

OPTIMASI PRODUKTIVITAS *Chlorella* sp. BERDASARKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI APLIKASI NUTRIEN DAN KARBON DIOKSIDA (CO₂) SKALA LABORATORIUM

ISKANDAR



**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Optimasi Produktivitas *Chlorella* sp. Berdasarkan Efektivitas dan Efisiensi Aplikasi Nutrien dan Karbon Dioksida (CO₂) Skala Laboratorium” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Iskandar
C2501241010



RINGKASAN

ISKANDAR. Optimasi Produktivitas *Chlorella* sp. Berdasarkan Efektivitas dan Efisiensi Aplikasi Nutrien dan Karbon Dioksida (CO₂) Skala Laboratorium. Dibimbing oleh NIKEN TUNJUNG MURTI PRATIWI, MAJARIANA KRISANTI, dan INNA PUSPA AYU.

Produktivitas *Chlorella* sp. dipengaruhi oleh parameter fisika dan kimia dalam media kultur. Parameter yang menjadi faktor pembatas adalah ketersediaan nutrien dan karbon dioksida (CO₂). Nutrien berperan sebagai sumber unsur hara untuk pertumbuhan sel, sedangkan CO₂ berperan sebagai sumber karbon anorganik dalam proses fotosintesis. Namun, perbedaan konsentrasi nutrien dan CO₂ dapat menghasilkan pertumbuhan sel yang berbeda, sehingga diperlukan kajian untuk menentukan perlakuan yang sesuai. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi nutrien dan CO₂ yang paling efektif dan efisien dalam meningkatkan produktivitas *Chlorella* sp.

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu penelitian pendahuluan, penelitian Tahap I, penelitian Tahap II, dan penelitian Tahap III. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan rasio nitrogen dan fosfor (N:P) dari pupuk teknis yang paling efektif bagi pertumbuhan *Chlorella* sp. Sumber nitrogen yang digunakan berasal dari pupuk Urea dan ZA, sedangkan sumber fosfor berasal dari pupuk TSP. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi kelimpahan sel, laju pertumbuhan spesifik, dan waktu penggandaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pupuk Urea, ZA, dan TSP dengan rasio N:P 7,2:1 merupakan rasio pupuk yang paling efektif dalam mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp.

Penelitian Tahap I dilakukan untuk menentukan konsentrasi pupuk teknis yang paling efektif berdasarkan rasio N:P terbaik dari penelitian pendahuluan. Pengujian dilakukan dengan mengamati respons pertumbuhan *Chlorella* sp. Hasil analisis menunjukkan bahwa di antara perlakuan pupuk teknis, kombinasi 203,76 mg/L ZA + 92,76 mg/L Urea + 27,48 mg/L TSP merupakan konsentrasi pupuk yang paling efektif dalam mendukung pertumbuhan sel *Chlorella* sp.

Penelitian Tahap II dilakukan untuk menentukan konsentrasi CO₂ yang paling efektif dalam meningkatkan produktivitas *Chlorella* sp. Parameter yang diamati meliputi kelimpahan sel, laju pertumbuhan spesifik, waktu penggandaan, perubahan konsentrasi nutrien, dan laju fiksasi CO₂. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian CO₂ dengan konsentrasi 4% merupakan konsentrasi yang paling efektif dalam meningkatkan produktivitas mikroalga.

Penelitian Tahap III dilakukan untuk menentukan kombinasi perlakuan optimal antara konsentrasi pupuk teknis dan CO₂ dalam meningkatkan produktivitas *Chlorella* sp. Berdasarkan matriks pengambilan keputusan, kombinasi 203,76 mg/L ZA + 92,76 mg/L Urea + 27,48 mg/L TSP dengan injeksi CO₂ sebesar 4% ditetapkan sebagai perlakuan optimal. Kombinasi tersebut menunjukkan respons terbaik dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga dapat direkomendasikan untuk meningkatkan produktivitas sel *Chlorella* sp.

Kata kunci: Nutrien; Karbon Dioksida; Kelimpahan Sel; Laju Pertumbuhan Spesifik; Pertumbuhan Mikroalga.

SUMMARY

ISKANDAR. Optimization of *Chlorella* sp. Productivity Based on the Effectiveness and Efficiency of Nutrient and Carbon Dioxide (CO₂) Application at the Laboratory Scale. Supervised by NIKEN TUNJUNG MURTI PRATIWI, MAJARIANA KRISANTI, and INNA PUSPA AYU.

The productivity of *Chlorella* sp. is influenced by the physical and chemical parameters of the culture medium. The limiting factors include the availability of nutrients and carbon dioxide (CO₂). Nutrients serve as sources of essential elements for cell growth, whereas CO₂ serves as an inorganic carbon source during photosynthesis. However, varying nutrient and CO₂ concentrations may yield different cell growth responses; therefore, further investigation is required to determine the appropriate treatment. This study aimed to determine the most effective and efficient combination of nutrients and CO₂ for increasing the productivity of *Chlorella* sp.

This study was conducted in several stages, namely preliminary research, Stage I, Stage II, and Stage III. The preliminary research was conducted to determine the most effective nitrogen-to-phosphorus (N:P) ratio of technical-grade fertilizers for the growth of *Chlorella* sp. The nitrogen sources were urea and ZA, while TSP was used as the phosphorus source. The observed growth parameters included cell abundance, specific growth rate, and doubling time. The results showed that the combination of urea, ZA, and TSP fertilizers, with an N:P ratio of 7.2:1, was the most effective for supporting the growth of *Chlorella* sp.

Stage I was conducted to determine the most effective concentration of technical-grade fertilizers based on the best N:P ratio obtained from the preliminary research. The growth response of *Chlorella* sp. was observed during the experiment. The results showed that, among the technical-grade fertilizer treatments, the combination of 203.76 mg/L ZA + 92.76 mg/L urea + 27.48 mg/L TSP was the most effective fertilizer concentration for supporting the cell growth of *Chlorella* sp.

Stage II was conducted to determine the most effective CO₂ concentration for increasing the productivity of *Chlorella* sp. The observed parameters included cell abundance, specific growth rate, doubling time, changes in nutrient concentrations, and CO₂ fixation rate. The results showed that adding 4% CO₂ was the most effective concentration for increasing microalgal productivity.

Stage III was conducted to determine the optimal combination of technical-grade fertilizer and CO₂ concentrations to increase the productivity of *Chlorella* sp. Based on the decision-making matrix, the combination of 203.76 mg/L ZA, 92.76 mg/L urea, and 27.48 mg/L TSP, with 4% CO₂ injection, was identified as the optimal treatment. This combination showed the best response among the treatments and can therefore be recommended to increase the cell productivity of *Chlorella* sp.

Keywords: Nutrients; Carbon Dioxide; Cell Abundance; Specific Growth Rate; Microalgal Growth.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

OPTIMASI PRODUKTIVITAS *Chlorella* sp. BERDASARKAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI APLIKASI NUTRIEN DAN KARBON DIOKSIDA (CO₂) SKALA LABORATORIUM

ISKANDAR

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan

**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Bambang Widigdo
- 2 Dr. Ir. Zairion, M.Sc.



Judul Tesis : Optimasi Produktivitas *Chlorella* sp. Berdasarkan Efektivitas dan Efisiensi Aplikasi Nutrien dan Karbon Dioksida (CO₂) Skala Laboratorium.

Nama : Iskandar

NIM : C2501241010

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Niken Tunjung Murti Pratiwi., M.Si

Pembimbing 2:

Dr. Majariana Krisanti, S.Pi., M.Si.

Pembimbing 3:

Dr. Inna Puspa Ayu, S.Pi., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Majariana Krisanti, S.Pi., M.Si.

NIP. 196910311995122001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Dr. Beginner Subhan, S.Pi., M.Si.

NIP. 19800118 200501 1 003

Tanggal Ujian: 16 Juli 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak Oktober 2025 - Maret 2026 yang berjudul “Optimasi Produktivitas *Chlorella* sp. Berdasarkan Efektivitas dan Efisiensi Aplikasi Nutrien dan Karbon Dioksida (CO₂) Skala Laboratorium”. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi di Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan tahun 2024.
2. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan, Kementerian Keuangan, melalui beasiswa LPDP batch 1 tahun 2024.
3. Prof. Dr. Ir. Niken Tunjung Murti Pratiwi, M.Si., Dr. Majariana Krisanti, S.Pi, M.Si., dan Dr. Inna Puspa Ayu, S.Pi, M.Si. selaku Komisi Pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, saran, dan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Bambang Widigdo selaku Penguji di luar Komisi Pembimbing dan Dr. Ir. Zairion, M.Sc. selaku Penguji perwakilan Program Studi.
5. Rasa hormat dan terimakasih yang sedalam-dalamnya bagi penulis sampaikan kepada pihak keluarga (Ayah Katirin, Ibu Rohani, Abang Solekhan, Kakak Mariyem, dan Adik Ria Agustina), atas doa, motivasi, kasih sayang, dan dukungan selama masa studi.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan serta menjadi tambahan referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Iskandar



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Kerangka pemikiran	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Hipotesis	5
II METODE	6
2.1 Waktu dan tempat	6
2.2 Persiapan penelitian	6
2.3 Desain penelitian	7
2.4 Metode pengumpulan data	9
2.5 Analisis data	11
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 Hasil	16
3.2 Pembahasan	29
IV SIMPULAN DAN SARAN	35
4.1 Simpulan	35
4.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	62
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

1	Rancangan penelitian pendahuluan	8
2	Rancangan penelitian Tahap I	8
3	Rancangan penelitian Tahap II	9
4	Analisis parameter kualitas air penelitian pendahuluan dan Tahap I	10
5	Analisis parameter kualitas air penelitian Tahap II	10
6	Sidik ragam rancangan acak lengkap in time penelitian pendahuluan	12
7	Sidik ragam rancangan acak lengkap in time penelitian Tahap I	12
8	Sidik ragam rancangan acak lengkap in time penelitian Tahap II	14
9	Matriks pengambilan keputusan	15
10	Parameter kualitas air penelitian pendahuluan	17
11	Parameter kualitas air penelitian Tahap I	20
12	Parameter kualitas air penelitian Tahap II	23
13	Perubahan konsentrasi nutrisi	23
14	Korelasi nutrisi terhadap kelimpahan sel	25
15	Nilai laju fiksasi karbon dioksida oleh <i>Chlorella</i> sp.	26

DAFTAR GAMBAR

1	Skema perumusan masalah penelitian	3
2	Skema kerangka pemikiran	5
3	Aliran gas karbon dioksida	9
4	Pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai rasio nitrogen dan fosfor (a) kelimpahan sel (b) absorbansi sel	16
5	Parameter pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai rasio nitrogen dan fosfor (a) laju pertumbuhan spesifik (b) waktu penggandaan	17
6	Kelimpahan sel <i>Chlorella</i> sp. terhadap perlakuan	17
7	Kelimpahan sel <i>Chlorella</i> sp. terhadap waktu (a) perlakuan satu, (b) perlakuan dua, (c) perlakuan tiga, (d) perlakuan empat, (e) perlakuan lima	18
8	Pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai konsentrasi nitrogen dan fosfor (a) kelimpahan sel (b) absorbansi sel	19
9	Parameter pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai konsentrasi nitrogen dan fosfor (a) laju pertumbuhan spesifik (b) waktu penggandaan	20
10	Kelimpahan sel <i>Chlorella</i> sp. terhadap perlakuan	20
11	Kelimpahan sel <i>Chlorella</i> sp. terhadap waktu (a) kontrol, (b) perlakuan satu, (c) perlakuan dua, (d) perlakuan tiga, (e) perlakuan empat, (f) perlakuan lima	21
12	Pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai konsentrasi karbon dioksida (a) kelimpahan sel (b) absorbansi sel	22
13	Parameter pertumbuhan sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai konsentrasi karbon dioksida (a) laju pertumbuhan spesifik (b) waktu penggandaan	23
14	Ketersediaan nutrisi (a) amonia, (b) nitrit, (c) nitrat, (d) ortofosfat	24
15	Ketersediaan karbon dioksida terlarut dalam media kultur	25
16	Kelimpahan sel <i>Chlorella</i> sp. terhadap perlakuan	26

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Kelimpahan sel *Chlorella* sp. terhadap waktu (a) Kontrol, (b) Perlakuan satu, (c) Perlakuan dua, (d) Perlakuan tiga

DAFTAR LAMPIRAN

1	Alat dan bahan penelitian	46
2	Massa atom relatif dan fraksi unsur senyawa pupuk teknis	49
3	Rasio N dan P pupuk teknis penelitian pendahuluan	50
4	Rasio N dan P dari pupuk teknis penelitian Tahap I	51
5	Data kelimpahan sel penelitian pendahuluan	52
6	Data absorbansi penelitian pendahuluan	53
7	ANOVA RAL in time penelitian pendahuluan	54
8	Data kelimpahan sel penelitian Tahap I	55
9	Data absorbansi penelitian Tahap I	56
10	ANOVA RAL in time Penelitian Tahap I	57
11	Data kelimpahan sel penelitian Tahap II	58
12	Data absorbansi penelitian Tahap II	59
13	ANOVA RAL in time Penelitian Tahap II	60