



© 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
LNG ACADEMY



Badak LNG

**OPTIMALISASI SISTEM FOTOBIOREAKTOR
DENGAN PENAMBAHAN *DEGASSER COLUMN*
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI *VENT STACK AMINE
REGENERATOR***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Aliva Sharon Wijaya Kusuma
NIM. 2302319003**

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

2026



© 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



**OPTIMALISASI SISTEM FOTOBIOREAKTOR
DENGAN PENAMBAHAN *DEGASSER COLUMN*
UNTUK FIKSASI CO₂ DARI *VENT STACK AMINE
REGENERATOR***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Aliva Sharon Wijaya Kusuma
NIM. 2302319003

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

2026



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk mama, papa, keluarga, bangsa, dan almamater”

© 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





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

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI SISTEM FOTOBIOREAKTOR DENGAN
PENAMBAHAN *DEGASSER COLUMN* UNTUK FIKSASI CO₂ DARI
*VENT STACK AMINE REGENERATOR***

Oleh:

Aliva Sharon Wijaya Kusuma
NIM 2302319003
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing:

Pembimbing Tugas Akhir
Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T.
NIP. 196306191990031002

Pembimbing Tugas Akhir
PT Badak NGL

Ir. Erlangga Yudha Pratama, S.T., MBA
No Badge. 133016

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 1993113002023212045



© 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

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI SISTEM FOTOBIOREAKTOR DENGAN PENAMBAHAN *DEGASSER COLUMN* UNTUK FIKSASI CO₂ DARI *VENT STACK AMINE REGENERATOR*

Oleh:

Aliva Sharon Wijaya Kusuma

NIM 2302319003

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan Penguji pada Kamis, 9 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. NIP. 196306191990031002	Ketua Penguji		9 Juli 26
2.	Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. NIP. 199306062019032030	Penguji 1		9 Juli 26
3.	Ir. Arash Ilham Utama, S.T. No Badge. 134579	Penguji 2		9 Juli 26

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zamuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002



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 : Aliva Sharon Wijaya Kusuma

NIM : 2302319003

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.

Bontang, 30 Juni 2026

Aliva Sharon Wijaya Kusuma

NIM.2302319003



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

OPTIMALISASI SISTEM FOTOBIOREAKTOR DENGAN PENAMBAHAN *DEGASSER COLUMN* UNTUK FIKSASI CO₂ DARI *VENT STACK AMINE REGENERATOR*

Aliva Sharon Wijaya Kusuma¹⁾, Paulus Sukusno¹⁾, dan Erlangga Yudha Pratama²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾ PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur. 75324

Email: aliva.sharon.wijaya.kusuma.tm23@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Emisi karbon dioksida (CO₂) dari industri merupakan salah satu penyebab meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab kegagalan sistem fotobioreaktor eksisting, merancang ulang fotobioreaktor, serta mengevaluasi kinerja sistem hasil perancangan terhadap penyerapan CO₂. Perancangan dilakukan menggunakan *Thin Wall Cylinder Theory* untuk menentukan ketebalan minimum pipa akrilik. Hasil perhitungan menunjukkan ketebalan minimum pipa sebesar 0,64 mm, sedangkan pipa yang digunakan memiliki ketebalan 3 mm. Sistem hasil perancangan terdiri atas lima fotobioreaktor akrilik, dua *degasser column* SS304 NPS 12 Schedule 10S, dan sistem perpipaan PVC 1 inci. Tahap fabrikasi dilanjutkan dengan pengujian *Dye Penetrant Test*, *leak test*, dan pengujian penyerapan CO₂. Hasil pengujian menunjukkan sambungan las *degasser column* memenuhi kriteria *acceptable*, sistem bebas kebocoran, dan aliran berlangsung baik. Efisiensi penyerapan CO₂ meningkat dari 83,72% menjadi 92,65%, atau naik sebesar 8,93%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perancangan ulang sistem berhasil meningkatkan keandalan mekanik dan kinerja penyerapan CO₂ pada fotobioreaktor skala laboratorium.

Kata kunci: Fotobioreaktor, Karbon Dioksida (CO₂), *Degasser Column*, Sistem Perpipaan, *Thin Wall Cylinder Theory*.



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

OPTIMIZATION OF THE PHOTOBIOREACTOR SYSTEM BY ADDITION OF A DEGASSER COLUMN FOR CO₂ FIXATION FROM THE VENT STACK AMINE REGENERATOR

Aliva Sharon Wijaya Kusuma¹⁾, Paulus Sukusno¹⁾, dan Erlangga Yudha Pratama²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾ PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur. 75324

Email: aliva.sharon.wijaya.kusuma.tm23@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions from industrial activities are one of the major contributors to the increasing concentration of greenhouse gases in the atmosphere. This study aimed to analyze the causes of failure in the existing photobioreactor system, redesign the photobioreactor, and evaluate the performance of the redesigned system for CO₂ absorption. The redesign was carried out using the Thin-Wall Cylinder Theory to determine the minimum required thickness of the acrylic pipe. The calculation results indicated a minimum pipe thickness of 0.64 mm, while the selected acrylic pipe had a thickness of 3 mm. The redesigned system consisted of five acrylic photobioreactors, two SS304 degasser columns with NPS 12 Schedule 10S specifications, and a 1-inch PVC piping system. The fabrication process was followed by Dye Penetrant Testing (DPT), leak testing, and CO₂ absorption testing. The results showed that the welded joints of the degasser columns met the acceptance criteria, the system was leak-free, and the fluid circulated properly. The CO₂ absorption efficiency increased from 83.72% to 92.65%, representing an improvement of 8.93%. These results demonstrate that the redesigned system successfully improved both the mechanical reliability and the CO₂ absorption performance of the laboratory-scale photobioreactor.

Keywords: Photobioreactor, Carbon Dioxide (CO₂), Degasser Column, Piping System, Thin-Wall Cylinder Theory.

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

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Optimalisasi Sistem Fotobioreaktor Dengan Penambahan *Degasser Column* Untuk Fiksasi CO₂ Dari *Vent Stack Amine Regenerator***”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Ir. Anas Malik Abdillah, S.T., MBA., IPM. selaku Direktur LNG Academy PT Badak NGL.
3. Bapak Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Erlangga Yudha Pratama, S.T., MBA. selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Hanung Andriyanto, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan konsentrasi Mechanical Rotating yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh pekerja MHE, Instrument Section, Lab&EC Section, dan MPTA Section yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Kakak tingkat LNG Academy di berbagai departemen PT. Badak NGL yang telah membantu kelancaran tugas akhir kami.
8. Pihak-pihak yang berasal dari PNJ dan PT Badak NGL yang membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak kami sebutkan satu persatu.
9. Kedua orang tua yang telah memberikan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.



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

10. Elsa Amaliah Nursyam dan Shendy Luthfi Kurniawan selaku rekan satu tim penulis selama pengerjaan tugas akhir.

11. Teman–teman LNG Academy angkatan XIII yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada pada laporan ini. Oleh karena itu, jika pembaca memiliki pesan dan saran mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah meluangkan waktunya untuk membaca laporan ini dan berharap laporan yang disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca juga bagi penulis dan bagi ilmu pengetahuan.

Bontang, 5 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Aliva Sharon Wijaya Kusuma
NIM. 2302319003



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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan	3
1.5 Manfaat	4
1.5.1 Bagi Penulis	4
1.5.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta	4
1.5.3 Bagi PT Badak NGL	4
1.6 Lokasi Objek	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)	7
2.1.1 Konsep Dasar CCUS.....	7



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

2.1.2 Carbon Capture Biologis Menggunakan Mikroalga	7
2.2 Fotobioreaktor untuk Kultivasi Mikroalga	8
2.2.1 Pengertian dan Fungsi Fotobioreaktor	8
2.2.2 Jenis Fotobioreaktor	9
2.2.3 Fotobioreaktor Tubular.....	11
2.3 Mikroalga Chlorella sp.	12
2.3.1 Karakteristik dan Morfologi Chlorella sp.	12
2.3.2 Kemampuan Penyerapan CO ₂ oleh Chlorella sp.....	12
2.3.3 Kondisi Optimal Pertumbuhan Chlorella sp.	13
2.4 Penyerapan CO₂ pada Fotobioreaktor.....	13
2.4.1 Mekanisme Perpindahan Massa CO ₂	14
2.4.2 Faktor yang Memengaruhi Penyerapan CO ₂	15
2.4.3 Efisiensi Penyerapan CO ₂	16
2.5 Degasser Column.....	16
2.5.1 Pengertian <i>Degasser Column</i>	16
2.5.2 Prinsip Kerja <i>Degasser Column</i>	17
2.5.3 Dasar Perancangan <i>Degasser Column</i> pada Penelitian.....	17
2.5.4 Penggunaan Dua <i>Degasser Column</i>	18
2.6 Sistem Perpipa.....	19
2.6.1 Material Pipa Akrilik.....	19
2.6.2 Teori Silinder Berdinding Tipis (<i>Thin Wall Cylinder Theory</i>)	20
2.6.3 Tegangan Lingkar (<i>Hoop Stress</i>).....	20
2.6.4 Ketebalan Minimum Pipa	21
2.6.5 Faktor Keamanan	21
2.6.6 Kegagalan Mekanik pada Pipa Akrilik	22



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

2.6.7 Sambungan dan Fitting Perpipaan	22
2.6.8 Konfigurasi Sistem Perpipaan Fotobioreaktor	23
2.7 Pengujian Kinerja Sistem Fotobioreaktor	23
2.7.1 <i>Dye Penetrant Test</i>	23
2.7.2 Kriteria Keberterimaan Hasil Pengujian	24
2.7.3 Pengujian Kebocoran (<i>Leak Test</i>)	25
2.7.4 Pengujian Penyerapan CO ₂	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Diagram Alir Pengerjaan	26
3.2 Penjelasan Langkah Kerja.....	26
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	27
3.2.2 Perumusan.....	28
3.2.3 Studi Lapangan.....	28
3.2.4 Studi Literatur.....	29
3.2.5 Konsep desain Fotobioreaktor.....	30
3.2.6 Proses Fabrikasi	34
3.2.7 Pengujian.....	35
3.2.8 Pengambilan Data	35
3.2.9 Perhitungan dan Analisis.....	36
3.2.10 Pembuatan Laporan.....	37
3.3 Metode Pemecahan Masalah.....	37
BAB IV PEMBAHASAN	39
4.1 Analisis Penyebab Kegagalan Sistem Eksisting	39
4.1.1 Deskripsi Kegagalan Sistem Eksisting	39
4.1.2 Analisis Tegangan pada Pipa Fotobioreaktor	39



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

4.1.3 Analisis Penyebab Retakan pada Sambungan Longitudinal	40
4.1.4 Analisis Penyebab Retak pada Pipa Fotobioreaktor Kedua	42
4.2 Perancangan, Fabrikasi, dan Pengujian Sistem Fotobioreaktor	44
4.2.1 Perancangan Fotobioreaktor.....	44
4.2.2 Perancangan Degasser Column.....	51
4.2.3 Fabrikasi Sistem	52
4.2.4 Pengujian.....	57
4.2.5 Hasil Desain dan Fabrikasi	62
4.2.6 Metode <i>Maintenance</i> Sistem Fotobioreaktor	63
4.3 Pengaruh Penggunaan Dua Degasser Column terhadap Penyerapan Karbon Dioksida	66
BAB V KESIMPULAN	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71

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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Fotobioreaktor open pond	9
Gambar 2. 2 Fotobioreaktor flat panel	10
Gambar 2. 3 Fotobioreaktor bubble column	10
Gambar 2. 4 Fotobioreaktor tubular	11
Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan	26
Gambar 4. 1 Sistem fotobiorektor eksisting	39
Gambar 4. 2 Pipe support	49
Gambar 4. 3 Pressure Reliefe Valve	50
Gambar 4. 4 Proses pemotongan pipa menggunakan sawing machine	55
Gambar 4. 5 Proses pengeboran top head dan shell	56
Gambar 4. 6 Proses penggerindaan	57
Gambar 4. 7 Cacat porositi	58
Gambar 4. 8 Hasil pengujian dye penetrant test	59
Gambar 4. 9 Desain 3D sistem fotobioreaktor	62
Gambar 4. 10 Hasil fabrikasi sistem fotobioreaktor	62

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

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perbandingan material pipa clear PVC dan akrilik	32
Tabel 4. 1 Parameter Fotobioreaktor	46
Tabel 4. 3 Spesifikasi fotobioreaktor	51
Tabel 4. 4 Hasil pengujian dye penetrant test 1	59
Tabel 4. 5 Hasil pengujian dye penetrant test 2	60
Tabel 4. 6 Hasil pengujian kebocoran	61
Tabel 4. 7 Metode maintenance sistem fotobioreaktor	64
Tabel 4. 8 Perbandingan penyerapan CO ₂ sebelum dan setelah optimasi.....	67

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer terus meningkat dan mencapai sekitar 430 ppm pada tahun 2025, jauh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi pada era pra-industri yang berada pada kisaran 280 ppm (NOAA, 2025). Peningkatan ini menjadi salah satu faktor utama penyebab perubahan iklim global. Kondisi tersebut mendorong pengembangan teknologi mitigasi emisi karbon yang efektif dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dikembangkan secara global adalah teknologi *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS), yaitu teknologi penangkapan dan pemanfaatan kembali karbon agar tidak terlepas ke atmosfer (IEA, 2021).

Indonesia melalui dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) menargetkan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030 dengan upaya mandiri dan hingga 41% dengan dukungan internasional (UNFCCC, 2022). Target tersebut membutuhkan penerapan teknologi penangkapan karbon yang tidak hanya efektif secara lingkungan, tetapi juga layak secara teknis dan ekonomis. Oleh karena itu, pengembangan sistem CCUS berbasis teknologi tepat guna menjadi sangat penting untuk mendukung pencapaian target nasional tersebut.

Salah satu metode CCUS yang berkembang adalah pemanfaatan mikroalga sebagai agen biologis penangkap karbon. Mikroalga memiliki laju fotosintesis tinggi dengan kemampuan penyerapan CO_2 10-50 kali lebih besar dibandingkan tanaman terestrial dalam satuan luas tertentu (Singh & Ahluwalia, 2013). Kemampuan penyerapan CO_2 pada *chlorella sp* bervariasi, dengan beberapa penelitian menunjukkan kapasitas penyerapan antara 4,3% hingga 4,5% pada konsentrasi CO_2 1% dan 5% (Environment, 2017).

Dalam implementasinya, sistem kultivasi mikroalga umumnya menggunakan fotobioreaktor tertutup untuk meningkatkan efisiensi penyerapan CO_2 . Sistem ini memungkinkan pengendalian distribusi gas, intensitas cahaya,



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

suhu, dan pola aliran fluida. Salah satu bagian penting dalam sistem ini adalah *degasser column* yang berfungsi mengontakkan gas CO₂ dengan media cair agar dapat terlarut sebelum dimanfaatkan oleh mikroalga. Selain itu, unit ini juga membantu melepaskan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yang terbentuk selama proses fotosintesis (Posten, 2009).

Untuk meningkatkan luas permukaan kontak antara gas dan cairan, digunakan *sprinkler* atau *sparger* dengan diameter outlet yang lebih kecil sehingga menghasilkan gelembung gas yang lebih halus. Secara prinsip mekanika fluida, penyempitan diameter aliran akan meningkatkan kecepatan fluida dan dapat memengaruhi distribusi tekanan dalam sistem. Kondisi ini dapat meningkatkan proses pelarutan CO₂, namun juga menambah beban tekanan pada sistem perpipaan (Grima et al., 1999).

Pada pengembangan alat sebelumnya oleh Rolian (2025), sistem telah menggunakan pipa PVC bening berukuran 100 mm x 1 m sebanyak 3 buah sebagai fotobioreaktor sekaligus penghubung menuju *degasser column*. Namun, pada penelitian tersebut belum dilakukan analisis kekuatan mekanik maupun evaluasi terhadap spesifikasi dimensi dan ketebalan pipa fotobioreaktor yang digunakan. Saat pengujian, terjadi kegagalan berupa retaknya pipa akrilik yang berada di tengah. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan operasi kemungkinan telah melampaui kemampuan material pipa dalam menahan tekanan internal.

Tekanan internal yang bekerja pada pipa akan menghasilkan tegangan pada dinding pipa, terutama tegangan lingkaran yang merupakan tegangan terbesar pada pipa bertekanan (Beer et al., 2021). Besarnya tegangan tersebut dipengaruhi oleh tekanan operasi, diameter dalam pipa, serta ketebalan dinding material. Jika tegangan yang terjadi melebihi batas kekuatan material atau tegangan izin desain, maka dapat terjadi deformasi hingga retaknya pipa (Beer et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, tugas akhir ini difokuskan pada desain fabrikasi fotobioreaktor yang menuju *degasser column*. Diharapkan dengan perbaikan desain, sistem dapat dioperasikan kembali sehingga efisiensi



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

penangkapan CO₂ meningkat dan sistem fotobioreaktor dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangannya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apa faktor yang menyebabkan kegagalan pada fotobioreaktor penghubung menuju *degasser column* sistem eksisting?
2. Bagaimana desain fabrikasi fotobioreaktor yang mampu menahan tekanan dinamis aliran pada *degasser column* skala laboratorium?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan dua *degasser column* terhadap efisiensi penyerapan CO₂?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penyebab kegagalan pada fotobioreaktor menuju *degasser column* sistem eksisting.
2. Mengoptimalkan desain dan memilih material sistem fotobioreaktor yang aman dan andal terhadap tekanan dinamis.
3. Menganalisis efisiensi penyerapan CO₂ dengan dua *degasser column*.

1.4 Batasan

Adapun Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan, fabrikasi, dan pengujian pipa fotobioreaktor sebagai komponen utama sistem fotobioreaktor mikroalga.
2. Analisis kekuatan mekanik pipa fotobioreaktor dibatasi pada perhitungan tekanan desain, tegangan lingkaran (*hoop stress*), ketebalan minimum pipa, dan faktor keamanan menggunakan *thin wall cylinder theory*.
3. Tekanan yang digunakan dalam analisis merupakan tekanan desain yang diturunkan dari kemampuan maksimum pompa sirkulasi dan tidak didasarkan pada hasil pengukuran tekanan menggunakan *pressure gauge*.
4. Penelitian tidak melakukan analisis numerik menggunakan *finite element analysis* (FEA), analisis vibrasi, maupun perhitungan pipe stress secara



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

detail. Evaluasi dilakukan menggunakan pendekatan *thin wall cylinder theory* dan didukung oleh hasil observasi lapangan.

5. Penelitian difokuskan pada optimalisasi desain mekanik sistem fotobioreaktor untuk meningkatkan efisiensi penyerapan CO₂ melalui penambahan jumlah fotobioreaktor dan *degasser column*.
6. Kajian biokimia mikroalga (pertumbuhan & kandungan lipid) tidak termasuk dalam lingkup penelitian ini.
7. Evaluasi kinerja sistem dilakukan berdasarkan perubahan konsentrasi CO₂ dan efisiensi penyerapan CO₂, tanpa membahas kinetika pertumbuhan mikroalga maupun karakteristik biologis mikroalga secara mendalam.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.5.1 Bagi Penulis

Berikut manfaat dari penelitian ini terhadap 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 keterampilan dalam merancang bangun suatu alat industri.
3. Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata
4. Kesempatan untuk mengikuti *Continuous Improvement Program* di Perusahaan.

1.5.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

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

1.5.3 Bagi PT Badak NGL

Berikut manfaat dari penelitian ini terhadap PT Badak NGL:

1. Menyediakan solusi teknologi untuk PT. Badak NGL dalam program dekarbonisasi dengan target pengurangan emisi CO₂ dari *Vent Stack Amine*



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

Regenerator Overhead Accumulator.

2. Menghasilkan prototipe sistem injeksi CO₂ *continuous* yang dapat menjadi pengembangan lanjutan dari sistem *batch* eksisting.
3. Memberikan *baseline* data untuk pengembangan sistem CCUS (*Carbon Capture, Utilization & Storage*) berbasis biologis di industri migas Indonesia.

1.6 Lokasi Objek

Lokasi objek Tugas Akhir berada di Workshop LNG Academy dan Bengkel Induk PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini merujuk pada "Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir Tahun 2020" yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jakarta.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, penyusun laporan menguraikan latar belakang pemilihan topik, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, manfaat yang akan didapat, metode penelitian, dan sistematika penulisan keseluruhan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Studi Pustaka/Tinjauan Pustaka berisi sumber bacaan atau literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan atau penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang dikaji dalam tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Penyusun laporan menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian, meliputi prosedur, pengambilan sampel dan pengumpulan data, pengumpulan data, teknik analisis data atau teknis perancangan.



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

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat hasil dan analisis data, perhitungan-perhitungan aktual yang diperoleh dari analisis, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini memaparkan kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan/penelitian. Isi kesimpulan akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir disertai saran – saran atau opini yang berkaitan dengan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





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

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, fabrikasi, dan pengujian sistem fotobioreaktor, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penyebab kegagalan fotobioreaktor pada sistem eksisting bukan disebabkan oleh tekanan internal (*hoop stress*). Berdasarkan analisis menggunakan *thin wall cylinder theory*, tegangan lingkaran yang terjadi sebesar 2,76 MPa masih lebih kecil daripada tegangan izin material akrilik sebesar 13 MPa, sehingga masih memenuhi kriteria keamanan terhadap tekanan internal. Retaknya fotobioreaktor terjadi akibat kombinasi adanya sambungan longitudinal sebagai titik lemah material, pembebanan dinamis akibat operasi pompa dan aliran fluida, serta belum adanya sistem penyangga (*pipe support*) yang menyebabkan konsentrasi tegangan pada bagian tertentu dari fotobioreaktor.
2. Desain fabrikasi fotobioreaktor yang mampu menahan tekanan dinamis aliran telah berhasil dioptimalkan melalui penggunaan material akrilik dengan berdiameter luar 89 mm (3 inci) dengan ketebalan 3 mm, yang telah memenuhi persyaratan ketebalan minimum hasil perhitungan *thin wall cylinder theory* sebesar 0,64 mm ditambah margin desain 2 mm. Pada tekanan desain 0,2 MPa, tegangan lingkaran yang terjadi adalah 2,76 MPa, jauh di bawah tegangan izin material sebesar 13 MPa, sehingga desain dinyatakan aman terhadap tekanan dinamis aliran pada sistem skala laboratorium. Selain itu, sistem dilengkapi dengan *pipe support* yang diberi lapisan karet (*rubber pad*) untuk membantu meredam vibrasi dan mengurangi pembebanan dinamis, serta *pressure relief valve* (PRV) sebagai perangkat keselamatan terhadap kondisi *overpressure*. Hasil fabrikasi menunjukkan seluruh komponen berhasil dibuat sesuai desain, sedangkan hasil pengujian *dye penetrant test* (DPT) setelah proses perbaikan menunjukkan seluruh sambungan las pada *degasser column* memenuhi



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

kriteria *accepted* sehingga layak digunakan. Kemudian hasil *leak test* menunjukkan sistem bebas dari kebocoran, sehingga sistem dinyatakan layak dioperasikan.

3. Penggunaan dua *degasser column* sekaligus penambahan fotobioreaktor terbukti meningkatkan efisiensi penyerapan CO₂ sistem, dari 83,72% pada sistem eksisting menjadi 92,65% pada sistem hasil perancangan, atau meningkat sebesar 8,93%. Konsentrasi CO₂ pada sisi *outlet* menurun dari 15,17% menjadi 7,076%, sementara debit sirkulasi media kultur meningkat dari 26 L/menit menjadi 30 L/menit. Peningkatan efisiensi tersebut merupakan hasil optimalisasi sistem secara keseluruhan, meliputi penggunaan dua *degasser column*, penambahan jumlah fotobioreaktor dari tiga menjadi lima unit, peningkatan debit sirkulasi, serta penyempurnaan konfigurasi perpipaan, sehingga kontribusi masing-masing parameter tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

5.2 Saran

Berdasarkan proses rancang bangun dan pengujian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa aspek yang dapat dioptimalkan untuk pengembangan di masa depan. Adapun saran untuk penyempurnaan alat adalah sebagai berikut:

1. Melakukan optimasi volume operasi pada masing-masing *degasser column* untuk memperoleh distribusi aliran yang lebih seimbang sehingga proses sirkulasi media kultur dapat berlangsung lebih stabil.
2. Sistem perpipaan dapat dikembangkan lebih lanjut melalui evaluasi diameter pipa penghubung, jumlah belokan (*elbow*), serta panjang jalur perpipaan untuk mengurangi *head loss* dan meningkatkan efisiensi sirkulasi fluida.
3. Melakukan pengukuran tekanan aktual pada beberapa titik sistem menggunakan *pressure gauge* sehingga distribusi tekanan dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan desain.



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

DAFTAR PUSTAKA

- Ashour, M., Mansour, A. T., Alkhamis, Y. A., & Elshobary, M. (2024). Usage of Chlorella and diverse microalgae for CO₂ capture - towards a bioenergy revolution. In *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* (Vol. 12). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1387519>
- ASME. (2020). *ASME B31.3: Process Piping*. THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-23919-9.00002-3>
- ASTM International. (2018). *Standard practice for liquid penetrant testing for general industry (ASTM E165/E165M-18)*. ASTM International.
- Beer, F. P., Johnston, R., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2021). *Statics and Mechanics of Materials* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Borowitzka, M. A., & Editors, J. A. R. (2016). The Physiology of Microalgae. *The Physiology of Microalgae*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24945-2>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2020). *Shigley's mechanical engineering design (11th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2003). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*. <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>
- Chowdury, K. H., Nahar, N., & Deb, U. K. (2020). The Growth Factors Involved in Microalgae Cultivation for Biofuel Production: A Review. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 09(04), 185–215. <https://doi.org/10.4236/cweee.2020.94012>



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

- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Backhurst, J. R., & Harker, J. H. (1999). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering: Volume 2: Particle Technology and Separation Processes (5th ed.)* (5th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Eimer, D. A. (2014). Gas Treating Absorption Theory and Practice DAG. In *GPA Annual Convention Proceedings* (Vol. 2). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1201/b14397-17>
- Environment, C. P. P. (2017). Isolation, Purification and Identification of Microalgae From Coal-Fired Power Plant Environment. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 21(2), 460–469. <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2102-22>
- Grima, M. E., Fernandez, A., Camacho, G., & Chisti, Y. (1999). Photobioreactors: light regime, mass transfer, and scaleup. *Journal of Biotechnology*, 70. [https://doi.org/10.1016/S0079-6352\(99\)80118-0](https://doi.org/10.1016/S0079-6352(99)80118-0)
- Hidayat, R., Yuwono, B., Pratama, Y., Program, K., Studi, D., Mesin, T., Mesin, J. T., Jakarta, P. N., & Siwabessy, J. P. G. A. (2025). *Rancang Bangun Degasser Column pada Fotobioreaktor untuk Fiksasi CO₂ dari Vent Stack Amine Regenerator*. 874–879.
- IEA. (2021). *About CCUS Playing an important and diverse role in meeting global energy and climate goals*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/about-ccus>
- Kantarci, N., Borak, F., & Ulgen, K. O. (2005). Bubble column reactors. *Process Biochemistry*, 40(7), 2263–2283. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.10.004>
- Kister, H. Z. (1992). *Distillation Design*. McGraw-Hill.
- Mitchell, P. J. P. and J. W. (2020). *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics* (10th ed.). John Wiley & Sons.



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

- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance (2nd ed.)* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7531-4.X5000-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7531-4.X5000-3)
- NOAA. (2025). *Climate change: atmospheric carbon dioxide*. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Peng, L.-C., & Peng, T.-L. (2009). *Pipe Stress Engineering*. ASME.
- Posten, C. (2009). Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 165–177. <https://doi.org/10.1002/elsc.200900003>
- Richmond, A., & Hu, Q. (2013). *HANDBOOK OF MICROALGAL CULTURE applied phycology and biotechnology*. John Wiley & Sons.
- Sander, R. (2015). Compilation of Henry's law constants (version 4.0) for water as solvent. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(8), 4399–4981. <https://doi.org/10.5194/acp-15-4399-2015>
- Singh, U. B., & Ahluwalia, A. S. (2013). Microalgae: A promising tool for carbon sequestration. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(1), 73–95. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9393-3>
- Ugwu, C. U., Aoyagi, H., & Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology*, 99(10), 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.046>
- UNFCCC. (2022). *ENHANCED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION REPUBLIC OF INDONESIA 2022*.



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

BIODATA MAHASISWA

1. Nama Lengkap : Aliva sharon Wijaya Kusuma
2. NIM : 2302319003
3. Tempat, Tanggal Lahir : Klaten, 18 November 2004
4. Jenis Kelamin : Perempuan
5. Alamat : Kompleks Perumahan Badak LNG, PC 6C No. 35A, Jl. Mahoni, RT 10, Kel. Satimpo, Kec. Bontang Selatan, Kota Bontang
6. Email : alivasharonwk@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2011-2017) : MIN 3 Klaten
 - SMP (2017-2020) : SMPN 2 Ceper
 - SMA (2020-2023) : SMAN 1 Karangnom
8. Program Studi : D3 Teknik Mesin
9. Peminatan : *Mechanical Rotating*
10. Topik Tugas Akhir : Optimalisasi Sistem Fotobioreaktor Dengan Penambahan *Degasser Column* Untuk Fiksasi CO₂ Dari *Vent Stack Amine Regenerator*

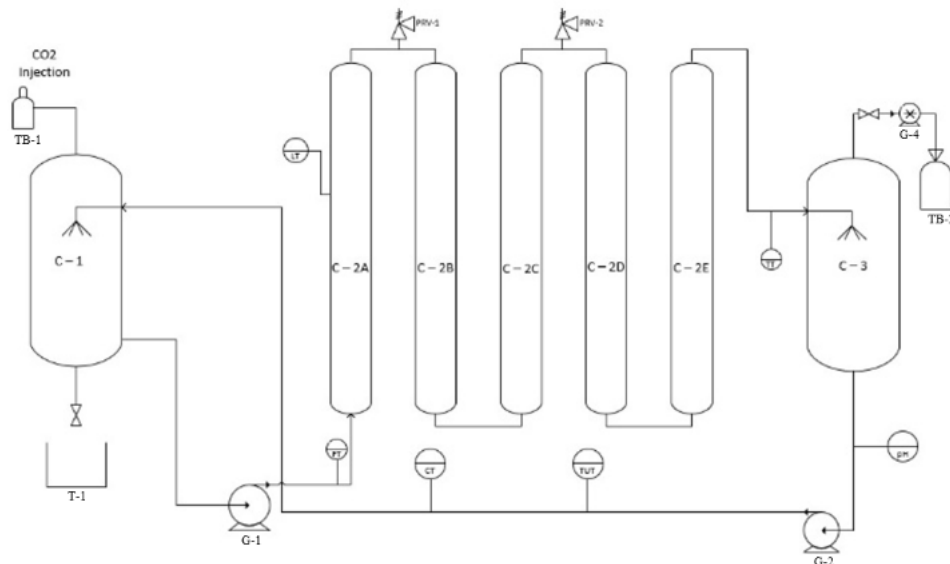
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



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

LAMPIRAN



TB-1	: Tedlar bag sampel masuk
TB-2	: Tedlar Bag sampel keluar
G-1/2	: Pompa air
G-3/4	: Pompa peristaltik
C-1/3	: Degasser Column
C-2A/B/C/D/E	: Pipa fotobioreaktor
T-1	: Wadah Ekstraksi
V-1/2	: Solenoid Valve
LT	: Level Transmitter
TT	: Temperature Transmitter
PH	: pH Indicator
TUT	: Turbidity Transmitter
CT	: Conductivity Transmitter
FT	: Flow Transmitter
PRV-1/2	: Pressure Relief Valve



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

LAMPIRAN

Spesifikasi Pompa



Tekanan teoritis maksimum yang dapat dihasilkan pompa dihitung menggunakan persamaan

$$P = \rho g H$$

dengan:

P = tekanan akibat pompa (Pa)

H = head pompa (m)

Sehingga diperoleh

$$P = (1000)(9,81)(22)$$

$$P = 215\,820 \text{ Pa}$$

$$P = 215,82 \text{ kPa}$$

$$P = 2,16 \text{ bar}$$

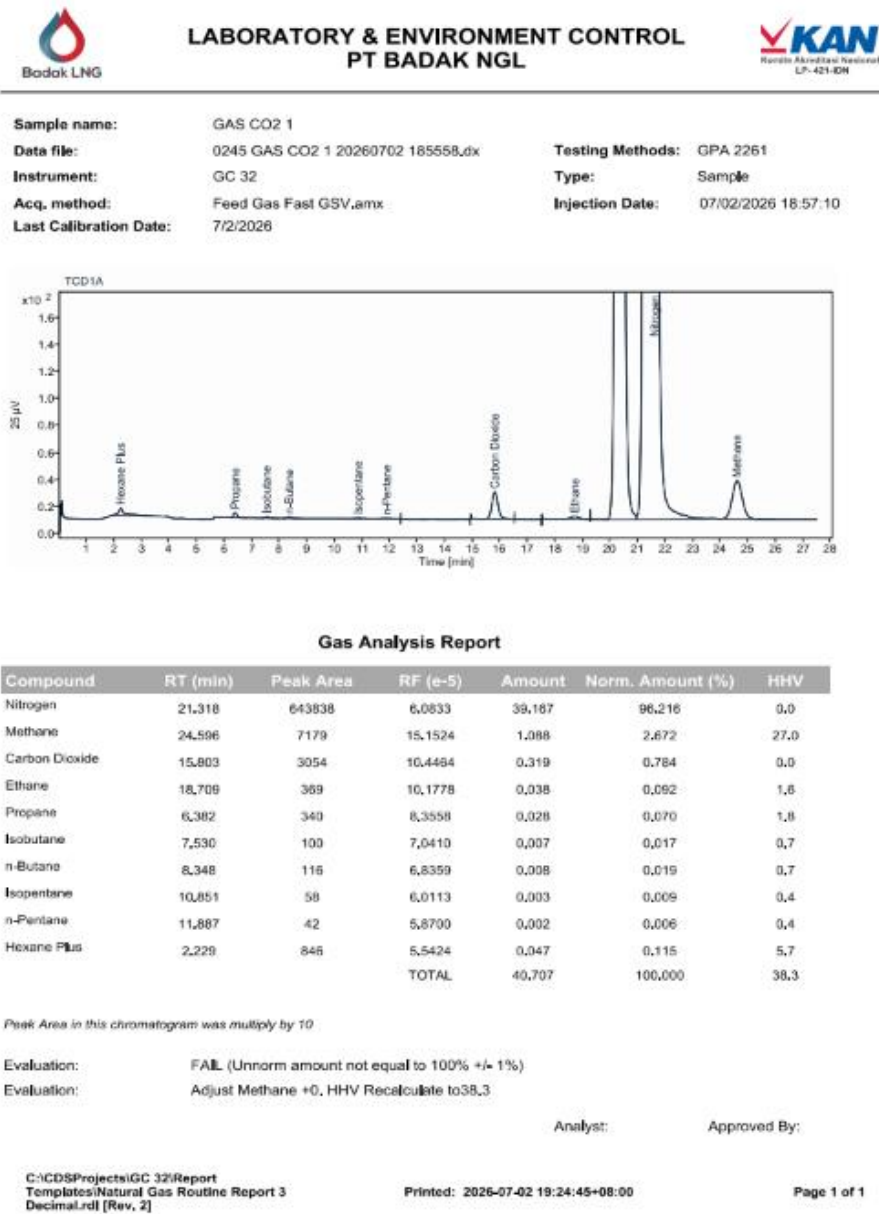


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

LAMPIRAN





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

LAMPIRAN



+ 44 1273 01273
info@caterpillar-red.com





PMMA — Material Datasheet

Transparent thermoplastic with excellent optical clarity, good stiffness, and electrical insulation.

Physical Properties

Property	Unit	Value
Density	g/cm ³	1.18
Water absorption (24 h, 23 °C)	%	0.25

Mechanical Properties

Property	Unit	Value
Tensile strength (yield)	MPa	65
Tensile modulus	GPa	2.9
Elongation at break	%	4
Flexural strength	MPa	95

Thermal Properties

Property	Unit	Value
Glass transition (T _g)	°C	105
HDT (1.8 MPa)	°C	95
Melting temperature	°C	—
Thermal conductivity	W/m-K	0.19