina  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

MUTIARA AMELIA SABRINA

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NATRIUM BIKARBONAT  
TERHADAP PERTUMBUHAN, KAPASITAS PENYERAPAN CO<sub>2</sub>, SERTA  
KOMPOSISI BIOKIMIA *Chlorella vulgaris*

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Heli Siti Halimatul Munawaroh, Ph.D.

NIP. 197907302001122002

Pembimbing II



Gun Gun Gumilar, M. Si.

NIP. 197906262001121001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Kimia



Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D.

NIP. 197806282001122001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Pengaruh Variasi Konsentrasi Natrium Bikarbonat Terhadap Pertumbuhan, Kapasitas Penyerapan CO<sub>2</sub>, Serta Komposisi Biokimia *Chlorella Vulgaris***” 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 risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 25 Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan

Mutiara Amelia Sabrina

NIM. 2008113

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Konsentrasi Natrium Bikarbonat Terhadap Pertumbuhan, Kapasitas Penyerapan CO<sub>2</sub>, Serta Komposisi Biokimia *Chlorella Vulgaris***”. Sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW., kepada para keluarga, sahabat, dan pengikutnya sampai akhir zaman.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Progam Studi S1 Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menyadari bahwa pada skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan agar kedepannya penyusunan skripsi ini dapat jauh lebih baik. Demikian skripsi ini diciptakan, penulis berharap skripsi ini dapat memberi manfaat kepada siapa saja yang membacanya.

Bandung, 25 Agustus 2024

Penulis

Mutiara Amelia Sabrina

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT., atas segala petunjuk, rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan baik berupa materi, informasi dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berpartisipasi dan membantu penulis, terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Alex Sudrajat dan Ibu Rita Rismayanti yang tidak pernah henti memberikan perhatian, dukungan, dan doa yang tak ada putus-putusnya disaat penulis berada di titik terendah maupun tertinggi. Tak lupa juga kepada adik, kakek, nenek, dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
2. Ibu Heli Siti Halimatul Munawaroh, Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bantuan berupa bimbingan, arahan, diskusi, dukungan, nasihat, dan ilmu yang tidak akan pernah penulis lupakan demi kelancaran skripsi ini.
3. Bapak Gun Gun Gumilar, M.Si. selaku dosen pembimbing II dan Ketua KBK Kimia Hayati yang telah memberikan bimbingan, arahan, diskusi, dan masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI.
5. Bapak Drs. Yaya Sonjaya, M.Si. selaku Dosen Wali yang selalu memberikan dukungan selama perkuliahan.
6. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si., selaku Ketua Laboratorium Riset.
7. Seluruh Dosen, Staf, dan Laboran Program Studi Kimia yang telah banyak membagi ilmu, motivasi, dorongan, serta memberikan pelayanan terbaik kepada penulis selama perkuliahan.
8. Kakak-kakak tingkat penulis dari tim riset alga yang telah memberikan dukungan dan arahan kepada penulis
9. Teman-teman seperjuangan tim riset alga, Melinda, Alya, Namira, dan Shafwa. Terima kasih telah memberikan bantuan, dukungan, masukan, dan

kebersamaan kepada penulis dari mulainya proses penelitian hingga penulisan skripsi ini.

10. Teman-teman Tim Riset KBK Hayati, Alfiyah, Salsabilla, Haifa, dan lainnya yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
11. Dwi, Malfa, Refika, dan Robiah sebagai teman seperjuangan selama kuliah yang sudah membagi suka dan duka dari awal hingga akhir perkuliahan, terima kasih dan semoga sukses selalu.
12. Teman-teman seperjuanganku dari SMP, Divia, Ilmi, Hasna, Mega, Nindya, dan Rahayu yang selalu memberikan support, semangat, dan keceriaan.
13. Rekan-rekan kelas Kimia C 2020. Terima kasih atas kerjasama dan kebersamaan selama 4 tahun ini. Semoga sukses selalu.
14. Seluruh teman-teman yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis. Mohon maaf penulis tidak bisa menyebutkan satu persatu tetapi terima kasih banyak, Semoga sukses selalu.

Sampai saat ini belum banyak yang bisa penulis berikan untuk semua pihak yang sudah berpartisipasi atas terselesaikannya penelitian beserta skripsi ini selain ucapan terima kasih dan doa. Semoga Allah SWT. senantiasa melindungi dan memberikan balasan kebaikan untuk kita semua, Aamiin.

Bandung, 25 Agustus 2024

Penulis

Mutiara Amelia Sabrina

## ABSTRAK

Inovasi penangkapan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) menggunakan mikroalga merupakan salah satu strategi yang dikembangkan dalam mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>. Spesies bikarbonat dalam fasa larutan merupakan sumber utama CO<sub>2</sub> untuk pertumbuhan mikroalga. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh variasi suplementasi larutan bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) terhadap pertumbuhan, kapasitas penangkapan gas CO<sub>2</sub>, dan komposisi biokimia mikroalga *Chlorella vulgaris*. Kurva pertumbuhan ditentukan dengan mengukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 680 nm, sementara kapasitas penyerapan CO<sub>2</sub> ditentukan dengan metode titrasi. Komposisi biokimia ditentukan melalui pengukuran total biomassa menggunakan metode gravimetri; total karbohidrat menggunakan metode fenol-asam sulfat; total lipid menggunakan metode *Bligh and Dyer*; serta profil asam lemak menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suplementasi bikarbonat tidak mempengaruhi waktu kultur *Chlorella vulgaris*. Kapasitas penyerapan CO<sub>2</sub> tertinggi (75 %) diperoleh pada penambahan 1,5 g/L NaHCO<sub>3</sub>. Total biomassa, total karbohidrat, dan total lipid paling tinggi pada penambahan 1,5 g/L NaHCO<sub>3</sub>, yakni berturut-turut sebesar 0,69 g/L; 19,23%; dan 31,25%. Perbandingan profil asam lemak menunjukkan adanya peningkatan komposisi asam lemak jenuh pada *Chlorella vulgaris* yang ditumbuhkan dengan penambahan 1,5 g/L NaHCO<sub>3</sub>. Hasil penelitian menunjukkan prospek *Chlorella vulgaris* sebagai bioagen untuk membantu pencapaian karbon netral (*carbon neutrality*) dalam ekosistem.

**Kata Kunci:** *Chlorella vulgaris*, karbon netral, komposisi biokimia, Natrium Bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>), Penyerapan CO<sub>2</sub>



## ABSTRACT

The innovation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas capture using microalgae is one of the strategies developed in curating CO<sub>2</sub> gas emissions. Bicarbonate species in the solution phase are the main source of CO<sub>2</sub> for microalgae growth. In this study, the effect of variations in bicarbonate solution supplementation (NaHCO<sub>3</sub>) on growth, CO<sub>2</sub> gas capture capacity and biochemical composition of the microalgae *Chlorella vulgaris* was analyzed. The growth curve was determined by measuring the absorbance using a UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 680 nm, while the CO<sub>2</sub> absorption capacity was determined by the titration method. The biochemical composition is determined by measuring the total biomass using the gravimetric method; total carbohydrates using the phenol-sulfuric acid method; total lipids using the Bligh and Dyer method; and fatty acid profiles using gas chromatography-mass spectrometry. The results showed that the variation of bicarbonate supplementation did not affect the cultivation time of *Chlorella vulgaris*. The addition of 1.5 g/L of NaHCO<sub>3</sub> has given the highest CO<sub>2</sub> absorption capacity of 72.19%, the total biomass of 1.48 g/L, total carbohydrates of 19.60%, total lipids of 30.83%, and increased the saturated fatty acid of *Chlorella vulgaris*. The results show the prospect of *Chlorella vulgaris* as a bioagent to help achieve carbon neutrality in ecosystems.

**Keywords:** biochemical composition, carbon neutral, *Chlorella vulgaris*, CO<sub>2</sub> absorption, Sodium Bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>)

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1. Latar Belakang .....	2
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Struktur Organisasi Skripsi .....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1. Penyerapan Karbondioksida pada Mikroalga.....	6
2.2. Fotosintesis pada alga .....	7
2.3. Mekanisme Konsentrasi Karbon (CCM) pada Mikroalga .....	10
2.4. Metabolisme Biokimia pada Mikroalga.....	12
2.4.1. Metabolisme Karbohidrat .....	12
2.4.2. Metabolisme Lipid.....	14
2.5. Prinsip dasar penentuan kurva tumbuh .....	16
2.6. Prinsip Dasar Penentuan Kapasitas Penyerapan Karbondioksida.....	17
2.7. Prinsip Dasar Penentuan Total Biomassa .....	18
2.8. Prinsip Dasar Penentuan Total Karbohidrat.....	19
2.9. Prinsip Dasar Penentuan Total Lipid .....	19
2.10. Prinsip Dasar Penentuan Profil Asam Lemak .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Waktu dan Tempat .....	22
3.2. Alat dan Bahan.....	22
3.2.1. Alat.....	22

3.2.2. Bahan .....	23
3.3. Diagram penelitian .....	24
3.4. Prosedur penelitian .....	25
3.4.1. Kultur <i>Chlorella vulgaris</i> .....	25
3.4.2. Pengukuran Pertumbuhan .....	25
3.4.3. Total Biomassa .....	26
3.4.4. Kapasitas Penyerapan CO <sub>2</sub> .....	26
3.4.5. Total Karbohidrat .....	27
3.4.6. Total Lipid .....	28
3.4.7. Profil Asam Lemak .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1. Kurva Pertumbuhan .....	29
4.2. Total Biomassa .....	31
4.3. Kapasitas Penyerapan CO <sub>2</sub> .....	33
4.4. Kandungan Biokimia .....	34
4.4.1. Total Karbohidrat .....	34
4.4.2. Total Lipid .....	35
4.4.3. Profil Asam Lemak .....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	39
5.1. kesimpulan .....	39
5.2. Saran .....	39
DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN .....	47

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan laju biofiksasi dan biomassa antar strain mikroalga.....	7
<b>Tabel 2.2</b> Klasifikasi <i>C. vulgaris</i> .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Akumulasi bioamassa dan karbohidrat pada mikroalga.....	14
<b>Tabel 2.4</b> Kandungan lipid pada berbagai strain mikroalga.....	17
<b>Tabel 3.1</b> Komposisi media F/2 .....	26
<b>Tabel 3.2</b> Alkalinitas Karbon Anorganik .....	28
<b>Tabel 4.1</b> pH pada hari ke-5 kultivasi_ .....	31

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Fase terang pada proses fotosintesis .....	8
<b>Gambar 2.2</b> siklus <i>Calvin–Benson–Bassham</i> (CBBc).....	9
<b>Gambar 2.3</b> Hubungan pH dengan proporsi Ci .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme konsentrasi karbondioksida (CCM) pada mikroalga ....	11
<b>Gambar 2.5</b> Metabolisme Karbohidrat pada Mikroalga.....	13
<b>Gambar 2.6</b> Metabolisme Lipid pada Mikroalga.....	14
<b>Gambar 2.7</b> Biosintesis lipid jalur de novo dan jalur TAG .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Kurva titrasi asam basas untuk sistem hidroksi karbonat.....	17
<b>Gambar 2.9</b> karbohidrat dengan asam sulfat dan fenol .....	19
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alur penelitian .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Kurva pertumbuhan <i>C. vulgaris</i> dengan suplementasi variasi larutan NaHCO <sub>3</sub> yang berbeda.....	29
<b>Gambar 4.2</b> Total biomassa <i>C. vulgaris</i> dengan suplementasi variasi larutan NaHCO <sub>3</sub> .....	31
<b>Gambar 4.3</b> Kapasitas penyerapan CO <sub>2</sub> pada <i>C. vulgaris</i> dengan suplementasi variasi larutan NaHCO <sub>3</sub> yang berbeda .....	33
<b>Gambar 4.4</b> Total karbohidrat <i>C. vulgaris</i> dengan suplementasi variasi larutan NaHCO <sub>3</sub> Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>Gambar 4.5</b> Total lipid <i>C. vulgaris</i> dengan suplementasi variasi larutan NaHCO <sub>3</sub> .....	35
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan profil asam lemak kontrol dan suplementasi larutan 1,5 g/L NaHCO <sub>3</sub> .....	36
<b>Gambar 4.7</b> Elongasi dan desaturasi jalur <i>fatty acid synthase</i> (FAS) .....	38
<b>Gambar 4.8</b> Elongasi dan desaturasi jalur sintesis poliketida (PKS) .....	38

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1.</b> Tabel Data Kurva Tumbuh .....	47
<b>Lampiran 2.</b> Tabel Data Total Biomassa.....	48
<b>Lampiran 3.</b> Tabel Data Kapasitas Penyerapan Karbondioksida.....	49
<b>Lampiran 4.</b> Tabel Data Total Karbohidrat .....	51
<b>Lampiran 5.</b> Tabel Data Total Lipid.....	52
<b>Lampiran 6.</b> Data Profil Asam Lemak .....	53

### DAFTAR PUSTAKA

- Abinandan, S., & Shanthakumar, S. (2016). Evaluation of photosynthetic efficacy and CO<sub>2</sub> removal of microalgae grown in an enriched bicarbonate medium. *3 Biotech*, *6*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0314-5>
- Ahmad, S., Pathak, V. V., Singh, H. M., Kothari, R., & Shukla, A. K. (2024). Carbon dioxide sequestration by *Chlorella pyrenoidosa* toward biomass and lipid production: an integrated multi-optimized management. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–17.
- Ambriz-Pérez, D. L., Orozco-Guillen, E. E., Galán-Hernández, N. D., Luna-Avelar, K. D., Valdez-Ortiz, A., & Santos-Ballardo, D. U. (2021). Accurate method for rapid biomass quantification based on specific absorbance of microalgae species with biofuel importance. *Letters in Applied Microbiology*, *73*(3), 343–351. <https://doi.org/10.1111/lam.13519>
- Aphalo, P. J. (2020). Absorbance, absorptance and friends. *UV4Plants Bulletin*, *1*, 45–60. <https://doi.org/10.19232/uv4pb.2020.1.12>
- Barahoei, M., Sadegh, M., & Afsharzadeh, S. (2020). *CO<sub>2</sub> capturing by chlorella vulgaris in a bubble column photo-bioreactor ; Effect of bubble size on CO<sub>2</sub> removal and growth rate*. *37*(November 2019), 9–19.
- Beijerinck, M. W. (1890). Culturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen. *Algen. Bot. Ztg.*, *48*, 725–772.
- Carmo-Silva, E., & Sharwood, R. E. (2023). Rubisco and its regulation—major advances to improve carbon assimilation and productivity. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 74, Issue 2, pp. 507–509). Oxford University Press UK.
- Chen, C. Y., Zhao, X. Q., Yen, H. W., Ho, S. H., Cheng, C. L., Lee, D. J., Bai, F. W., & Chang, J. S. (2013). Microalgae-based carbohydrates for biofuel production. *Biochemical Engineering Journal*, *78*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.03.006>
- Cordoba-perez, M. (2021). *CO<sub>2</sub> -Derived Carbon Capture Using Microalgae and Sodium Bicarbonate in a PhotoBioCREC Unit : Kinetic Modeling*. 1–16.
- Coronado-Reyes, J. A., Salazar-Torres, J. A., Juárez-Campos, B., & González-Hernández, J. C. (2022). *Chlorella vulgaris*, a microalgae important to be used

- in Biotechnology: a review. *Food Science and Technology (Brazil)*, 42, 1–11. <https://doi.org/10.1590/fst.37320>
- Daneshvar, E., Wicker, R. J., Show, P. L., & Bhatnagar, A. (2022). Biologically-mediated carbon capture and utilization by microalgae towards sustainable CO<sub>2</sub> biofixation and biomass valorization – A review. *Chemical Engineering Journal*, 427(April 2021), 130884. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130884>
- de Carvalho Silvello, M. A., Severo Gonçalves, I., Patrícia Held Azambuja, S., Silva Costa, S., Garcia Pereira Silva, P., Oliveira Santos, L., & Goldbeck, R. (2022). Microalgae-based carbohydrates: A green innovative source of bioenergy. *Bioresource Technology*, 344(September). <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126304>
- Dhoke, S. K. (2023). Determination of alkalinity in the water sample : a theoretical approach. *Chemistry Teacher International*, 5(3), 283–290. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0052>
- Dianursanti, Agustin, Z. L., & Putri, D. N. (2018). Increased lipids production of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel synthesis through the optimization of growth medium composition arrangement by using bicarbonate addition. *MATEC Web of Conferences*, 154, 1–4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401009>
- Erfianti, T., Sadewo, B. R., Daryono, B. S., Budiman, A., & Suyono, E. A. (2024). Evaluating CO<sub>2</sub> concentration effects on growth kinetics and fatty acid composition in *Euglena gracilis*. *Applied Phycology*, 5(1), 1–11.
- Fry, G. (2020). Albedo Changes Drive 4.9 to 9.4 C Global Warming by 2400. *2020 5th International Conference on Universal Village (UV)*, 1–14.
- Gerwig, G. J., & Gerwig, G. J. (2021). The World of Carbohydrates. *The Art of Carbohydrate Analysis*, 1–10.
- Gholami, R., Raza, A., & Iglauer, S. (2021). Leakage risk assessment of a CO<sub>2</sub> storage site: A review. *Earth-Science Reviews*, 223, 103849.
- Hözl, G., & Dörmann, P. (2020). Chloroplast Lipids and Their Biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology*, 70, 51–81. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100202>
- Ighalo, J. O., Dulta, K., Kurniawan, S. B., Omoarukhe, F. O., Ewuzie, U.,



- Eshiemogie, S. O., Ojo, A. U., & Abdullah, S. R. S. (2022). Progress in microalgae application for CO<sub>2</sub> sequestration. *Cleaner Chemical Engineering*, 3, 100044.
- Isya, A. A., Arman, K. R., & Wintoko, J. (2021). Mini-Review Teknologi Carbon Capture and Utilization (CCU) Berbasis Kombinasi Proses Kimia dan Bioproses. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 4(2), 71. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v4i2.47908>
- Kassim, M. A., Adnan, M. F. I. M., Tan, K. M., Bakar, M. H. A., Lalung, J., & Mohamed, M. S. (2020). Carbonic anhydrase ( CA ) activity by *Chlorella* sp . in immobilised matrix under carbon dioxide rich cultivation condition . Carbonic anhydrase ( CA ) activity by *Chlorella* sp . in immobilised matrix under carbon dioxide rich cultivation. *The Third Bioprocessing and Biomanufacturing Symposium*, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012015>
- Khorramdashti, M. S., Giri, M. S., & Majidian, N. (2021). South African Journal of Chemical Engineering Extraction lipids from *Chlorella vulgaris* by supercritical CO<sub>2</sub> for biodiesel production. *South African Journal of Chemical Engineering*, 38(November 2020), 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.03.008>
- Kim, J., Lee, J., & Lu, T. (2022). Effects of dissolved inorganic carbon and mixing on autotrophic growth of *Chlorella vulgaris*. *Biochemical Engineering Journal*, 82(2014), 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.11.007>
- Kong, W., Kong, J., Ma, J., Lyu, H., Feng, S., & Wang, Z. (2021). *Chlorella vulgaris* cultivation in simulated wastewater for the biomass production , nutrients removal and CO<sub>2</sub> fixation simultaneously. *Journal of Environmental Management*, 284(November 2020), 112070. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112070>
- Lam, M. K., & Lee, K. T. (2013). Effect of carbon source towards the growth of *Chlorella vulgaris* for CO<sub>2</sub> bio-mitigation and biodiesel production. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 14, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.01.016>
- Lasmarito, T. C., & Endrawati, H. (2022). *Kandungan Lutein Mikroalga Chlorella*

- vulgaris* dengan Salinitas Berbeda pada Media Kultur. *11*(2), 320–326.
- Li, C. T., Trigani, K., Zuñiga, C., Eng, R., Chen, E., Zengler, K., & Betenbaugh, M. J. (2021). Examining the impact of carbon dioxide levels and modulation of resulting hydrogen peroxide in *Chlorella vulgaris*. *Algal Research*, *60*. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102492>
- Li, G., Xiao, W., Yang, T., & Lyu, T. (2023). Optimization and Process Effect for Microalgae Carbon Dioxide Fixation Technology Applications Based on Carbon Capture: A Comprehensive Review. *C-Journal of Carbon Research*, *9*(1). <https://doi.org/10.3390/c9010035>
- Li, S., Li, X., & Ho, S. H. (2022). How to enhance carbon capture by evolution of microalgal photosynthesis? *Separation and Purification Technology*, *291*(February), 120951. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120951>
- Lugo, L. A., Thorarinsdottir, R. I., Bjornsson, S., Palsson, O. P., Skulason, H., Johannsson, S., & Brynjolfsson, S. (2020). Remediation of aquaculture wastewater using the microalga *Chlorella sorokiniana*. *Water*, *12*(11), 3144.
- Masojidek, J., Ranglova, K., Lakatos, G. E., Benavides, A. M. Si., & Torzillo, G. (2021). Variables Governing Photosynthesis and Growth in Microalgae Mass Cultures. *Processes*, *9*(820), 1–34.
- Mohapatra, R. K., Padhi, D., Sen, R., & Nayak, M. (2022). Bio-inspired CO<sub>2</sub> capture and utilization by microalgae for bioenergy feedstock production: A greener approach for environmental protection. *Bioresource Technology Reports*, *19*(June). <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101116>
- Mokashi, K., Shetty, V., George, S. A., & Sibi, G. (2016). Sodium Bicarbonate as Inorganic Carbon Source for Higher Biomass and Lipid Production Integrated Carbon Capture in *Chlorella vulgaris*. *Achievements in the Life Sciences*, *10*(1), 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.als.2016.05.011>
- Mondal, M., Khanra, S., Tiwari, O. N., Gayen, K., & Halder, G. N. (2014). Effect of Hydrothermal Carbonization Reaction Parameters on. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, *33*(3), 676–680. <https://doi.org/10.1002/ep>
- Morales, M., Aflalo, C., & Bernard, O. (2021). Microalgal lipids: A review of lipids potential and quantification for 95 phytoplankton species. *Biomass and Bioenergy*, *150*(November 2020).

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106108>

- Najjar, Y. S. H., & Abu-Shamleh, A. (2020). Harvesting of microalgae by centrifugation for biodiesel production: A review. *Algal Research*, 51(July), 102046. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102046>
- Parisi, G., Palopoli, N., Tosatto, S. C. E., Fornasari, M. S., & Tompa, P. (2021). “Protein” no longer means what it used to. *Current Research in Structural Biology*, 3(June), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.crstbi.2021.06.002>
- Pedrosa, M. C., Ueda, J. M., Heleno, S. A., Carocho, M., Reis, F. S., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2023). Value-Added Lipids from Plant Foods and Respective Applications. In *Food Byproducts Management and Their Utilization* (pp. 91–125). Apple Academic Press.
- Perdana, B. A., Dharma, A., & Zakaria, I. J. (2021). *Freshwater pond microalgae for biofuel : Strain isolation , identification , cultivation and fatty acid content*. 22(2), 505–511. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220201>
- Peres, C. B., Resende, P. M. R., Nunes, L. J. R., & Morais, L. C. d. (2022). Advances in Carbon Capture and Use (CCU) Technologies: A Comprehensive Review and CO2 Mitigation Potential Analysis. *Clean Technologies*, 4(4), 1193–1207. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4040073>
- Ratomski, P., Hawrot-Paw, M., & Koniuszy, A. (2021). Utilisation of co2 from sodium bicarbonate to produce chlorella vulgaris biomass in tubular photobioreactors for biofuel purposes. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13169118>
- Remize, M., Brunel, Y., Silva, J. L., Berthon, J. Y., & Filaire, E. (2021). Microalgae n-3 PUFAs Production and Use in Food and Feed Industries. *Marine Drugs*, 19(2), 1–29. <https://doi.org/10.3390/MD19020113>
- Ru, I. T. K., Sung, Y. Y., Jusoh, M., Wahid, M. E. A., & Nagappan, T. (2020). Chlorella vulgaris: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts. *Applied Phycology*, 1(1), 2–11. <https://doi.org/10.1080/26388081.2020.1715256>
- Sadewo, R. P., Hidhayati, N., Ambarsari, L., & Anam, K. (2022). CO2 Sequestration Using Sodium Hydroxide and Its Utilization for Chlorella sorokiniana Biomass Production. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology*

*Education*, 14(3), 391–399.

- Saini, R. K., Prasad, P., Shang, X., Keum, Y.-S., & Parinandi, L. (2021). Molecular Sciences Advances in Lipid Extraction Methods-A Review. *Int. J. Mol. Sci*, 22, 13643. <https://doi.org/10.3390/ijms222413643>
- Sakarika, M., & Kornaros, M. (2016). Effect of pH on growth and lipid accumulation kinetics of the microalga *Chlorella vulgaris* grown heterotrophically under sulfur limitation. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.033>
- Sanni, E. S., Sadiku, E. R., & Okoro, E. E. (2021). Novel systems and membrane technologies for carbon capture. *International Journal of Chemical Engineering*, 2021(1), 6642906.
- Sharfadeen, N. S., Rahaman, M. S. A., Abdullah, S. R. S., & Minhat, Z. (2016). Comparative carbon dioxide capture from air between *Chlorella vulgaris* and *Chlorella sorokiniana*. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(21). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i21/95231>
- Singh, R. P., Yadav, P., Kumar, A., Hashem, A., Al-Arjani, A. B. F., Abd\_Allah, E. F., Rodríguez Dorantes, A., & Gupta, R. K. (2022). Physiological and Biochemical Responses of Bicarbonate Supplementation on Biomass and Lipid Content of Green Algae *Scenedesmus* sp. BHU1 Isolated From Wastewater for Renewable Biofuel Feedstock. *Frontiers in Microbiology*, 13(March). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.839800>
- Su, Y., Xu, M., Brynjólfsson, S., & Fu, W. (2023). Physiological and molecular insights into adaptive evolution of the marine model diatom *Phaeodactylum tricornutum* under low-pH stress. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137297.
- Surani, & Asmoro, C. P. (2022). Pengaruh Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Asam Lemak Dari Mikroalga. *Integrated Lab Journal*, 10(1), 48–54.
- Tasnim, N., Karmakar, D., Hasan, R., Islam, R., Hossain, S., Shaikh, A. A., & Karim, R. (2023). Effect of Light Intensity and pH on Cell Density Assessed by Spectrophotometry for the Unicellular Algae <i>Chlorella vulgaris</i>. *American Journal of Plant Sciences*, 14(04), 472–481. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.144031>

- Tursi, A., & Olivito, F. (2021). Biomass conversion: general information, chemistry, and processes. In *Advances in Bioenergy and Microfluidic Applications* (pp. 3–39). Elsevier.
- Ughetti, A., Roncaglia, F., Anderlini, B., D'Eusanio, V., Russo, A. L., & Forti, L. (2023). Integrated Carbonate-Based CO<sub>2</sub> Capture—Biofixation through Cyanobacteria. *Applied Sciences*, *13*(19), 10779.
- Umar, M., Ji, X., Kirikkaleli, D., & Alola, A. A. (2021). The imperativeness of environmental quality in the United States transportation sector amidst biomass-fossil energy consumption and growth. *Journal of Cleaner Production*, *285*, 124863.
- Vecchi, V., Barera, S., Bassi, R., & Dall'osto, L. (2020). Potential and challenges of improving photosynthesis in algae. *Plants*, *9*(1). <https://doi.org/10.3390/plants9010067>
- Vershubskii, A. V, & Tikhonov, A. N. (2021). Structural and Functional Aspects of Electron Transport Thermoregulation and ATP Synthesis in Chloroplasts. *Biochemistry (Moscow)*, *86*, 92–104.
- Yue, F., Zhang, J., Xu, J., Niu, T., Lü, X., & Liu, M. (2022). Effects of monosaccharide composition on quantitative analysis of total sugar content by phenol-sulfuric acid method. *Frontiers in Nutrition*, *9*(3). <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.963318>
- Zhu, Z., Sun, J., Fa, Y., Liu, X., & Lindblad, P. (2022). Enhancing microalgal lipid accumulation for biofuel production. *Frontiers in Microbiology*, *13*(October), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1024441>
- Zieliński, M., Dębowski, M., Kazimierowicz, J., & Świca, I. (2023). Microalgal Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Capture and Utilization from the European Union Perspective. *Energies*, *16*(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/en16031446>