



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Badak LNG

**RANCANG SISTEM PROSES
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI VENT
STACK AMINE REGENERATOR
OVERHEAD ACCUMULATOR
PT BADAQ NGL**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

Ardin Layana

NIM. 2202319013

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

**RANCANG SISTEM PROSES
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI
VENT STACK AMINE REGENERATOR
OVERHEAD ACCUMULATOR
PT BADAQ NGL**

LAPORAN TUGAS AKHIR
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

Ardin Layana

NIM. 2202319013

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2025



Hak Cipta :

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

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG SISTEM PROSES FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI *VENT STACK AMINE REGENERATOR*
*OVERHEAD ACCUMULATOR PT BADAK NGL***

Oleh :

Ardin Layana

NIM. 2202319013

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir Telah Disetujui Oleh Pembimbing :

Pembimbing 1

Muhammad Prasha Risfi

Silitonga, S.Si., M.T

NIP : 199403192022031006

Pembimbing 2

Ir. Bambang Irawan, S.T

NIP : 132492

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Budi Yuwono

Nip. 196306191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG SISTEM PROSES FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI VENT STACK AMINE REGENERATOR
OVERHEAD ACCUMULATOR PT BADAK NGL**

Oleh:

Ardin Layana

NIM. 2202319013

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 17 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D3 Teknik Mesin Jurusan
Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Muhammad Prasha Risfi Silitonga, S.Si., M.T NIP.199403192022031006	Ketua Penguji		17 Juli 2025
2.	Radhi Maladzi S.T., M.T. NIP. 19930728202406101	Penguji 1		17 Juli 2025
3.	Zaki Arif S.T No. Badge 132116	Penguji 2		17 Juli 2025

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE
NIP-197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardin Layana
NIM : 2202319013
Program Studi: Diploma III Teknik mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bojonegoro, 8 Oktober 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Ardin Layana
NIM. 2202319013



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RANCANG SISTEM PROSES FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA UNTUK FIKSASI CO₂ DARI VENT STACK AMINE REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR PT BADAK NGL

Ardin Layana¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga¹⁾, Bambang Irawan²⁾

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

PT. Badak NGL, Bontang Kalimantan Timur, 75324

Email : ardin.layana64@gmail.com

ABSTRAK

Menghadapi tantangan emisi CO₂ dari *vent stack amine regenerator overhead accumulator* PT Badak NGL, penelitian ini merancang sistem biofiksasi menggunakan fotobioreaktor mikroalga. Tujuannya adalah memfiksasi CO₂ serta menganalisis efisiensi proses dan pertumbuhan mikroalga. Metodologi menggunakan fotobioreaktor tubular bervolume 57,1 L dengan kultur *Chlorella vulgaris* yang diumpan gas CO₂ 93,13% secara *batch*. Analisis gas menggunakan *Gas Chromatography* (GC-TCD), sedangkan densitas mikroalga diukur dengan spektrofotometri 750 nm. Parameter operasi meliputi suhu 26±2°C, pH 7,0±0,5, dan laju alir gas 120 mL/min. Hasil menunjukkan kinerja sistem sangat efektif dengan efisiensi penyerapan CO₂ mencapai 83,73% setelah 72 jam, melampaui target 60%. Penyerapan terbagi menjadi fase cepat (efisiensi 64,35% dalam 8 jam) dan fase stabilisasi bertahap. Pertumbuhan biomassa mikroalga meningkat 6,42%, menunjukkan korelasi positif antara fiksasi CO₂ dan produksi biomassa. Kultur *Chlorella vulgaris* menunjukkan resiliensi baik terhadap gangguan operasional. Rancangan fotobioreaktor mikroalga terbukti sebagai solusi potensial mendukung program dekarbonisasi industri LNG.

Kunci : Fotobioreaktor , Mikroalga, Emisi CO₂, *Chlorella Sp*, Biofiksasi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DESIGN OF A MICROALGAE PHOTOBIOREACTOR PROCESS SYSTEM FOR CO₂ FIXATION FROM THE AMINE REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR VENT STACK AT PT BADAK NGL

Ardin Layana¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga¹⁾, Bambang Irawan²⁾

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

PT. Badak NGL, Bontang Kalimantan Timur, 75324

Email : ardin.layana64@gmail.com

ABSTRACT

Addressing CO₂ emission challenges from the *amine regenerator overhead accumulator vent stack* at PT Badak NGL, this research designed a biofixation system using microalgae photobioreactor. The objectives were to fixate CO₂ and analyze process efficiency and microalgae growth. The methodology employed a 57.1 L tubular photobioreactor with *Chlorella vulgaris* culture fed with 93.13% CO₂ gas in batch mode. Gas analysis used Gas Chromatography (GC-TCD), while microalgae density was measured by spectrophotometry at 750 nm. Operating parameters included temperature 26±2°C, pH 7.0±0.5, and gas flow rate 120 mL/min. Results demonstrated highly effective system performance with CO₂ absorption efficiency reaching 83.73% after 72 hours, exceeding the 60% target. Absorption occurred in two phases: rapid phase (64.35% efficiency within 8 hours) and gradual stabilization phase. Microalgae biomass growth increased by 6.42%, showing positive correlation between CO₂ fixation and biomass production. *Chlorella vulgaris* culture exhibited good resilience against operational disturbances. The microalgae photobioreactor design proved to be a potential solution supporting LNG industry decarbonization programs.

Keywords : Photobioreactor, Microalgae, CO₂ emisison, *Chlorella Sp.* Biofixation



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	V
ABSTRAK	VI
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat	4
1.4.1 Bagi Penulis	4
1.4.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta.....	5
1.4.3 Bagi PT. Badak NGL dan Dunia Industri	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mikroalga dan Fiksasi CO ₂	7
2.1.1 Jenis Mikroalga	7
2.1.2 Mekanisme Fotosintesis Mikroalga dalam Menyerap CO ₂	8
2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga dan Penyerapan CO ₂	9
2.1.4 Kapasitas Penyerapan CO ₂ dari Berbagai Spesies Mikroalga .	13



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2	Fotobioreaktor	14
2.2.1	Jenis-jenis Fotobioreaktor	14
2.2.2	Parameter Desain dan Operasional Fotobioreaktor	18
2.2.3	Faktor-faktor Yang Memengaruhi Fotoinhibisi dalam Fotobioreaktor	20
2.3	Teknologi Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)	21
2.3.1	Prinsip Dasar CCUS	21
2.3.2	Metode Konvensional vs Biologi Untuk Penangkapan Karbon	22
2.4	Purification Unit Pt Badak NGL	24
2.4.1	Prinsip Kerja Sistem Amine Regenerator	25
2.4.2	Amine Regenerator Overhead Accumulator 1C-6	26
2.4.3	Gas Emisi Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator	27
2.5	Metode Analisis Gas dan Pengukuran Efisiensi	28
2.5.1	Spesifikasi Alat GC untuk Analisis CO ₂ di PT Badak NGL	28
2.5.2	Teknik Gas Chromatography Untuk Analisis CO ₂	29
2.5.3	Penggunaan Tedlar Bag Untuk Sampling Gas	29
2.5.4	Metode Perhitungan Efisiensi Penyerapan CO ₂	30
2.6	Metode Analisis Konsentrasi Mikroalga	31
2.6.1	Prinsip Dasar Spektrofotometri	32
2.6.2	Panjang Gelombang Optimal	32
2.6.3	Perhitungan Konsentrasi Sel	33
2.7	Penelitian Terdahulu	35
BAB III METODOLOGI		38
3.1	Diagram Alir Pengerjaan	38



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2	Langkah Pengerjaan	39
3.3	Metode Penelitian	40
3.3.1.	Jenis Data yang Digunakan	40
3.3.2.	Metode Kajian dan Pembahasan	41
3.4	Metode Penyelesaian Masalah	42
3.4.1	Analisis Penyerapan CO ₂	42
3.4.2	Analisis Densitas Mikroalga	43
3.5	Limitasi dan Asumsi Metodologi	44
BAB IV PEMBAHASAN		46
4.1	Sistem Proses Fotobioreaktor Mikroalga	46
4.1.1	Pemilihan Jenis Fotobioreaktor dan Mikroalga	46
4.1.2	Karakteristik Gas CO ₂ Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator	48
4.1.3	Desain dan Konfigurasi Sistem	49
4.1.4	Penentuan Parameter Operasi	52
4.2	Evaluasi Kinerja Fotobioreaktor dalam Penyerapan CO ₂	53
4.2.1	Efisiensi Penyerapan CO ₂	53
4.2.2	Pertumbuhan dan Densitas Mikroalga	55
4.2.3	Evaluasi Parameter Operasional	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		72
BIODATA MAHASISWA		86



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kapasitas Penyerapan CO ₂ dari Berbagai Spesies Mikroalga	13
Tabel 2. 2 Spesifikasi Gas Chromatography untuk Analisis CO ₂	29
Tabel 2. 3 Koefisien konversi untuk mikroalga	34
Tabel 4. 1 Karakteristik gas Emisi Vent Stack Amine Regenerator	48
Tabel 4. 2 Parameter Operasi Fotobioreaktor Mikroalga.....	52
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Konsentrasi CO ₂ Inlet dan Outlet	53
Tabel 4. 4 Analisis densitas mikroalga menggunakan spektrofotometri	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tren Emisi CO ₂ dari Unit Purifikasi Gas PT Badak NGL Periode 2020-2024	2
Gambar 2. 1 Reaksi Fotosintesis.....	9
Gambar 2. 2 Fotobioreaktor Tubular	15
Gambar 2. 3 Fotobioreaktor Panel Datar	16
Gambar 2. 4 Fotobioreaktor Kolom Gelembung	17
Gambar 2. 5 Amine Regenerator 1C-5	25
Gambar 2. 6 Amine Regenerator Overhead Accumulator 1C-6 Train C.....	27
Gambar 2. 7 Titik Sampling Emisi CO ₂ Vent Stack Train E.....	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	38
Gambar 4. 1 Fotobioreaktor Mikroalga	47
Gambar 4. 2 Chlorella Vulgaris	48
Gambar 4. 3 Process Flow Diagram Fotobioreaktor Mikroalga.....	49
Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi penyerapan CO ₂	54
Gambar 4. 5 Pertumbuhan konsentrasi sel mikroalga.....	56
Gambar 4. 6 Grafik pH vs Waktu	57
Gambar 4. 7 Grafik Temperatur vs Waktu.....	58
Gambar 4. 8 Intensitas Cahaya vs Waktu	59

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis iklim global telah mencapai titik kritis dengan konsentrasi CO₂ atmosfer mencapai rekor 422,5 ppm pada tahun 2024, meningkat 52% dari era pra-industri (Dr Zeke Hausfather & Pierre Friedlingstein, 2024). Industri energi, khususnya sektor gas alam cair (LNG), menghadapi tantangan paradoks, di satu sisi berperan sebagai "jembatan energi" menuju transisi rendah karbon, namun di sisi lain berkontribusi signifikan terhadap emisi dengan intensitas 19,7 g CO₂-eq/MJ—64% lebih tinggi dari gas pipa akibat proses pencairan yang intensif energi (IEA, 2025).

Sebagai respons terhadap krisis global ini, Indonesia telah menetapkan target ambisius mencapai *net-zero emission* pada tahun 2060. Sebagai penghasil emisi gas rumah kaca terbesar ke-9 dunia dengan 600 juta ton CO₂ pada tahun 2021 (Crippa et al., 2024), Indonesia memperkuat komitmennya melalui *Enhanced Nationally Determined Contribution* (NDC) dengan target pengurangan emisi 31,89% (*unconditional*) dan 43,2% (*conditional*) pada tahun 2030. Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM No. 2/2023 tentang implementasi *Carbon Capture and Storage* (CCS) dan *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS) untuk kegiatan migas hulu, serta rencana penerapan pajak karbon pada sektor energi mulai 2025. Regulasi ini menciptakan urgensi bagi industri LNG nasional untuk segera mengadopsi teknologi penangkapan karbon yang efektif dan ekonomis.

PT Badak NGL, sebagai pionir industri LNG di Indonesia sejak 1977, telah menunjukkan komitmen signifikan dalam program dekarbonisasi dengan mencapai pengurangan intensitas emisi dari 0,48 menjadi 0,37 ton CO₂e/ton LNG (2018-2023), setara dengan penurunan 22,92% (Energy Ministerial, 2024). Namun, unit purifikasi gas masih melepaskan emisi substansial melalui *vent stack amine regenerator overhead accumulator* dengan laju 11,8 MMSCFD. Data historis

Hak Cipta :

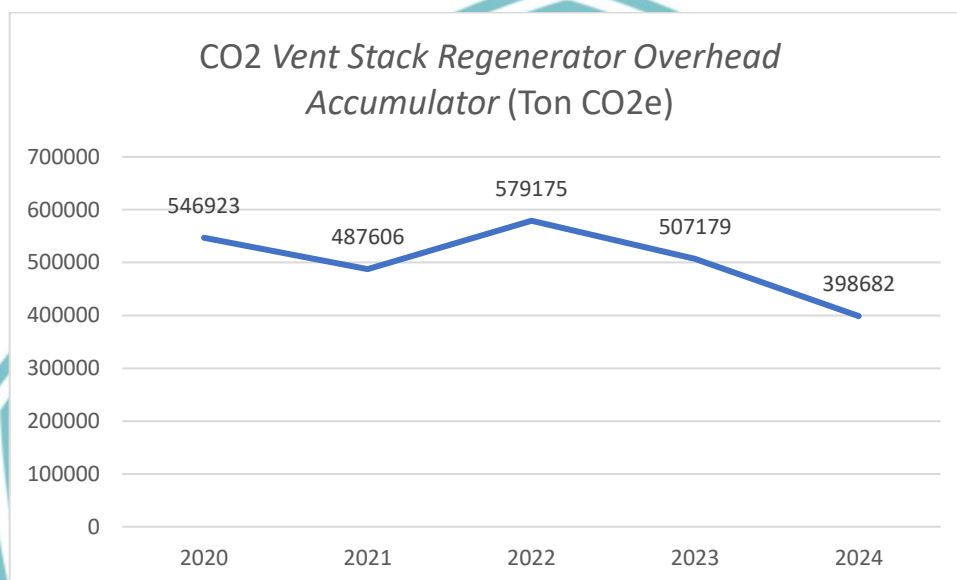
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

gambar 1.1 menunjukkan emisi CO₂ dari unit ini mencapai rata-rata 503.913 ton CO₂e per tahun dengan puncak 579.175 ton pada 2022. Tren ini mengindikasikan urgensi implementasi teknologi penangkapan karbon untuk mengurangi jejak karbon dari operasional unit purifikasi gas.



Gambar 1. 1 Tren Emisi CO₂ dari Unit Purifikasi Gas PT Badak NGL Periode 2020-2024

Sumber : Sustainability Report PT Badak NGL 2020-2024

Teknologi *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS) berbasis biologi menggunakan mikroalga telah muncul sebagai solusi inovatif yang menjanjikan. *Algae-based* CCUS merupakan bagian integral dari kerangka BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*), memanfaatkan proses biologis mikroalga untuk menangkap dan menyerap CO₂ sambil berkontribusi pada produksi energi dan berpotensi mencapai emisi karbon negatif (G. Li & Yao, 2024). Penelitian terkini menunjukkan bahwa mikroalga seperti *Chlorella sp.* dapat mentoleransi CO₂ pada tingkat tinggi hingga 70% vol, dengan beberapa spesies mampu mentoleransi hingga 100% vol CO₂ (Ashour et al., 2024).

Fotobioreaktor telah berkembang pesat sebagai sistem kultivasi mikroalga yang terkontrol dan efisien dalam menyerap CO₂. Konsorsium mikroalga yang terdiri dari *Chlorella sp.*, *Scenedesmus obliquus*, dan *Ankistrodesmus sp.* menunjukkan hasil yang menjanjikan dengan efisiensi penghilangan CO₂ sebesar 49,02%, efisiensi pemanfaatan CO₂ menjadi biomassa sebesar 15,15%, dan laju



Hak Cipta :

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

fiksasi CO₂ sebesar 42,02 h⁻¹(Ashour et al., 2024). Namun, sebagian besar penelitian fotobioreaktor mikroalga masih terbatas pada skala laboratorium dengan menggunakan gas CO₂ sintetis atau simulasi, sementara aplikasi langsung menggunakan gas emisi industri riil masih sangat terbatas. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sistem fotobioreaktor yang terintegrasi dengan bangunan dapat menangkap 3,9 ton CO₂ dan memproduksi 2,2 ton mikroalga per tahun (Vajdi & Aslani, 2023), namun masih diperlukan pengembangan sistem yang dapat mengoptimalkan karakteristik spesifik gas emisi dari industri LNG dengan efisiensi penyerapan yang lebih tinggi.

Penyusunan laporan tugas akhir ini menjadi penting sebagai implementasi ilmu pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan dalam bidang teknik gas, proses, dan lingkungan untuk merancang sistem fotobioreaktor berbasis mikroalga yang dapat menyerap emisi CO₂ dari *vent stack amine regenerator overhead accumulator* PT Badak NGL dengan target efisiensi minimal 60%. Penulisan laporan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi CCUS berbasis biologi yang dapat menjadi model replikasi untuk fasilitas LNG lainnya di Indonesia dan berkontribusi signifikan terhadap pencapaian *target net-zero emission* nasional.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan sistem proses untuk fiksasi gas CO₂ *Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator* dengan Fotobioreaktor Mikroalga.
2. Bagaimana kinerja Fotobioreaktor Mikroalga berdasarkan efisiensi fiksasi CO₂ dan laju pertumbuhan mikroalga.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada tugas akhir ini dibagi menjadi tujuan umum dan tujuan khusus sebagai berikut :

1.3.1 Tujuan Umum

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III Politeknik Negeri Jakarta.
2. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang pengolahan gas, serta mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama mengikuti proses belajar mengajar dalam perkuliahan.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Merancang sistem proses untuk fiksasi gas CO₂ *Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator* dengan Fotobioreaktor Mikroalga.
2. Mengevaluasi kinerja Fotobioreaktor Mikroalga berdasarkan efisiensi fiksasi CO₂ dan laju pertumbuhan mikroalga.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Bagi Penulis

1. Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta.
2. Menambah pengalaman dan ketrampilan dalam merancang sistem proses suatu alat industri.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata

1.4.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran dan penelitian unit fiksasi CO₂ menggunakan Fotobioreaktor berbasis Mikroalga.

1.4.3 Bagi PT. Badak NGL dan Dunia Industri

1. Menjadi penelitian lanjutan bagi PT. Badak NGL untuk proyek Dekarbonisasi dalam mensukseskan program *Net-Zero Emmission* dari Pemerintah.
2. Dapat menjadi opsi teknologi penyerapan gas emisi CO₂ dari Vent Stack Amine Regenerator.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini mendesain rancang proses Fotobioreaktor Mikroalga
2. Tugas akhir ini menggunakan gas CO₂ *Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator* yang akan diambil secara *batch*
3. Tugas akhir ini tidak mencakup analisis *Biomass* atau pemanfaatan hasil kultur mikroalga.
4. Tugas akhir ini tidak mencakup analisis keekonomian alat.
5. Parameter operasi yang dianalisa yaitu konsentrasi CO₂, Siklus Cahaya, pH, dan Temperatur.
6. Tugas akhir ini tidak membahas optimasi parameter operasi dikarenakan batasan waktu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini membantu menjadikan laporan lebih fokus dan memperjelas pemahaman terhadap materi yang dijadikan pokok dan sesuai dengan “PANDUAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI JURUSAN TEKNIK MESIN 2020”. Sistematika penulisan terdiri dari Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metode Penelitian, Bab IV Hasil



Hak Cipta :

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

Penelitian dan Pembahasan, dan Bab V Kesimpulan dan Saran.”

1. BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang pemilihan topik, tujuan umum dan khusus, pembatasan masalah, garis besar metode penyelesaian, manfaat yang akan didapat, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan rangkuman kritis atau pustaka yang menunjang penyusunan/penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam tugas akhir.

3. BAB III METODOLOGI

Menguraikan tentang metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir dengan minimal memuat diagram alir, penjelasan diagram alir, dan metode pemecahan masalah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan hasil-hasil yang diperoleh dari kegiatan tugas akhir, baik berupa data pengamatan, pengujian, maupun hasil perancangan sistem yang telah dilakukan. Hasil yang diperoleh dipaparkan secara sistematis, dilengkapi dengan tabel, grafik, atau gambar untuk memperjelas informasi yang disampaikan. Setelah penyajian hasil, dilakukan pembahasan untuk menganalisis dan mengkaitkan antara variabel-variabel yang diteliti.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memaparkan kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan yang akan menjawab permasalahan dan tujuan serta memaparkan saran yang untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang serupa atau berkaitan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan sistem proses untuk fiksasi gas CO₂ dari *Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator* PT Badak NGL telah berhasil direalisasikan dalam skala pilot menggunakan fotobioreaktor mikroalga bertipe tubular, mikroalga *Chlorella Vulgaris*, dan sistem dirancang dengan kapasitas total 57.1 L.
2. Berdasarkan hasil evaluasi, kinerja fotobioreaktor mikroalga menunjukkan performa yang sangat baik dengan efisiensi fiksasi CO₂ mencapai 83,73% pada jam ke-72 (melampaui target minimal 60%). Secara bersamaan, laju pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* meningkat 6.42%, menunjukkan korelasi positif yang kuat antara efisiensi fiksasi CO₂ dengan pertumbuhan biomassa. Parameter operasional berhasil dipertahankan dalam rentang optimal (pH 6,03-7,15; temperatur 25-30°C; intensitas cahaya 700 lux) yang mendukung kinerja sistem secara keseluruhan.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut

1. Mengintegrasikan sensor pH yang terhubung dengan pompa dosis otomatis (*dosing pump*). Sistem ini akan secara otomatis menambahkan larutan basa (misalnya, KOH atau larutan kultur basa) dalam dosis kecil dan terkontrol saat pH turun di bawah ambang batas (misal, 6.5), sehingga menjaga stabilitas lingkungan kultur tanpa menyebabkan gangguan drastis
2. Melakukan serangkaian eksperimen untuk menemukan titik operasi optimal. Variabel yang dapat diuji meliputi:

Hak Cipta :

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

- a. Siklus Cahaya: Membandingkan siklus kontinu (24:0) dengan siklus terputus (misalnya, 16:8 atau 12:12) untuk melihat dampaknya terhadap efisiensi fotosintesis dan konsumsi energi.
 - b. Laju Alir Gas: Menguji variasi laju alir gas untuk menemukan keseimbangan terbaik antara suplai CO₂ yang cukup dan pencegahan stres mekanis pada sel mikroalga.
3. Melakukan studi ekonomi yang komprehensif dengan menghitung:
 - a. CAPEX (*Capital Expenditure*): Total biaya investasi untuk membangun sistem skala industri.
 - b. OPEX (*Operational Expenditure*): Biaya operasional tahunan (listrik, nutrisi, tenaga kerja, pemeliharaan).
 - c. Aliran Pendapatan: Potensi pendapatan dari penjualan biomassa dan, yang terpenting, dari kredit karbon atau penghindaran pajak karbon.
4. Melakukan studi perancangan untuk meningkatkan skala sistem agar mampu menangani sebagian besar atau seluruh aliran gas dari *vent stack*. Studi ini mempertimbangkan tantangan rekayasa seperti hidrodinamika fluida, transfer massa gas-cair yang efisien, distribusi cahaya yang merata pada reaktor yang lebih besar, dan kebutuhan lahan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Abdur Razzak, S., Bahar, K., Islam, K. M. O., Haniffa, A. K., Faruque, M. O., Hossain, S. M. Z., & Hossain, M. M. (2024). Microalgae cultivation in photobioreactors: sustainable solutions for a greener future. In *Green Chemical Engineering* (Vol. 5, Issue 4, pp. 418–439). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.gce.2023.10.004>
- Adamczyk, M., Lasek, J., & Skawińska, A. (2016). CO₂ Biofixation and Growth Kinetics of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis gaditana*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 179(7), 1248–1261. <https://doi.org/10.1007/s12010-016-2062-3>
- AlYami, N. H., AlOwysi, A. S., & Ahmed, K. M. (2024). Overcoming traceability challenge in air quality measurements by developing reference gas mixtures of CO₂ in a typical indoor/outdoor range for future relevant IoT technology applications. *Acta IMEKO*, 13(3). <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v13i3.1837>
- Ashour, M., Mansour, A. T., Alkhamis, Y. A., & Elshobary, M. (2024). Usage of *Chlorella* and diverse microalgae for CO₂ capture - towards a bioenergy revolution. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1387519>
- Ashraf, M. Y., Javed Iqbal, M., Naqvi, S. A., & Naeem, M. (2011). *Replacement of Expensive Pure Nutritive Media with Low Cost Commercial Fertilizers for Mass Culture of Freshwater Algae, Chlorella vulgaris*. <http://www.fspublishers.org>
- Benavides, M., Mailier, J., Hantson, A.-L., Muñoz, G., Vargas, A., Van Impe, J., & Vande Wouwer, A. (2015). Design and Test of a Low-Cost RGB Sensor for Online Measurement of Microalgae Concentration within a Photo-Bioreactor. *Sensors*, 15(3), 4766–4780. <https://doi.org/10.3390/s150304766>
- Burgess, G., Lovegrove, K., Burgess, G., Fernández-Velasco, J. G., & Lovegrove, K. (2006). *Materials, geometry, and net energy ratio of tubular*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

photobioreactors for microalgal hydrogen production.
<https://www.researchgate.net/publication/228558174>

Carone, M., Alpe, D., Costantino, V., Derossi, C., Occhipinti, A., Zanetti, M., & Riggio, V. A. (2022). Design and characterization of a new pressurized flat panel photobioreactor for microalgae cultivation and CO₂ bio-fixation. *Chemosphere*, 307, 135755.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135755>

Cecilia, & Wahyu Dwi, K. (2017). *THE EFFECT OF LIGHT CYCLE ON THE GROWTH AND LIPID PRODUCTIVITY OF MICROALGAE Botryococcus braunii UV-B RAYS MUTATED AND NATURAL*.

Chaudhary, R., Dikshit, A. K., & Tong, Y. W. (2018). Carbon-dioxide biofixation and phycoremediation of municipal wastewater using *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus obliquus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(21), 20399–20406. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9575-3>

Chavan, K. J., Chouhan, S., Jain, S., Singh, P., Yadav, M., & Tiwari, A. (2014). Environmental factors influencing algal biodiesel production. *Environmental Engineering Science*, 31(11), 602–611. <https://doi.org/10.1089/ees.2014.0219>

Cheah, W. Y., Show, P. L., Chang, J. S., Ling, T. C., & Juan, J. C. (2015). Biosequestration of atmospheric CO₂ and flue gas-containing CO₂ by microalgae. In *Bioresource Technology* (Vol. 184, pp. 190–201). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.026>

Chioccioli, M., Hankamer, B., & Ross, I. L. (2014). Flow cytometry pulse width data enables rapid and sensitive estimation of biomass dry weight in the microalgae *Chlamydomonas reinhardtii* and *Chlorella vulgaris*. *PLoS ONE*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097269>

Crippa, Monica., D, G., F, P., M, B., M, M., E, S., F, M.-F., WE, B., R, Q., A, R. M., P, T.-M., J, K., G, G., S, R., J, M., D, O., A, B., J, S.-M., G, M., ... F, P. (2024). *GHG emissions of all world countries* (Issue KJ-01-24-010-EN-N (online),KJ-01-24-010-EN-C (print)). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/4002897> (online),10.2760/0115360 (print)

Cuellar-Bermudez, S. P., Garcia-Perez, J. S., Rittmann, B. E., & Parra-Saldivar, R.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- (2015). Photosynthetic bioenergy utilizing CO₂: An approach on flue gases utilization for third generation biofuels. *Journal of Cleaner Production*, 98, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.034>
- de Barros Gallo, A., Fossa, A. J., Liaw, C., & Moutinho dos Santos, E. (2025). *CCU-Based Products and Their Technological Routes* (pp. 147–181). https://doi.org/10.1007/978-3-031-81272-9_6
- De Vree, J. H., Bosma, R., Janssen, M., Barbosa, M. J., & Wijffels, R. H. (2015). Comparison of four outdoor pilot-scale photobioreactors. *Biotechnology for Biofuels*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0400-2>
- Deded Hendra, Muhammad Jamil, Ismail Maryanto, Suwarno, & Wagiono. (2014). *Plant 1 : Purification Plant*.
- Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M. N. A., & Sampathkumar, P. (2018). Microalgae as Bio-fertilizers for Rice Growth and Seed Yield Productivity. *Waste and Biomass Valorization*, 9(5), 793–800. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9873-5>
- Dr Zeke Hausfather, & Pierre Friedlingstein. (2024, November 13). *Analysis: Global CO₂ emissions will reach new high in 2024 despite slower growth*. Carbon Brief.
- Energy Ministerial, C. (2024). *ISO 50001 Energy Management System-Case Study Indonesia 2024 Organization Profile / Business Case*.
- Fuchs, T., Arnold, N. D., Garbe, D., Deimel, S., Lorenzen, J., Masri, M., Mehlmer, N., Weuster-Botz, D., & Brück, T. B. (2021). A Newly Designed Automatically Controlled, Sterilizable Flat Panel Photobioreactor for Axenic Algae Culture. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.697354>
- Gas Producers Association. (1961). *GPA 2261: Analysis of Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures by Gas Chromatography*.
- Gilbert, T. (2019). *PENGARUH INJEKSI CO₂ TERHADAP BIOMASSA, TOTAL LIPID DAN PROFIL ASAM LEMAK MIKROALGA Chaetoceros calcitrans*.
- Griffiths, M. J., Garcin, C., van Hille, R. P., & Harrison, S. T. L. (2011). Interference by pigment in the estimation of microalgal biomass concentration



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

by optical density. *Journal of Microbiological Methods*, 85(2), 119–123.
<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2011.02.005>

Guo, Y. (2017). *Research On Tolerant Microalgae Development And Corresponding CO₂ Conversion Mechanism For The Carbon Capture Process*.

Hanson, E., Nwakile, C., & Hammed, V. O. (2025). Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies: Evaluating the effectiveness of advanced CCUS solutions for reducing CO₂ emissions. *Results in Surfaces and Interfaces*, 18.
<https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2024.100381>

Huang, Q., Jiang, F., Wang, L., & Yang, C. (2017). Design of Photobioreactors for Mass Cultivation of Photosynthetic Organisms. *Engineering*, 3(3), 318–329.
<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.020>

IEA. (2025). *Assessing Emissions from LNG Supply and Abatement Options*.
www.iea.org

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.). (2023). *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157926>

International Energy Agency. (2024). *Technology Perspectives Energy Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage CCUS in clean energy transitions*. www.iea.org/t&c/

ISO. (2000). *ISO 16017-1:2000* (1st ed.).

ISO. (2012). *Water quality-Fresh water algal growth inhibition test with unicellular green algae*.

Jerez, C. G., García, C. B., Rearte, A., & Figueroa, F. L. (2016). Relation between light absorption measured by the quantitative filter technique and attenuation of *Chlorella fusca* cultures of different cell densities: application to estimate the absolute electron transport rate (ETR). *Journal of Applied Phycology*, 28(3), 1635–1648. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0685-3>

Kandimalla, P., Desi, S., & Vurimindi, H. (2016). Mixotrophic cultivation of microalgae using industrial flue gases for biodiesel production. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(10), 9345–9354.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

<https://doi.org/10.1007/s11356-015-5264-2>

Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 17, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>

Khoo, C. G., Lam, M. K., & Lee, K. T. (2016). Pilot-scale semi-continuous cultivation of microalgae *Chlorella vulgaris* in bubble column photobioreactor (BC-PBR): Hydrodynamics and gas-liquid mass transfer study. *Algal Research*, 15, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.02.001>

Kroumov, A. D., & Alexandrov, S. (2015). *Analysis of Sf/V ratio of photobioreactors linked with algal physiology*. <http://www.ifrg-bg.com>

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. In *C-Journal of Carbon Research* (Vol. 9, Issue 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/c9010035>

Li, G., & Yao, J. (2024). A Review of Algae-Based Carbon Capture, Utilization, and Storage (Algae-Based CCUS). *Gases*, 4(4), 468–503. <https://doi.org/10.3390/gases4040024>

Li, L., Liu, Y., Li, Y., Wang, Z., Guo, K., Ma, Q., Cui, Y., Liu, K., & Chen, C. (2024). Overview of Typical Projects for Geological Storage of CO₂ in Offshore Saline Aquifers. In *Liquids* (Vol. 4, Issue 4, pp. 744–767). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/liquids4040042>

López-Pacheco, I. Y., Castillo-Vacas, E. I., Castañeda-Hernández, L., Gradiz-Menjivar, A., Rodas-Zuluaga, L. I., Castillo-Zacarías, C., Sosa-Hernández, J. E., Barceló, D., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldívar, R. (2021). CO₂ biocapture by *Scenedesmus* sp. grown in industrial wastewater. *Science of the Total Environment*, 790. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148222>

Luo, H., & Al-Dahhan, M. H. (2004). Analyzing and modeling of photobioreactors



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

by combining first principles of physiology and hydrodynamics. *Biotechnology and Bioengineering*, 85(4), 382–393. <https://doi.org/10.1002/bit.10831>

Madigan, M., Sattley, W., Aiyer, J., Stahl, D., & Buckley, D. (2021). *Brock Biology of Microorganisms, Global Edition* . Pearson Deutschland. <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9781292405063>

Maltsev, Y., Kulikovskiy, M., & Maltseva, S. (2023). Nitrogen and phosphorus stress as a tool to induce lipid production in microalgae. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 22, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02244-6>

Mathivanan, K., Ameen, F., Zhang, R., Ravi, G., & Beduru, S. (2023). Bubble column photobioreactor (BCPR) for cultivating microalgae and microalgal consortium (Co-CC) with additional CO₂ supply for enhancing biomass, lipid, and preferable fatty acids production. *Environmental Research*, 238, 117284. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117284>

Menegol, T., Diprat, A. B., Rodrigues, E., & Rech, R. (2017). Effect of temperature and nitrogen concentration on biomass composition of heterochlorella luteoviridis. *Food Science and Technology (Brazil)*, 37(Special Issue), 28–37. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.13417>

Meylani, V., Busaeri, N., Radjasa, O. K., Hiron, N., & Mutiara, F. (2025). Comprehensive Review of Carbon Capture Technologies for Climate Change Mitigation. *Indonesian Journal of Energy*, 8(1), 62–74. <https://doi.org/10.33116/ije.v8i1.211>

Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Chong, W. T., Lam, M. K., Loh, P. K., & Vellayan, V. (2016). Microalgae biofuels as an alternative to fossil fuel for power generation. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 58, pp. 180–197). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.150>

Moraes, L., da Rosa, G. M., de Souza, M. da R. A. Z., & Costa, J. A. V. (2018). Carbon dioxide biofixation and production of spirulina sp. LEB 18 biomass with different concentrations of NaNO₃ and NaCl. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2018150711>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Muhammad Prasha Risfi Silitonga, Feby Valentina, & Reza Azhari. (2024). Stability Analysis of Feed Gas Based on Pressure using Gas Chromatography at PT Badak NGL. *Recent in Engineering Science and Technology*, 2(02), 1–11. <https://doi.org/10.59511/riestech.v2i02.52>
- Murata, N., Takahashi, S., Nishiyama, Y., & Allakhverdiev, S. I. (2007). Photoinhibition of photosystem II under environmental stress. In *Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics* (Vol. 1767, Issue 6, pp. 414–421). <https://doi.org/10.1016/j.bbambio.2006.11.019>
- Narala, R. R., Garg, S., Sharma, K. K., Thomas-Hall, S. R., Deme, M., Li, Y., & Schenk, P. M. (2016). Comparison of microalgae cultivation in photobioreactor, open raceway pond, and a two-stage hybrid system. *Frontiers in Energy Research*, 4(AUG). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2016.00029>
- Ndiaye, M., Gadoin, E., & Gentric, C. (2018). CO₂ gas–liquid mass transfer and k_L a estimation: Numerical investigation in the context of airlift photobioreactor scale-up. *Chemical Engineering Research and Design*, 133, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.03.001>
- Nishiyama, Y., Allakhverdiev, S. I., & Murata, N. (2006). A new paradigm for the action of reactive oxygen species in the photoinhibition of photosystem II. In *Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics* (Vol. 1757, Issue 7, pp. 742–749). <https://doi.org/10.1016/j.bbambio.2006.05.013>
- Patel, A., Matsakas, L., Rova, U., & Christakopoulos, P. (2019). A perspective on biotechnological applications of thermophilic microalgae and cyanobacteria. *Bioresource Technology*, 278, 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.063>
- Politaeva, N., Ilin, I., Velmozhina, K., & Shinkevich, P. (2023). Carbon Dioxide Utilization Using Chlorella Microalgae. *Environments - MDPI*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/environments10070109>
- Pruvost, J., Cornet, J. F., Le Borgne, F., Goetz, V., & Legrand, J. (2015). Theoretical investigation of microalgae culture in the light changing conditions of solar photobioreactor production and comparison with cyanobacteria. *Algal Research*, 10, 87–99.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

<https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.04.005>

Razzak, S. A., Hossain, M. M., Lucky, R. A., Bassi, A. S., & De Lasa, H. (2013). Integrated CO₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 622–653. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.05.063>

Renganathan, P., Gaysina, L. A., Holguín-Peña, R. J., Sainz-Hernández, J. C., Ortega-García, J., & Rueda-Puente, E. O. (2024). Phycoremediated Microalgae and Cyanobacteria Biomass as Biofertilizer for Sustainable Agriculture: A Holistic Biorefinery Approach to Promote Circular Bioeconomy. In *Biomass (Switzerland)* (Vol. 4, Issue 4, pp. 1047–1077). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/biomass4040059>

Sadeghizadeh, A., Farhad dad, F., Moghaddasi, L., & Rahimi, R. (2017). CO₂ capture from air by *Chlorella vulgaris* microalgae in an airlift photobioreactor. *Bioresource Technology*, 243, 441–447. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.147>

Saldarriaga, L. F., Almenglo, F., Ramírez, M., & Cantero, D. (2020). Kinetic characterization and modeling of a microalgae consortium isolated from landfill leachate under a high CO₂ concentration in a bubble column photobioreactor. *Electronic Journal of Biotechnology*, 44, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2020.01.006>

Sayedine, F., Kermanshahi-pour, A., He, Q. S., Tibbetts, S. M., Lalonde, C. G. E., & Brar, S. K. (2020). Microalgae cultivation in thin stillage anaerobic digestate for nutrient recovery and bioproduct production. *Algal Research*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101867>

Shahid, A., Malik, S., Zhu, H., Xu, J., Nawaz, M. Z., Nawaz, S., Asraful Alam, M., & Mehmood, M. A. (2020). Cultivating microalgae in wastewater for biomass production, pollutant removal, and atmospheric carbon mitigation; a review. *Science of the Total Environment*, 704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135303>

Skjånes, K., Andersen, U., Heidorn, T., & Borgvang, S. A. (2016). Design and



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

construction of a photobioreactor for hydrogen production, including status in the field. *Journal of Applied Phycology*, 28(4), 2205–2223. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0789-4>

Slegers, P. M., Wijffels, R. H., van Straten, G., & van Boxtel, A. J. B. (2011). Design scenarios for flat panel photobioreactors. *Applied Energy*, 88(10), 3342–3353. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2010.12.037>

Sousa, C., de Winter, L., Janssen, M., Vermuë, M. H., & Wijffels, R. H. (2012). Growth of the microalgae *Neochloris oleoabundans* at high partial oxygen pressures and sub-saturating light intensity. *Bioresource Technology*, 104, 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.048>

Torzillo, G., & Chini Zittelli, G. (2015). Tubular Photobioreactors. In *Algal Biorefineries* (pp. 187–212). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20200-6_5

Torzillo, G., Pushparaj, B., Masojidek, J., & Vonshak, A. (2003). Biological constraints in algal biotechnology. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 8(6), 338–348. <https://doi.org/10.1007/BF02949277>

U.S. Environmental Protection Agency. (1999). *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air Second Edition Compendium Method TO-15 Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS)*.

Vajdi, S., & Aslani, A. (2023). Design and techno-economic analysis of direct CO₂ capturing with integrated photobioreactors as a building façade. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103068. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103068>

Veerakumar, U., Josham, J., Ali, A., Abbas, A., & Gas, A. D. (2014). *SPE-171874-MS Challenges and Achievements in Safe Sampling and Accurate Analysis of Sour Gas*.

Vonshak, A., & Torzillo, G. (2004). *Environmental Stress Physiology*. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470995280.ch4>

Wang, B., Li, Y., Wu, N., & Lan, C. Q. (2008). CO₂ bio-mitigation using



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

microalgae. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 79, Issue 5, pp. 707–718). <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1518-y>

Wang, C. Y., Fu, C. C., & Liu, Y. C. (2007). Effects of using light-emitting diodes on the cultivation of *Spirulina platensis*. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1), 21–25. <https://doi.org/10.1016/J.BEJ.2007.03.004>

Wang, J., Liu, W., & Liu, T. (2017). Biofilm based attached cultivation technology for microalgal biorefineries—A review. *Bioresource Technology*, 244, 1245–1253. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.136>

Wang, S. K., Stiles, A. R., Guo, C., & Liu, C. Z. (2015). Harvesting microalgae by magnetic separation: A review. In *Algal Research* (Vol. 9, pp. 178–185). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.03.005>

Yadav, G., Mukherjee, C., Sen, R., & Chatterjee, S. (2021). Enabling circular bioeconomy through wastewater remediation for microalgal cultivation: A comprehensive evaluation of resource reclamation process coupled with bioenergy, bioproducts, and biorefinery approach. *Science of The Total Environment*.

Yadav, V., & Shrotriya, S. (2024). *Waste-to-Wealth*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003327646>

Yaqoubnejad, P., Rad, H. A., & Taghavijeloudar, M. (2021). Development a novel hexagonal airlift flat plate photobioreactor for the improvement of microalgae growth that simultaneously enhance CO₂ bio-fixation and wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113482>

Yin, Z., Zhu, L., Li, S., Hu, T., Chu, R., Mo, F., Hu, D., Liu, C., & Li, B. (2020). A comprehensive review on cultivation and harvesting of microalgae for biodiesel production: Environmental pollution control and future directions. In *Bioresource Technology* (Vol. 301). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122804>

Zhou, W., Li, Y., Gao, Y., & Zhao, H. (2017). Nutrients removal and recovery from saline wastewater by *Spirulina platensis*. *Bioresource Technology*, 245, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.160>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

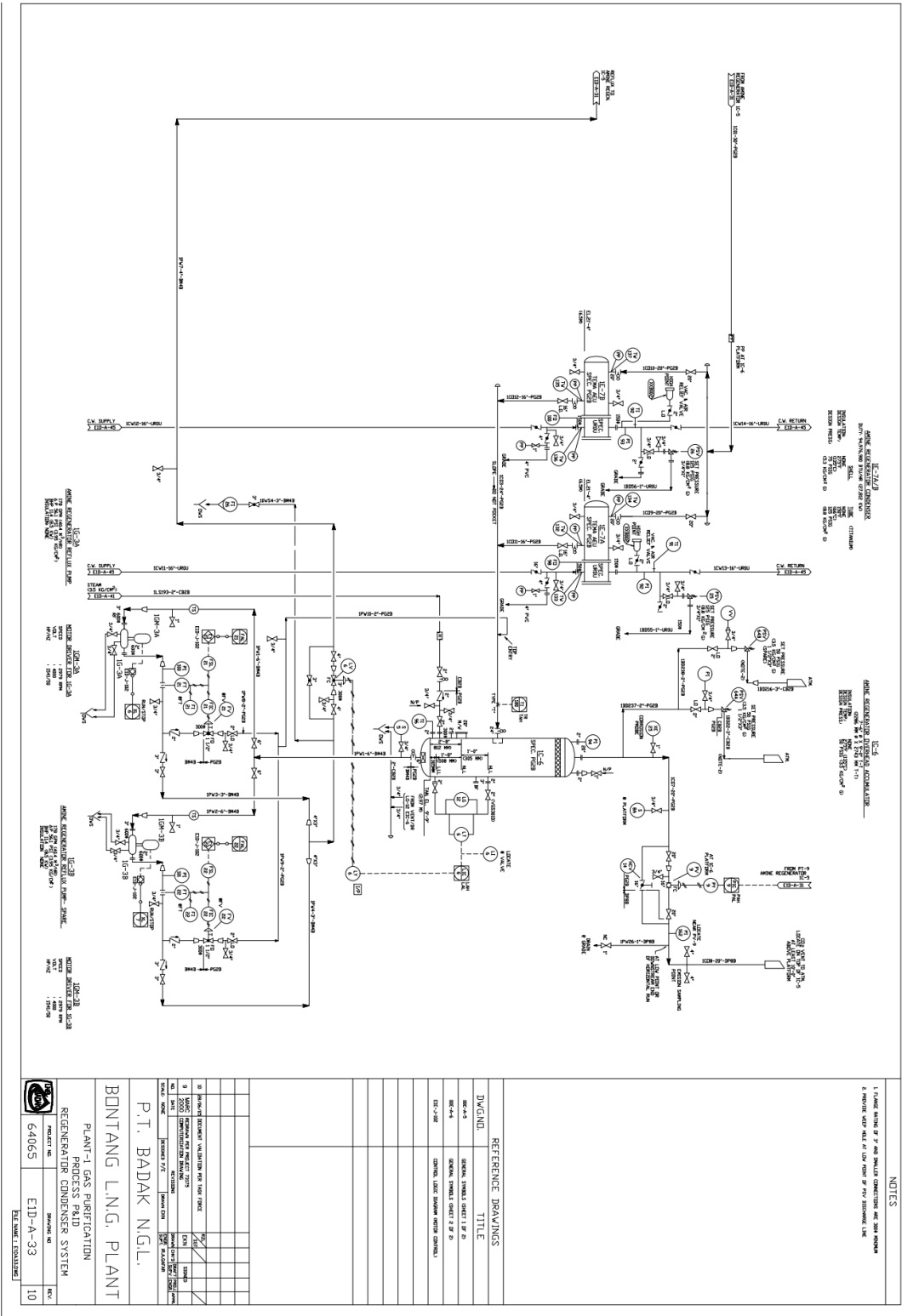
Unit Kegiatan Operasi	:	PT Badak LNG
Lokasi Kegiatan Operasi	:	All
Periode	:	Januari - Desember
Tahun	:	2024

Sumber Emisi	Parameter	Beban Emisi (ton)	Beban Emisi (ton eq. CO ₂)
Pembakaran Dalam dan Luar	CO ₂	1.689.957,79	1.689.957,79
	CH ₄	37,95	1.062,61
	N ₂ O	3,80	1.005,69
	SO _x	13,21	N/A
	NO _x	4.175,38	N/A
	PM	116,22	N/A
Suar Bakar	CO ₂	46.157,33	46.157,33
	CH ₄	234,26	6.559,18
	N ₂ O	0,69	183,48
	SO _x	0,00	N/A
	NO _x	0,05	N/A
	PM	0,00	N/A
Thermal Oxidizer & Incinerator Gas Kecut	CO ₂	0,00	0,00
	CH ₄	0,00	0,00
	N ₂ O	0,00	0,00
	SO _x	0,00	N/A
Unit Penangkap Sulfur	CO ₂	0,00	0,00
	CH ₄	0,00	0,00
	N ₂ O	0,00	0,00
	SO _x	0,00	N/A
Fugitive	nmVOC	528,34	N/A
	CH ₄ /Refrigerant	88,06	2.465,59
	TOC	616,40	N/A
Tangki Timbun	nmVOC	0,00	N/A
	CH ₄	0,00	0,00
	TOC	0,00	N/A
Loading & Unloading	nmVOC	0,00	N/A
	CH ₄	0,00	0,00
	TOC	0,00	N/A
Unit Dehidrasi	nmVOC	0,00	N/A
	CH ₄	0,00	0,00
	TOC	0,00	N/A
Fluid Catalytic Cracking Unit	CO ₂	0,00	0,00
	SO _x	0,00	N/A
	NO _x	0,00	N/A
Unit Pentawaran CO ₂	CO ₂	398.682,61	398.682,61
	CH ₄	4.092,59	114.592,49
Waste Water Treatment	CO ₂	27,21	27,21
	CH ₄	0,00	0,00
	VOC	0,00	N/A
	NO _x	0,00	N/A
Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	CO ₂	0,00	0,00
	CH ₄	0,00	0,00
	NO _x	0,00	N/A
Penggunaan Listrik dari Pihak Ketiga	CO ₂	9.773,02	9.773,02
	CH ₄	-	N/A
	N ₂ O	-	N/A
Process Refinery Unit	CO ₂	0,00	0,00
	CH ₄	0,00	0,00
	N ₂ O	0,00	0,00
	SO _x	-	N/A
	PM	-	N/A
Total Beban Emisi (Operational)		2.154.504,91	2.270.466,99
Total Beban Emisi (Equity)		2.154.504,91	2.270.466,99
Intensitas Emisi (Operational)		0,29	ton CO ₂ /m3
Intensitas Emisi (Equity)		0,29	ton CO ₂ /m3

Lampiran 1 Laporan Perhitungan Beban Emisi Pt. Badak NGL

Hak Cipta :

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



Lampiran 2 P&ID Amine Regenerator Overhead Accumulator 1C-6



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

BADAK LNG

LABORATORY AND ENVIRONMENT CONTROL

Jl. Raya Kutai, PT Badak NGL Bontang Telp. (0548) 552908 Fax. (0548) 552063
Bontang, Kalimantan Timur, 75324

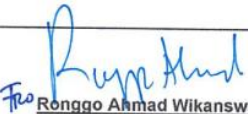
NON ROUTINE

LAPORAN HASIL UJI

Kind of Sample	:	Gas
No. LHU	:	1414/BP32/2024-301
No. RLS	:	2024RLS00581
Nama/Institusi Pemohon	:	Process Engineering & Energy Conserv.
Alamat Pemohon	:	BADAK LNG
Identitas Sampel Pemohon	:	CO2 Vent Stack Tr #G CO2 Vent Stack Tr #H
Identitas Sampel Laboratorium	:	B24-301-1048 B24-301-1049
Lokasi Pengambilan Sampel	:	Process Train GH
Kondisi Sampel	:	Baik
Petugas Pengambil Sampel	:	Environment Technician
Tanggal Pengambilan Sampel	:	25 September 2024
Jam Pengambilan Sampel	:	10:00
Tanggal Analisis	:	26 - 27 September 2024
Tanggal Terbit LHU	:	27 September 2024
Analisis	:	Aulia Tulananda
Pengawas	:	Ferry Oktafriyanto

Parameter Uji	Unit	Metode	Hasil Pengujian	
			CO2 Vent Stack Tr #G	CO2 Vent Stack Tr #H
Nitrogen, N ₂	% mol	GPA-2261	4.60	4.13
Oxygen, O ₂			1.64	1.49
Methane, CH ₄			0.81	1.26
Carbon Dioxide, CO ₂			92.96	93.13
Total	-	-	100.00	100.00
Flowrate	m/s	-	43.23	40.19

Catatan


Ronggo Ahmad Wikanswanto
Manager, Laboratory & Environment Control

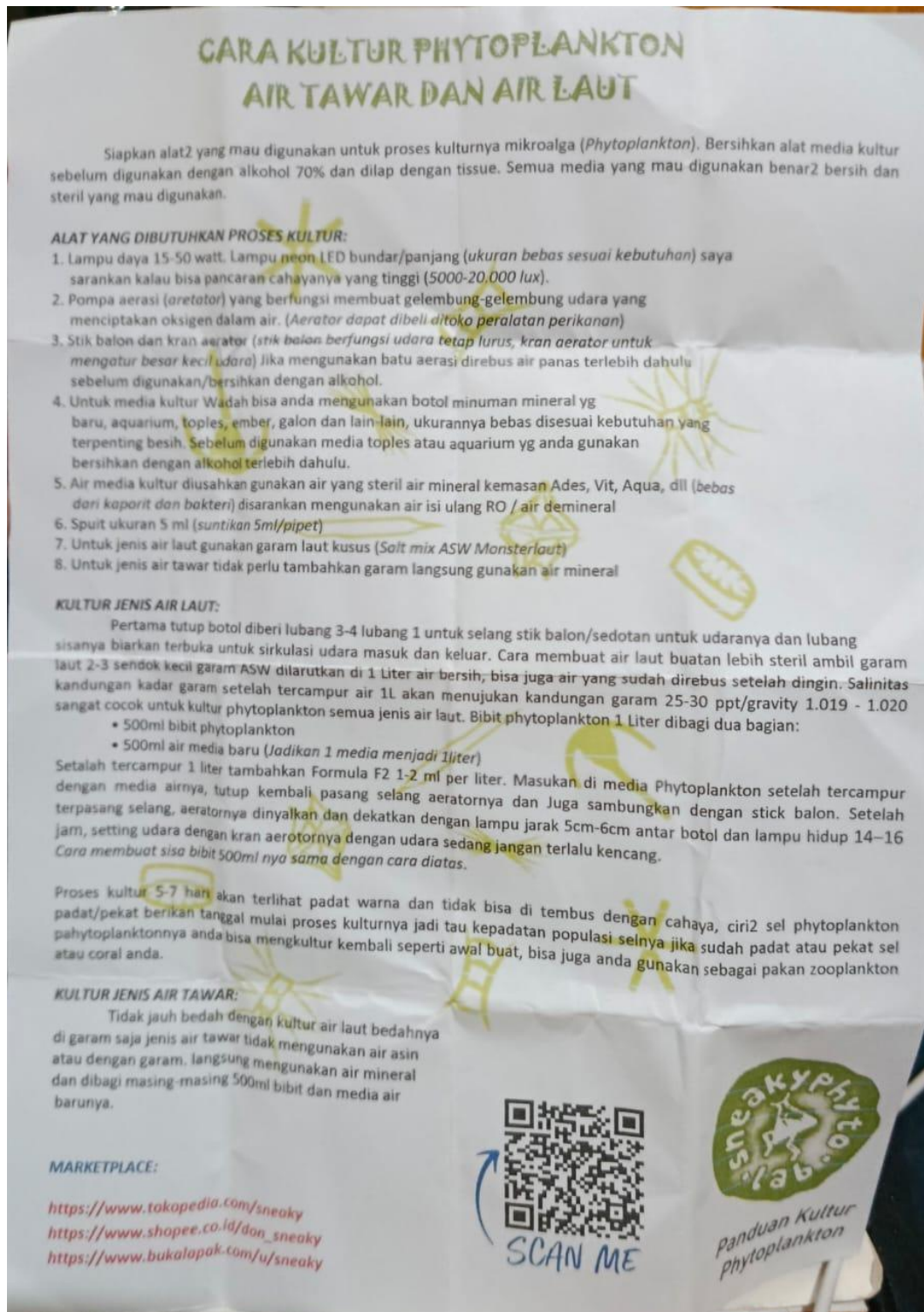
Distribusi :

1. Manager, Process Engineering & Energy Conserv.
2. Anto Yamashita

Lampiran 3 Laporan Hasil Uji (LHU) No. 1414/BP32/2024-301 Laboratorium Pt
Badak NGL

Hak Cipta :

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



Lampiran 4 Panduan Kultur Mikroalga



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

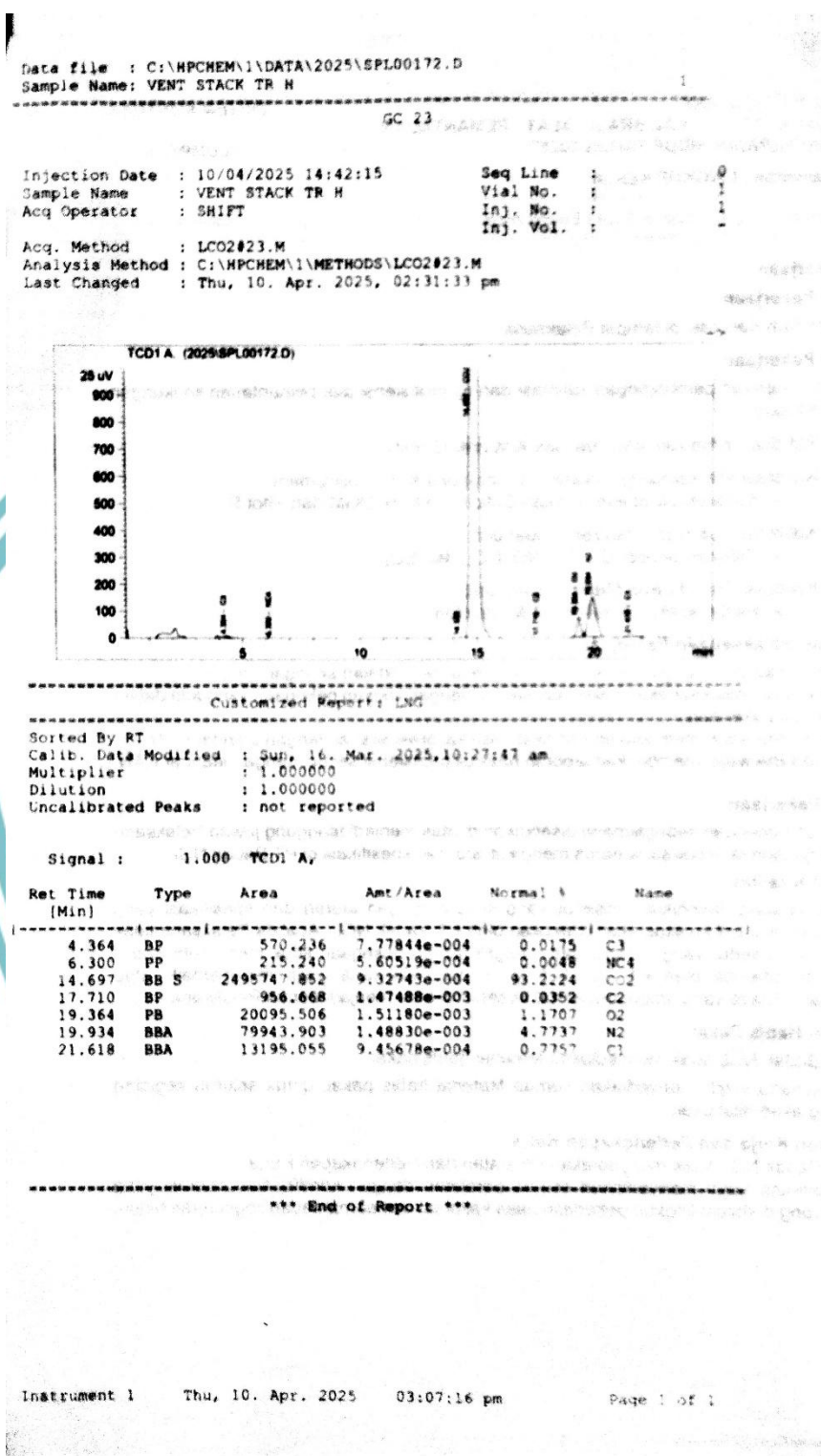
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 5 Hasil Uji Gas Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

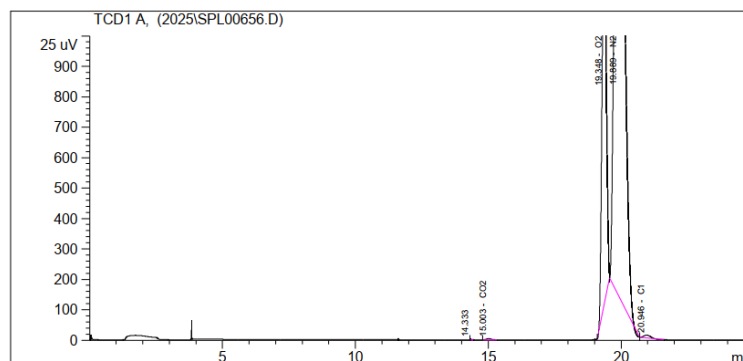
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



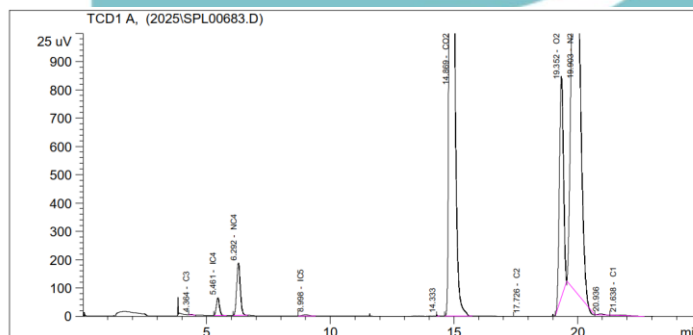
Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
15.003	PB	1180.227	9.32743e-004	0.0420	CO2
19.348	PB	351017.920	1.51180e-003	19.4903	O2
19.889	BB	1410220.410	1.48830e-003	80.2629	N2
20.946	BBA	3654.721	9.45678e-004	0.2048	C1

Lampiran 6 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke-0



Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.364	BP	332.648	7.77844e-004	0.0099	C3
5.461	BB	13761.729	6.02117e-004	0.3164	IC4
6.292	PB	47408.420	5.60519e-004	1.0147	NC4
8.998	BB	1744.163	4.43510e-004	0.0295	IC5
14.869	BB	920753.125	9.32743e-004	33.2481	CO2
17.726	PP	524.256	1.47488e-003	0.0187	C2
19.352	PB	221326.367	1.51180e-003	12.4644	O2
19.903	BB	914763.867	1.48830e-003	52.8063	N2

Lampiran 7 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke-8



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

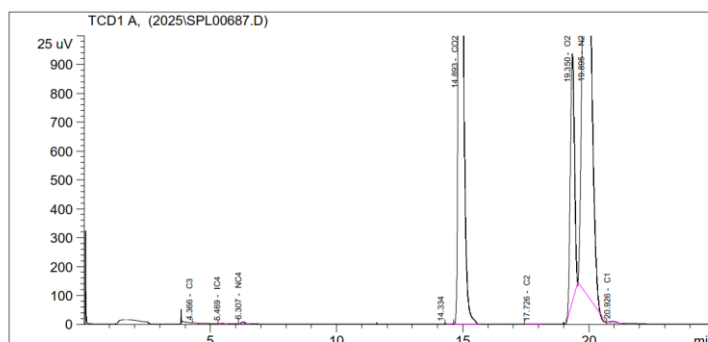
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



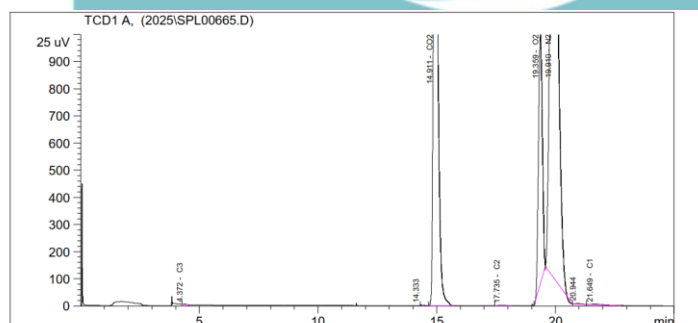
Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.366	BP	140.230	7.77844e-004	0.0042	C3
5.469	PP	326.186	6.02117e-004	0.0075	IC4
6.307	BB	1692.216	5.60519e-004	0.0364	NC4
14.893	BB	745752.002	9.32743e-004	27.0591	CO2
17.726	BP	291.538	1.47488e-003	0.0104	C2
19.350	PB	242002.417	1.51180e-003	13.6947	O2
19.895	BB	1018081.250	1.48830e-003	59.0546	N2
20.926	BBA	2330.013	9.45678e-004	0.1331	C1

Lampiran 8 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke-16



Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

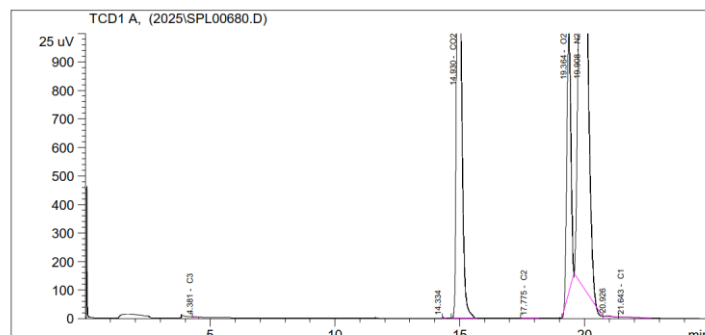
Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.372	BP	274.385	7.77844e-004	0.0081	C3
14.911	BB	674804.639	9.32743e-004	24.1289	CO2
17.735	BP	478.939	1.47488e-003	0.0169	C2
19.359	PB	262244.873	1.51180e-003	14.6245	O2
19.910	BB	1069537.012	1.48830e-003	61.1375	N2
21.649	BBA	1495.260	9.45678e-004	0.0841	C1

Lampiran 9 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke -24

Hak Cipta :

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



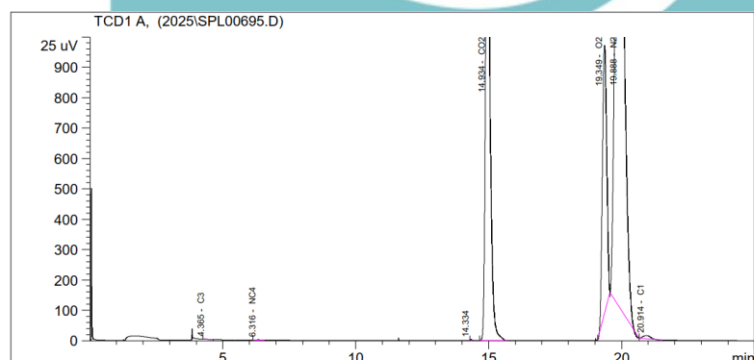
Customized Report: LNG

Sorted By RT
 Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
 Multiplier : 1.000000
 Dilution : 1.000000
 Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.381	BP	171.175	7.77844e-004	0.0051	C3
14.930	BB	618533.252	9.32743e-004	22.4700	CO2
17.775	BP	327.355	1.47488e-003	0.0117	C2
19.364	PB	258750.269	1.51180e-003	14.6600	O2
19.908	BB	1081438.672	1.48830e-003	62.8051	N2
21.643	BBA	839.409	9.45678e-004	0.0480	C1

Lampiran 10 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke -32



Customized Report: LNG

Sorted By RT
 Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
 Multiplier : 1.000000
 Dilution : 1.000000
 Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.365	PP	49.382	7.77844e-004	0.0016	C3
6.316	BB	302.943	5.60519e-004	0.0070	NC4
14.934	BB	473206.396	9.32743e-004	18.5097	CO2
19.349	PB	248450.757	1.51180e-003	15.1566	O2
19.888	BB	1056131.055	1.48830e-003	66.0418	N2
20.914	BBA	4602.321	9.45678e-004	0.2833	C1

Lampiran 11 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke -40



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

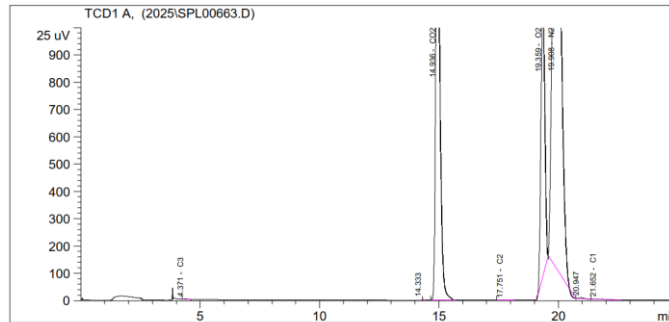
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



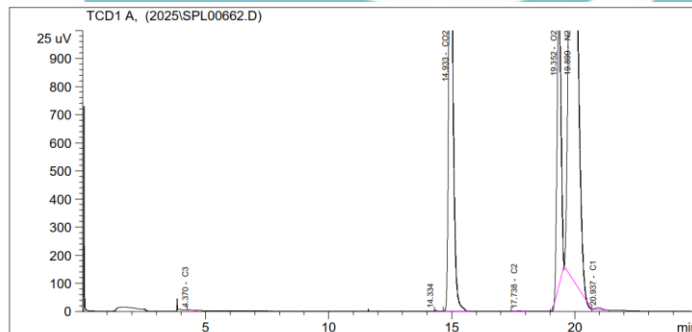
Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.371	PP	180.237	7.77844e-004	0.0053	C3
14.936	BB	495923.877	9.32743e-004	17.6126	CO2
17.751	PP	317.527	1.47488e-003	0.0111	C2
19.359	PB	285747.021	1.51180e-003	15.8271	O2
19.908	BB	1171319.922	1.48830e-003	66.5020	N2
21.652	BBA	749.623	9.45678e-004	0.0419	C1

Lampiran 12 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke -48



Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.370	PP	166.182	7.77844e-004	0.0049	C3
14.933	BB	482175.586	9.32743e-004	17.3394	CO2
17.738	BB	305.643	1.47488e-003	0.0108	C2
19.352	PB	282375.708	1.51180e-003	15.8369	O2
19.899	BB	1159540.430	1.48830e-003	66.6603	N2
20.937	BBA	2608.992	9.45678e-004	0.1477	C1

Lampiran 13 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke -56



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

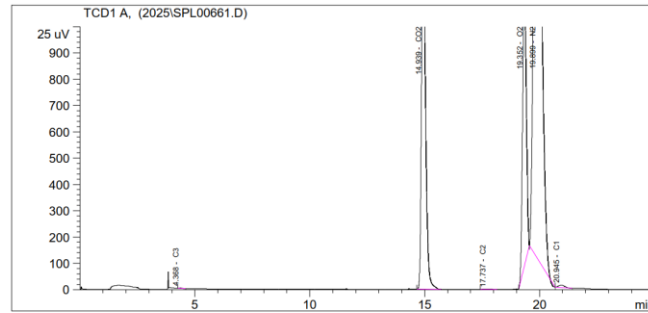
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



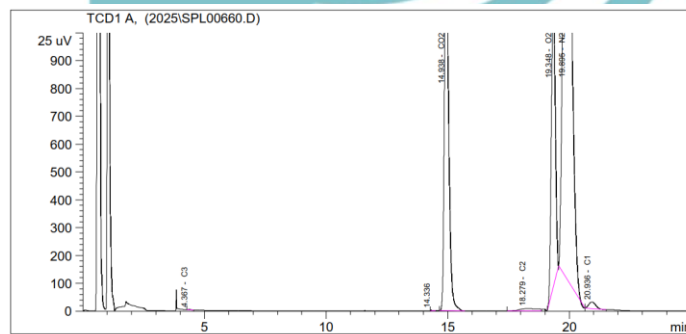
Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.368	PP	260.173	7.77844e-004	0.0077	C3
14.938	BB	425855.176	9.32743e-004	15.2920	CO2
17.737	BP	401.488	1.47488e-003	0.0142	C2
19.352	PB	294522.803	1.51180e-003	16.4943	O2
19.899	BB	1183607.910	1.48830e-003	67.9459	N2
20.945	BBA	4350.147	9.45678e-004	0.2458	C1

Lampiran 14 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke-64



Customized Report: LNG

Sorted By RT
Calib. Data Modified : Sun, 16. Mar. 2025,10:27:47 am
Multiplier : 1.000000
Dilution : 1.000000
Uncalibrated Peaks : not reported

Signal : 1.000 TCD1 A,

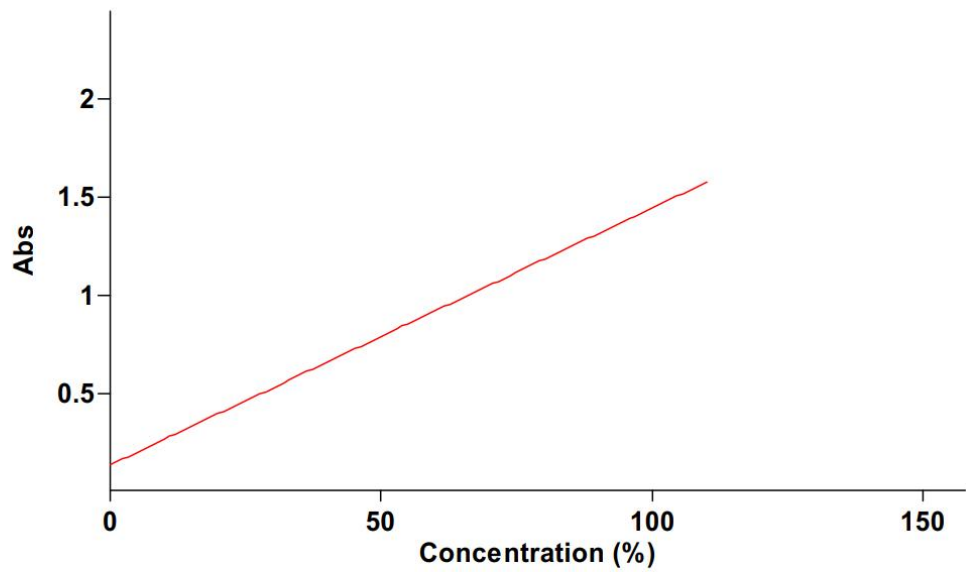
Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.367	BP	253.820	7.77844e-004	0.0075	C3
14.938	BP	421992.383	9.32743e-004	15.1754	CO2
18.279	BBA	10938.078	1.47488e-003	0.3880	C2
19.348	PB	292890.601	1.51180e-003	16.4268	O2
19.895	BB	1171476.758	1.48830e-003	67.3475	N2
20.936	BBA	11570.598	9.45678e-004	0.6548	C1

Lampiran 15 Analisis Sampel Gas Fotobioreaktor GC Jam ke-72



Hak Cipta :

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



Concentration Analysis Report

Report time	6/29/2025 4:20:19 PM
Method	C:\Users\Laboratory LNG\Documents\LNGAC\ALGA FIX.MCN
Batch name	C:\Users\Laboratory LNG\Documents\LNGAC\ALga.BCN
Application	Concentration 5.1.3.1042
Operator	

Instrument Settings

Instrument	Cary 60
Instrument version no.	2.00
Wavelength (nm)	750.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.2000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R ²	0.95000
Concentration units	%

Lampiran 16 Kurva Kalibrasi Densitas Mikroalga Menggunakan Spektrofotometri



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.1062
		R				0.1058
		R				0.1057
	-2.2		0.1059	0.00026	0.24984	

Lampiran 17 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-0

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.0004
		R				0.0004
		R				0.0003
	-10.2		0.0004	0.00006	15.74591	
Sample 2		R				0.1302
		R				0.1305
		R				0.1308
	-0.3		0.1305	0.00030	0.22989	

Lampiran 18 Analisis densitas Mikroalga Jam ke-8

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				-0.0001
		R				-0.0002
		R				0.0000
	-10.3		-0.0001	0.00010	-100.00000	
Sample 2		R				0.1413
		R				0.1409
		R				0.1406
	0.5		0.1409	0.00035	0.24918	

Lampiran 19 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-16



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sample 1					-0.0001
	R				0.0000
	R				0.0000
Sample 2	-10.3	0.0000	0.00006	-173.20508	0.1500
					0.1495
					0.1496
	1.2	0.1497	0.00026	0.17674	

Lampiran 20 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-24

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1						0.0003
		R				0.0001
		R				0.0001
Sample 2	-10.2	0.0002	0.00012	69.28204		0.1063
		R				0.1059
		R				0.1073
	-2.1	0.1065	0.00072	0.67710		

Lampiran 21 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-32

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1						-0.0001
		R				-0.0001
		R				-0.0001
Sample 2	-10.3	-0.0001	0.00000	0.00000		0.1339
		R				0.1341
		R				0.1339
	0.0	0.1340	0.00012	0.08619		

Lampiran 22 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-40

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.1439
		R				0.1406
		R				0.1372
	0.5	0.1406	0.00335	2.38330		

Lampiran 23 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-48



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.1478
		R				0.1479
		R				0.1473
	1.0		0.1477	0.00032	0.21769	

Lampiran 24 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-56

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.1512
		R				0.1516
		R				0.1513
	1.3		0.1514	0.00021	0.13753	

Lampiran 25 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-64

Sample	Concentration %	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Sample 1		R				0.1665
		R				0.1700
		R				0.1737
	2.7		0.1701	0.00360	2.11709	

Lampiran 26 Analisis Densitas Mikroalga Jam ke-72



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BIODATA MAHASISWA



1. Nama Lengkap : Ardin Layana
2. NIM : 2202319013
3. Tempat, Tanggal Lahir : Bojonegoro, 24 Mei 2004
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : PC 6C NO. 15B KOMPLEK PT BADAK,
RT 009, Satimpo, Bontang Selatan, Kota
Bontang, Kalimantan Timur
6. Email : ardin.layan64@gmail.com
7. Pendidikan
SD (2010-2016) : SDIT Insan Permata Bojonegoro
SMP (2016-2019) : SMP Negeri 2 Bojonegoro
SMA (2019-2022) : SMA Negeri 1 Bojonegoro
8. Program Studi : Teknik Mesin
9. Bidang Peminatan : Teknik Pengolahan Gas
10. Topik Tugas Akhir : Rancang Sistem Proses Fotobioreaktor
Mikroalga Untuk Fiksasi CO₂ Dari *Vent Stack*
Amine Regenerator Overhead Accumulator PT
Badak NGL