



© 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 BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

**Muhammad Faiq Ubaidillah
NIM. 2202319011**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
BONTANG 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 BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan diploma
III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

**Muhammad Faiq Ubaidillah
NIM. 2202319011**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
BONTANG 2025**



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, 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



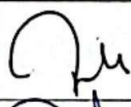
HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR

Oleh:
Muhammad Faiq Ubaidillah
NIM. 2202319011
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

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

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr., Sonki Prasetya , S.T.,M.Sc. NIP. 19752222008121003	Ketua Penguji		17 Juli 2025
2.	Muhammad Prasha Risfi Silitonga, S.Si., M.T NIP.199403192022031006	Penguji 1		17 Juli 2025
3.	Ir. Rivon Tridesman, S.T., IPM. NIP. 134464	Penguji 2		17 Juli 2025

Disahkan Oleh:



Ketua Jurusan Teknik Mesin

1

Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE

NIP. 197707142008121005

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR**

Oleh :

Muhammad Faiq Ubaidillah

NIM. 2202319011

Program Studi D3 Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

**Pembimbing Akademik
Politeknik Negeri Jakarta**



**Dr., Sonki Prasetya , S.T.,M.Sc.
NIP. 19752222008121003**

**Pembimbing Industri
Badak LNG**



**Ir. Ahmad Fadhil Reviansyah S.T., IPM.
NIP. 133196**

**Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta**



**Budi Yuwono, S.T
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 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 : Muhammad Faiq Ubaidillah

NIM : 2202319011

Program Studi : D3 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) 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, 17 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Muhammad Faiq Ubaidillah

NIM. 2202319011



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

**RANCANG BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR**

Muhammad Faiq Ubaidillah^{1*}, Sonki Prasetya¹, Ahmad Fadhil Reviansyah²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²PT Badak NGL, Plant Site Bontang, Kalimantan Timur, 75324

* Corresponding author *E-mail address:* mfaiqubaidillah2003@gmail.com

ABSTRAK

Emisi gas karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari vent stack amine regenerator overhead accumulator di kilang PT Badak LNG mencapai 398.000 ton pada tahun 2024. Meskipun tergolong aman, belum ada pengelolaan lebih lanjut terhadap emisi tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem otomasi dan monitoring fotobioreaktor tertutup berbasis mikroalga sebagai solusi berbasis biologi untuk mendukung proses fiksasi CO₂ secara berkelanjutan. Sistem monitoring menggunakan mikrokontroler untuk membaca dan mengendalikan parameter utama pertumbuhan mikroalga seperti pH, suhu, intensitas cahaya, dan kekeruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring berhasil dibangun dengan tingkat presisi sensor pH sebesar 99,05%, sensor suhu 93,96%, dan sensor kekeruhan 95,36%. Sensor intensitas cahaya juga menunjukkan respons yang baik terhadap variasi pencahayaan lingkungan. Selain itu, sistem otomasi mampu meningkatkan efektivitas pembacaan data hingga 3600 kali lebih sering dibandingkan metode manual, sehingga mendukung pencapaian kestabilan proses fotosintesis mikroalga secara optimal. Sistem ini diharapkan menjadi pendekatan awal dalam pemanfaatan teknologi berbasis mikroalga untuk mengelola emisi CO₂ industri secara efisien dan ramah lingkungan.

Kata-kata kunci: fotobioreaktor, mikroalga, otomasi, monitoring



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

**RANCANG BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING
FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE
REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR**

Muhammad Faiq Ubaidillah^{1*}, Sonki Prasetya¹, Ahmad Fadhil Reviansyah²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²PT Badak NGL, Plant Site Bontang, Kalimantan Timur, 75324

* Corresponding author *E-mail address:* mfaiqubaidillah2003@gmail.com

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the vent stack of the amine regenerator overhead accumulator at PT Badak LNG reached 398,000 tons in 2024. Although considered safe, these emissions have not yet been managed further. Therefore, this research aims to design and develop an automated and monitored closed photobioreactor system based on microalgae as a biological approach to support sustainable CO₂ fixation. The monitoring system utilizes a microcontroller to read and control key microalgae growth parameters such as pH, temperature, light intensity, and turbidity. Test results show that the monitoring system was successfully built with sensor precision levels of 99.05% for pH, 93.96% for temperature, and 95.36% for turbidity. The light intensity sensor also responded accurately to variations in environmental lighting. Additionally, the automation system increased data reading frequency by up to 3,600 times compared to manual methods, supporting the optimization of the photosynthesis process. This system is expected to serve as an initial approach for utilizing microalgae-based technology to manage industrial CO₂ emissions efficiently and in an environmentally friendly manner.

Keywords: photobioreactor, microalgae, automation, monitoring



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

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN OTOMASI DAN SISTEM MONITORING FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK MENDUKUNG FIKSASI EMISI GAS CO₂ *VENT STACK AMINE REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR*”. 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 Achmad Khoiruddin sebagai *President Director and CEO* Badak LNG
2. Bapak Dr. Syamsurizal, S.E., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Ir. Anas Malik Abdillah, ST, MBA, IPM. selaku Direktur *LNG Academy*.
4. Bapak Dr.Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Kepala Jurusan Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Eko Wahyu Susilo selaku Kepala Jurusan Peminatan Listrik & Instrumentasi yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr., Sonki Prasetya , S.T.,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ir. Ahmad Fadhil Reviansyah S.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.



© 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

8. Kepada Abang Kakak Pengurus *LNG Academy* yang telah membantu memberikan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir kami.
9. Kepada Ardin Layana dan Rolian Hidayat sebagai teman satu tim dalam pembuatan alat fotobioreaktor mikroalga sehingga bisa terselesaikan tugas akhir ini.
10. Kepada Bapak Rahman, Bapak Made, dan seluruh pekerja *Electrical Section* serta kepada Seluruh pekerja MHE, *Instrument Section*, Lab & EC *Section* yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir kami.
11. Kepada Bang Wahyu Fachrur Zulfikar, serta Kakak Tingkat alumni *LNG Academy* lainnya yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir kami.
12. Pihak-pihak yang berasal dari PNJ dan PT Badak NGL yang membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak kami sebutkan satu persatu.
13. Dan teman-teman *LNG Academy* angkatan XII yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© 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

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada dalam melaksanakan penelitian maupun penulisan atau informasi pada laporan ini. Oleh karena itu, apabila dari pembaca memiliki pesan dan saran serta masukan mengenai penelitian ini, mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang sehingga bisa ditingkatkan menjadi yang lebih baik lagi.

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

Bontang, 17 Juli 2025

Muhammad Faiq Ubaidillah
NIM. 2202319011

**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

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Tujuan.....	20
A. Tujuan Umum.....	20
B. Tujuan Khusus	20
1.3 Batasan Masalah.....	21
1.4 Manfaat	21
A. Bagi Penulis	21
B. Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta.....	21
C. Bagi PT. Badak NGL dan Dunia Industri.....	22
1.5 Metode	22
1.6 Sistematika Penulisan	22
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	24
2.1 Kajian Teori.....	24
A. Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)	24
B. Fotobioreaktor	24
C. Mikroalga	24
D. <i>Amine Regenerator Overhead Accumulator</i> 1C-6	25
E. Internet Of Things (IoT).....	25
F. Sistem Monitoring.....	26
G. Otomasi	26



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

H. ANSI C84.1.....	26
2.2 Kajian Literatur	27
2.3 Kajian Komponen Alat.....	29
A. Turbidity sensor.....	29
B. Solenoid Valve.....	30
C. pH Sensor	31
D. Relay.....	31
E. DC Power Supply	32
F. Modul LCD 12C	33
G. MCB (Miniature Circuit Breaker).....	34
H. PWM (Pulse Width Modulation) Motor speed Controller.....	35
I. Peristaltic pump.....	36
J. ESP32	36
K. Arduino IDE.....	37
L. Blynk Cloud	37
M. Toggle Switch	38
N. Pilot Lamp.....	38
O. Pompa.....	39
P. Thermocouple	40
Q. MAX6675	40
R. Sensor Intensitas Cahaya BH1750	41
S. Resistor.....	41
T. Voltage Divider	42
U. LED Strip	43
V. Step Down Lm2596	43
W. Multimeter.....	44
2.4 Kerangka Pemikiran.....	44
2.5 Hipotesis.....	45
BAB III METODE PENELITIAN	46
3.1 Diagram Alir Kerja.....	46
3.2 Diagram Alir Cara Kerja Alat	47
3.3 Penjelasan Langkah Kerja.....	49



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

A. Perumusan Masalah	49
B. Studi Pustaka dan Diskusi.....	49
C. Rancangan Proses dan Desain Alat	50
D. Rancangan Sistem Otomasi dan Monitoring.....	53
E. Pengujian Komponen Serta Kalibrasi	54
F. Rancangan Kelistrikan dan Instrumentasi.....	56
G. Perakitan Kelistrikan dan Instrumentasi pada fotobioreaktor	70
H. Pengujian sistem	72
I. Fotobioreaktor Mikroalga Start Up.....	72
J. Fotobioreaktor Mikroalga Running	73
K. Sistem prsoes pada fotobioreaktor dijalankan	74
L. Uji sampel fluida mikroalga dan gas dalam fotobioreaktor	74
M. Monitoring fotobioreaktor mikroalga	74
N. Kesimpulan dan saran	75
3.3 Metode Pemecahan Masalah.....	75
BAB IV PEMBAHASAN.....	76
4.1 Perhitungan Distribusi Tegangan	76
A. Distribusi Tegangan Komponen Fixed Operating AC Voltage	76
B. Distribusi Tegangan Komponen Fixed Operating DC Voltage	78
C. Distribusi Tegangan Komponen Range Operating DC Voltage	80
4.2 Kalibrasi dan Validasi Pembacaan Sensor	82
A. Kalibrasi sensor pH.....	82
B. Kalibrasi Sensor Turbidity.....	86
C. Kalibrasi Sensor Temperatur	90
D. Kalibrasi Sensor Lux	92
4.3 Perbandingan Frekuensi Pembacaan	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	96
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....	98
LAMPIRAN.....	98
BIODATA MAHASISWA.....	107



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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator	25
Gambar 2. 2 Turbidity Sensor	29
Gambar 2. 3 Solenoid Valve.....	30
Gambar 2. 4 pH Sensor	31
Gambar 2. 5 Relay.....	31
Gambar 2. 6 DC Power Supply.....	32
Gambar 2. 7 LCD 20x4 I2C	33
Gambar 2. 8 Miniature Circuit Breaker	34
Gambar 2. 9 PWM Motor speed Controller.....	35
Gambar 2. 10 Peristaltic Pump.....	36
Gambar 2. 11 Mikrokontroler ESP32	36
Gambar 2. 12 Blynk IOT	37
Gambar 2. 13 Switch Toggle.....	38
Gambar 2. 14 Lampu Indikator.....	38
Gambar 2. 15 Pompa Air.....	39
Gambar 2. 16 Thermocouple Type K.....	40
Gambar 2. 17 Modul Temperature Sensor MAX6675.....	40
Gambar 2. 18 Lux Sensor BH1750.....	41
Gambar 2. 19 Resistor.....	41
Gambar 2. 20 Skema Voltage Divider.....	42
Gambar 2. 21 LED Strip	43
Gambar 2. 22 Lm2596 Stepdown DC.....	43
Gambar 2. 23 Multimeter.....	44
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerja.....	46
Gambar 3. 2 Diagram Otomasi dan Sistem Monitoring Fotobioreaktor.....	47
Gambar 3. 3 Diagram Alir Cara Kerja Fotobioreaktor	47
Gambar 3. 4 Diagram Alir Power Distribution Fotobioreaktor	56
Gambar 3. 5 Diagram Wiring Beban 220 VAC.....	62
Gambar 3. 6 Diagram Wiring Beban 12 VDC	64
Gambar 3. 7 Diagram Wiring Beban ≤ 5 VDC	65
Gambar 3. 8 Desain Layout Pemasangan Komponen Listrik.....	68
Gambar 3. 9 Desain Layout Komponen Instrumentasi (Modul Sensor).....	69
Gambar 3. 10 Proses Wiring Komponen Listrik Dalam Panel Box.....	70
Gambar 3. 11 Letak Pemasangan Sensor Pada Fotobioreaktor	71
Gambar 3. 12 Hasil Wiring Komponen Listrik dan Instrumentasi	72
Gambar 3. 13 Tampak Depan Fotobioreaktor Saat Running	73
Gambar 3. 14 Tampak Belakang Fotobioreaktor Saat Running.....	73
Gambar 3. 15 Tampilan Display LCD Dan Interface IOT Fotobioreaktor Pada Gadget	74



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 4. 1 Pengecekan Tegangan Menggunakan Multimeter	76
Gambar 4. 2 Pengecekan Nilai Tegangan Power Supply	76
Gambar 4. 3 Pengecekan Nilai Tegangan Motor DC	78
Gambar 4. 4 Pengukuran Tegangan Pada Sensor	80
Gambar 4. 5 Konfigurasi Modul pH Sensor	82
Gambar 4. 6 Kalibrasi pH Sensor Dengan Larutan Buffer	83
Gambar 4. 7 Grafik Pengukuran Voltage pH Sensor	84
Gambar 4. 8 Grafik Output Voltage pH Sensor Dengan pH Standar	85
Gambar 4. 9 Kalibrasi Turbidity Sensor	86
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Turbidity Sensor	88
Gambar 4. 11 Grafik Persamaan Nilai Tegangan Analog Turbidity Sensor dengan Nilai Absorbansi Referensi	89
Gambar 4. 12 Kalibrasi Thermocouple Dengan Alat Referensi	90
Gambar 4. 13 Grafik Hasil Pembacaan Temperatur Sensor	91
Gambar 4. 14 Pengujian Respon Sensor Intensitas Cahaya	92
Gambar 4. 15 Tampilan Interface IOT Fotobioreaktor	94



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 3. 2 Parameter Nilai Indikator Optimal Mikroalga	52
Tabel 3. 3 Beban Daya DC 12V.....	58
Tabel 3. 4 Beban Daya DC 5V	59
Tabel 3. 5 Beban Daya AC 220V	60
Tabel 3. 6 Perhitungan Pemilihan Rating MCB.....	60
Tabel 4. 1 Perbandingan Tegangan Spesifikasi Dengan Tegangan Terukur Komponen Fixed VAC	77
Tabel 4. 2 Perbandingan Tegangan Spesifikasi Dengan Tegangan Terukur Komponen Fixed VDC	78
Tabel 4. 3 Perbandingan Tegangan Spesifikasi Dengan Tegangan Terukur Komponen Range Operating Voltage.....	81
Tabel 4. 4 Perhitungan Hasil pH Terukur.....	85
Tabel 4. 5 Hasil Kalibrasi Turbidity	87
Tabel 4. 7 Hasil Nilai Absorbansi Terukur Oleh Turbidity Sensor	89
Tabel 4. 8 Hasil Respon Pengujian Sensor Intensitas Cahaya	93
Tabel 4. 9 Perbandingan Pembacaan Data	95

**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

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Badak NGL atau biasa disebut Badak LNG sebagai salah satu perusahaan pengolahan gas alam cair di Indonesia menilai sangat penting untuk berkontribusi dalam mengurangi gas rumah kaca (*greenhouse gases*) (Secretary, 2023). Sebagai salah satu perusahaan milik pemerintah Indonesia, hal tersebut merupakan salah satu kontribusi Badak LNG dalam mencapai target emisi *net-zero* Negara Indonesia pada tahun 2050 maupun potongan emisi karbon sebesar 29% pada tahun 2030 (Rusdiani et al., 2016).

Pada Tahun 2024, Badak LNG mengeluarkan emisi CO₂ sebesar 398.000 ton beban emisi ke atmosfer langsung melalui *vent stack amine regenerator overhead accumulator* tiap satu train nya. Meskipun jumlah emisi gas operasional yang dikeluarkan oleh Badak LNG termasuk kedalam pengeluaran tingkat emisi yang aman untuk lingkungan (Secretary, 2023), Badak LNG hingga saat ini sudah mengambil langkah inisiatif dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Akan tetapi Badak LNG belum mengambil langkah yang lebih jauh dalam mengelola emisi gas CO₂ vent stack amine regenerator overhead accumulator yang dibuang ke atmosfer secara langsung. Hal ini dikarenakan desain awal kilang Badak LNG pada pembuangan CO₂ pada sistem *amine regenerator* memiliki karakteristik yang relatif bersih karena telah melalui proses pemisahan *di overhead accumulator* sehingga didesain hanya untuk dibuang ke atmosfer secara aman.

Saat ini telah ditemukan Teknologi *Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)* sebagai salah satu solusi untuk mengurangi emisi CO₂ dengan menangkap emisi CO₂ yang dikonversikan kemudian dimanfaatkan kembali. Metode penangkapan karbon atau CCUS dapat dikategorikan kedalam dua kelompok yaitu metode secara konvensional dan secara biologi. Metode secara konvensional meliputi dengan cara absorpsi kimia seperti menggunakan Amine, pelarut karbonat, dan amonia cair. Kemudian juga bisa melalui cara adsorpsi fisik seperti menggunakan material karbon aktif, zeolite, dan *Metal-Organic Frameworks*



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

(MOFs). Sementara teknologi CCUS dengan metode berbasis biologi dapat diterapkan secara konversi dengan mengkultivasi mikroalga. Mikroalga merupakan salah satu makhluk hidup yang dapat memfiksasi CO₂ sebesar 10 bahkan hingga 50 kali lebih efisien dibandingkan dengan tumbuhan yang lain (Rusdiani et al., 2016). Mikroalga dengan spesies tertentu seperti *Chlorella* sp bahkan mampu menahan kadar volume CO₂ yang tinggi mencapai 70% hingga volume CO₂ sebesar 100% (Ashour & Mansour, 2024).

Fotobioreaktor berbasis mikroalga hadir sebagai salah satu implementasi CCUS berbasis biologi yang mudah dikontrol serta mudah disesuaikan dengan kondisi lingkungan budidaya mikroalga sehingga bisa terciptanya pertumbuhan mikroalga yang optimal (Rusdiani et al., 2016). Akan tetapi, jaranganya otomasi monitoring indikator pada empat faktor utama seperti indikator pencahayaan, CO₂, nutrisi, suhu, dan pH pada fotobioreaktor dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga (Masojidek et al., 2009) (Egbo et al., 2018). Apabila indikator tersebut dapat dimonitoring secara otomasi, maka alat tersebut akan dapat menghasilkan produk mikroalga yang bernilai tinggi (Masojidek et al., 2009).

Pertumbuhan mikroalga berkolerasi oleh fotosintesis yang dipengaruhi oleh pemanfaatan cahaya. Seiring waktu, maka mikroalga akan meningkatkan konsentrasi biomassa sel yang mengakibatkan kekeruhan. Ketika cahaya yang masuk tidak tercukupi (fotolimitasi), maka penurunan produktivitas mikroalga akan terjadi bahkan dapat menurun hingga nol pada area yang tidak mendapatkan cahaya tersebut. (Chuka-ogwude et al., 2020). Sehingga diperlukan otomasi harvesting dimana hal ini akan menjaga dari kestabilan konsentrasi biomassa mikroalga akibat cahaya yang masuk diterima secara maksimal (Havlik et al., 2022).

Sebagai upaya peningkatan efektivitas pengelolaan emisi gas CO₂ kilang Badak LNG pada *overhead accumulator* amine regenerator yang termasuk dalam kategori relatif aman, dilakukan pendekatan inovatif berbasis kajian ilmiah melalui pembuatan fotobioreaktor mikroalga tertutup sebagai sistem penangkap CO₂ yang berkelanjutan dan terkendali. Untuk memastikan bahwa pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor secara tertutup berjalan secara maksimal, maka dilakukan



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

monitoring beberapa indikator yaitu nilai PH, nilai kekeruhan, temperatur sistem mikroalga dan nilai lux cahaya yang menerangi sistem kultivasi mikroalga pada fotobioreaktor menggunakan mikrokontroler. Dari monitoring beberapa indikator diatas, maka dapat dilakukan otomasi yang menyebabkan bergerakanya *actuator* pada *solenoid valve* serta matinya pompa sistem. Hal diatas dilakukan otomasi agar pencahayaan dapat diserap secara optimal sehingga penyerapan CO₂ dalam dapat diserap secara maksimal oleh mikroalga. Hal ini juga meningkatkan efektifitas bagi operator ketika mengoperasikan alat tersebut. Oleh karena itu, maka penulis bersama rekan satu kelompok dari bidang mechanical dan pengolahan gas mengajukan ide tugas akhir berupa rancang bangun yang berjudul “RANCANG BANGUN OTOMASI DAN MONITORING FOTOBIOREAKTOR MIKROALGA BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK Mendukung FIKSASI EMISI GAS CO₂ VENT STACK AMINE REGENERATOR OVERHEAD ACCUMULATOR”.

1.2 Tujuan

A. Tujuan Umum

Merancang bangun otomasi dan sistem monitoring fotobioreaktor berbasis mikrokontroler untuk mendukung tercapainya kondisi mikroalga yang optimal dalam melakukan fiksasi emisi gas CO₂ vent stack amine regenerator overhead accumulator.

B. Tujuan Khusus

1. Merancang wiring sebagai distribusi sumber tegangan ke seluruh komponen kelistrikan dan Instrumentasi fotobioreaktor dengan toleransi error operasi tegangan $\pm 5\%$ untuk komponen *fixed-voltage* dan komponen *range-voltage*.
2. Merancang sistem monitoring berbasis mikrokontroler melalui kalibrasi untuk parameter pH, suhu, kekeruhan dengan tingkat presisi $\geq 95\%$ serta pengujian respon sensor 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Merancang desain otomasi dan sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang dalam respon pembacaan data yang efektif.

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini tidak berfokus pada proses biologis mikroalga secara mendalam dan pengukuran langsung fiksasi CO₂, melainkan pada perancangan sistem otomasi dan monitoring yang berperan dalam menciptakan kondisi lingkungan optimal bagi mikroalga untuk melakukan fiksasi CO₂.
2. Tidak ada alat referensi untuk kalibrasi *Lux Sensor*.
3. Penelitian ini tidak dapat dilakukan proses kalibrasi sensor kekeruhan kembali karena sensor telah terpasang permanen pada alat fotobioreaktor,

1.4 Manfaat

A. Bagi Penulis

1. Sebagai syarat untuk memenuhi pembuatan Tugas Akhir dalam bentuk Rancang Bangun untuk mendapatkan gelar Diploma III Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta
2. Mengimplementasikan pengetahuan dan pengalaman yang telah diperoleh selama masa perkuliahan di Politeknik Negeri Jakarta, Depok maupun di *Plant Site* PT Badak NGL, Bontang.
3. Meningkatkan keterampilan dalam merancang bangun suatu alat dalam bidang listrik listrik instrumentasi.
4. Menjadi peluang untuk berinovasi dan mengikuti *Continous Improvement Program* di PT Badak NGL.

B. Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran mahasiswa *LNG Academy* maupun mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta dalam penelitian Fotobioreaktor berbasis mikroalga sebagai media fiksasi emisi gas CO₂.



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

C. Bagi PT. Badak NGL dan Dunia Industri

Menjadi bahan penelitian lebih lanjut bagi perusahaan PT. Badak NGL untuk proyek Dekarbonisasi sebagai kontribusi dalam *program Net-Zero Emission* dari Pemerintah.

1.5 Metode

Metode penyelesaian tugas akhir otomasi dan sistem monitoring fotobioreaktor mikroalga berbasis mikrokontroler dengan studi literatur yang sudah menerapkan dengan konsep yang kurang lebih sama, kemudian melakukan studi lapangan dengan melaksanakan perancangan, *troubleshooting*, dan analisis. Kemudian pengumpulan data dilaksanakan dengan percobaan, metode observasi, serta mendokumentasikan dan mengambil data untuk dianalisis.

1.6 Sistematika Penulisan

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

1. 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.

2. 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.

3. BAB III METODOLOGI Pengerjaan Tugas Akhir

Bab III menguraikan metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir meliputi prosedur, teknik analisis data atau teknis perancangan dan manufaktur



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

sesuai bidang keilmuan. Diagram alir pekerjaan dibuat untuk memberikan detail keseluruhan kegiatan penyelesaian tugas akhir.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV berisi menganalisis dan menguraikan dari hasil yang didapatkan dari penelitian berdasarkan tujuan. Penjabran pada BAB IV ini untuk didapatkan sebuah Kesimpulan dengan menggunakan tabel, grafik, dan penjelasan.

5. BAB V KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan tujuan yang dilakukan dalam penelitian dengan metode penelitian sehingga didapatkan hasil akhir dari penelitian yang dilakukan.





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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang sudah dijelaskan dari Bab Pendahuluan, Bab Tinjauan Pustaka, Bab Metode Pengerjaan Tugas Akhir, dan Bab Hasil serta Pembahasan, maka bisa ditarik kesimpulan yaitu

1. Desain wiring kelistrikan sebagai distribusi tegangan ke seluruh komponen sistem otomasi fotobioreaktor dengan jumlah 13 Komponen listrik VAC, 6 komponen listrik 12 VDC, 4 komponen listrik 5 VDC, dan 3 komponen 3.3 VDC yang tergolong dalam *fixed operating voltage* serta 9 Komponen listrik VDC yang tergolong dalam *range operating voltage* memenuhi kriteria dengan nilai error dibawah operasi tegangan *Range $\pm 5\%$* .
2. Sistem monitoring pada Fotobioreaktor mikroalga berbasis mikrokontroler berhasil dirancang dan diuji. Melalui proses kalibrasi, sistem ini menunjukkan tingkat presisi pembacaan sebesar 99.053 % untuk parameter pH, 93.96 % untuk suhu, dan 95.363 % untuk kekeruhan (absorbansi). Meskipun presisi sensor suhu belum mencapai target $\geq 95\%$, sistem telah menunjukkan kinerja yang baik pada parameter pH dan turbidity sensor. Selain itu, sensor intensitas cahaya berhasil merespons berbagai kondisi pencahayaan, menunjukkan fungsinya berjalan dengan baik dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya lingkungan.
3. Desain otomasi dan monitoring pada Fotobioreaktor mikroalga berbasis mikrokontroler dengan frekuensi pembacaan data yang efektif dalam waktu 3 hari yaitu 3600 kali lipat lebih banyak dibandingkan manual sehingga data yang diterima akurat.



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

5.2 Saran

1. Pastikan pemilihan komponen dan pemasangan konfigurasi pada instrument sudah tepat agar pembacaan nilai dari sensor ketika kalibrasi bisa lebih tepat dan presisi sehingga implementasi monitoring pada fotobioreaktor bisa lebih presisi.
2. Penelitian ini masih bisa banyak untuk *diimprove* atau dikembangkan pada otomasi dengan tambahan sistem kontrol lain untuk meningkatkan keefektifan dalam pemakaian alat fotobioreaktor mikroalga.
3. Menambahkan indikator lain menggunakan sensor yang berkualitas untuk meningkatkan kualitas monitoring.
4. Menambahkan sensor CO₂ pada sistem monitoring bertujuan untuk memperoleh data konsentrasi CO₂ secara real-time dan berkelanjutan dengan biaya yang lebih efisien dibandingkan dengan alat yang ada di Lab. Hal ini karena dinilai lebih ekonomis dibandingkan metode konvensional berupa pengujian laboratorium, yang umumnya memerlukan peralatan dengan harga relatif mahal serta proses yang memakan waktu untuk pengecekannya.

**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

DAFTAR PUSTAKA

- Andreansyah, F. Y. (2023). Rancang bangun sistem prakiraan upwelling di Waduk Cirata menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Skripsi sarjana, Universitas Komputer Indonesia. <http://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/8374>
- Ardianto, Y. (2018). Rancang bangun automatic transfer switch – main failure (ATS – MF) berbasis PLC Modicon M221CE16R dengan monitoring tegangan dan tanpa beban. Skripsi sarjana, Universitas Diponegoro.
- Ashour, M., & Mansour, A. T. (2024). *Usage of Chlorella and diverse microalgae for CO₂ capture - towards a bioenergy revolution*. August, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1387519>
- Baharuddin. (2012). *Sistem Kendali Kecepatan Motor DC berbasis PWM(Pulse Width Modulation)*. 17.
- Chuka-ogwude, D., Ogbonna, J., & Moheimani, N. R. (2020). A review on microalgal culture to treat anaerobic digestate food waste effluent. *Algal Research*, 47(August 2019), 101841. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101841>
- digiwarestore.com. (n.d.). *PH Sensor Kit E-201C-Blue*. Digiwarestore.Com. Retrieved July 6, 2025, from <https://digiwarestore.com/id/sensor-other/ph-sensor-kit-e-201c-blue-296479.html>
- Egbo, M. K., Okoani, A. O., & Okoh, I. E. (2018). Photobioreactors for microalgae cultivation – An Overview. *Ijser*, 9(11), 65–74. <http://www.ijser.org>
- Electronics, D. (n.d.). *10A 5V-16V DC Motor PWM Speed Regulation Potentiometer Control Board LED Dimming High Linearity*. Shopee.Co.Id. Retrieved July 6, 2025, from https://shopee.co.id/product/5623654/1818195652?gads_t_sig=VTJGc2RHVmtYMTlxTFVSVVRrdENkVjhKejlrTjhjZ0djRXFyYU5xR2swSzFSdlVaZWxWTS84bTdjc2NUMjBVVFlvK2luMG9uQk9zWVZQOGU3ZHlpZVBiRzNNcENNZFdtTGM3SE1qSHMrNFpIT3g1WU53TzRJaStMdXZZWFNSd



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

WM&gad_source=1&gad_campaig

- Ferdiansyah, F. R., Somantri, F. A., Sofian, R., & Wisnu, R. (2023). *Perangkat Lunak Monitoring Program Kegiatan dan Sub Kegiatan pada Dinas Peternakan dan Perikanan*. 17, 87–98.
- Havlik, I., Beutel, S., Scheper, T., & Reardon, K. F. (2022). On-Line Monitoring of Biological Parameters in Microalgal Bioprocesses Using Optical Methods. *Energies*, 15(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/en15030875>
- Helena Manurung, C. T., Arifin, J., Syifa, F. T., & Rochmanto, R. A. (2022). Pemanfaatan ESP32 Sebagai Sistem Pemantauan Kualitas Air Keran Siap Minum Secara Real-Time Menggunakan Aplikasi. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 4(2), 93–98. <https://doi.org/10.20895/jtece.v4i2.535>
- id.gnscomponent.com. (n.d.). *Sensor Kekeruhan Ditanggunghkan Kekeruhan Nilai Deteksi Modul Kit Cair Tersuspensi Partikel Kekeruhan Deteksi UNTUK Arduino*. Id.Gnscomponent.Com. Retrieved July 6, 2025, from <https://id.gnscomponent.com/development-board/turbidity-sensor-suspended-turbidity-value.html>
- Kurniawan, A. (2023). *Sistem Monitoring Kondisi Motor Induksi Berbasis Internet Of Things (Iot)*.
- Masojídek, J., Sergejevoá, M., Rottnerová, K., Jirka, V., Korečko, J., Kopecký, J., Zatl'ková, I., Torzillo, G., & Štys, D. (2009). A two-stage solar photobioreactor for cultivation of microalgae based on solar concentrators. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 55–63. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9324-6>
- Muslimin. (2021). *Pengukuran besaran listrik*.
- Operation Department PT Badak NGL. (2014). *Process Train Manual Book, Vol. 1: Plant-1 Purification* [Unpublished internal manual]. PT Badak NGL, Bontang.



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

- Prasetyo, E. A. (2019). *Arsitektur dan Fitur ESP32 (Module ESP32) IOT*.
Www.Edukasielektronika.Com.
<https://www.edukasielektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>
- Purba, G. F. R. (2019). *MCB (Miniature Circuit Breaker) Pada Rumah*.
Fit.Labs.Telkomuniversity.Ac.Id. <https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/mcb-miniature-circuit-breaker-pada-rumah/>
- Rasyid, M. R., Nurhidayah, & Fahmi Rustan, M. (2023). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Pembudidayaan Ikan Air Tawar Menggunakan ESP 32 dan ESP 8266. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 4(01), 1–10. <https://doi.org/10.31328/jasee.v4i01.264>
- [rf-kit.com/](https://www.rf-kit.com/). (2020). *Power Supply Switching 12V 10A*. Rf-Kit.Com/. <https://www.rf-kit.com/kit-asesoris/power-supply/power-supply-switching-12v-10a>
- Rusdiani, R. R., Boedisantoso, R., & Hanif, M. (2016). Optimalisasi Teknologi Fotobioreaktor Mikroalga sebagai Dasar Perencanaan Strategi Mitigasi Gas CO₂. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 188–192.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16942>
- Satyabima, D., Susilo, B., Hendrawan, Y., Keteknikan, J., Teknologi, P.-F., Brawijaya, P.-U., Veteran, J., & Korespondensi, P. (2014). Rancang Bangun Rangkaian Pengendali Suhu Air Pada Fotobioreaktor Vertikal. *Jurnal : Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 2(3), 211–217.
- Secretary, B. L. ; (2023). *2023 Laporan Keberlanjutan Sustainability Report Badak LNG*.
- Setiawan, D. (2017). Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 15(1), 7–14.
- [tameson.com](https://www.tameson.com). (n.d.). *Solenoid Valve DF-SA 1/2'' brass FKM 0-10bar 230V AC*.
Tameson.Com. Retrieved July 6, 2025, from <https://www.tameson.com/products/df-sa012b160f-230ac-solenoid-valve-2way-012inch-brass-0p0-10bar-fkm>



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

www.iea.org. (2024). *Carbon Capture Utilisation and Storage*. Www.Iea.Org.

<https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage#how-does-ccus-work>

www.ptarsindo.com. (2024). *Edukasi Pompa*. Www.Ptarsindo.Com.

<https://www.ptarsindo.com/blog/jenis-jenis-pompa/>

www.sunfounder.com. (2020). *IIC/I2C/TWI Serial 2004/20x4 LCD Module Shield for Arduino Uno/Mega2560*. Wwww.Sunfounder.Com.

<https://www.sunfounder.com/products/i2c-lcd2004-module>

www.thingbits.net. (2025). *8 Channel 10A Relay Module*. Wwww.Thingbits.Net.

[https://www.thingbits.net/products/8-channel-relay-module-with-high-low-trigger-](https://www.thingbits.net/products/8-channel-relay-module-with-high-low-trigger-optocoupler?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY#product-description-long)

[optocoupler?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3U](https://www.thingbits.net/products/8-channel-relay-module-with-high-low-trigger-optocoupler?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY#product-description-long)

[PPJP94rtaHPvJQY?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e](https://www.thingbits.net/products/8-channel-relay-module-with-high-low-trigger-optocoupler?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY#product-description-long)

[2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY#product-description-long](https://www.thingbits.net/products/8-channel-relay-module-with-high-low-trigger-optocoupler?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY?srsId=AfmBOop4VeGcJ6QeRBUJauAEdS6nozdB53e2J9z3UPPJP94rtaHPvJQY#product-description-long)

Zhuhrii, A., & Harmadi, H. (2024). Sistem Fotobioreaktor dilengkapi Pemantauan

Konsentrasi CO₂ dari Kabut Asap pada Model Kebakaran Lahan Gambut.

Jurnal Fisika Unand, 13(6), 827–833. [https://doi.org/10.25077/jfu.13.6.827-](https://doi.org/10.25077/jfu.13.6.827-833.2024)

833.2024

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

Lampiran 1 Perhitungan Pembacaan Kalibrasi Temperatur Sensor

Referensi Suhu (Celcius)	Pembacaan sensor suhu (Celcius)	Error (%)	Absolute Error (%)
20	21	5.00%	5.00%
20	20.25	1.25%	1.25%
20	20.5	2.50%	2.50%
20	20.25	1.25%	1.25%
20	20.25	1.25%	1.25%
20	20	0.00%	0.00%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.75	-1.25%	1.25%
20	20.25	1.25%	1.25%
20	20.75	3.75%	3.75%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.75	-1.25%	1.25%
20	19.75	-1.25%	1.25%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	20	0.00%	0.00%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	17.75	-11.25%	11.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	17.25	-13.75%	13.75%
20	18	-10.00%	10.00%
20	18	-10.00%	10.00%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	17.5	-12.50%	12.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19	-5.00%	5.00%

Referensi Suhu (Celcius)	Pembacaan sensor suhu (Celcius)	Error (%)	Absolute Error (%)
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	28	-8.497%	8.497%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	28.5	-6.863%	6.863%
30.6	28.75	-6.046%	6.046%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	28.75	-6.046%	6.046%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	30.5	-0.327%	0.327%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	30.5	-0.327%	0.327%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	28.25	-7.680%	7.680%
30.6	28.75	-6.046%	6.046%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	30.5	-0.327%	0.327%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	28.5	-6.863%	6.863%



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

20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	17.75	-11.25%	11.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18	-10.00%	10.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	20	0.00%	0.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18	-10.00%	10.00%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	20	0.00%	0.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%

30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	28	-8.497%	8.497%
30.6	29	-5.229%	5.229%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	25	-18.301%	18.301%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	26.25	-14.216%	14.216%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	25	-18.301%	18.301%
30.6	29.25	-4.412%	4.412%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	28.75	-6.046%	6.046%
30.6	30	-1.961%	1.961%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26	-15.033%	15.033%
30.6	26.25	-14.216%	14.216%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	26.25	-14.216%	14.216%
30.6	27	-11.765%	11.765%



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

20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19	-5.00%	5.00%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	20.25	1.25%	1.25%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	19	-5.00%	5.00%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	18.75	-6.25%	6.25%
20	18.5	-7.50%	7.50%
20	19.25	-3.75%	3.75%
20	19.5	-2.50%	2.50%
20	18	-10.00%	10.00%
20	18.25	-8.75%	8.75%

30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	30.5	-0.327%	0.327%
30.6	30.5	-0.327%	0.327%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	29.75	-2.778%	2.778%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	30.25	-1.144%	1.144%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	29.5	-3.595%	3.595%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	26	-15.033%	15.033%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	28	-8.497%	8.497%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26	-15.033%	15.033%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26.5	-13.399%	13.399%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	26.25	-14.216%	14.216%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%



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

20	18.25	-8.75%	8.75%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	18	-10.00%	10.00%
20	18.25	-8.75%	8.75%
20	17.5	-12.50%	12.50%
20	17.25	-13.75%	13.75%
20	17.5	-12.50%	12.50%
20	17	-15.00%	15.00%
20	18	-10.00%	10.00%
20	17	-15.00%	15.00%
20	17.75	-11.25%	11.25%
20	17.5	-12.50%	12.50%
Rata-Rata Absolute Error			5.67%

30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	27.75	-9.314%	9.314%
30.6	27.5	-10.131%	10.131%
30.6	27	-11.765%	11.765%
30.6	27.25	-10.948%	10.948%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	25.75	-15.850%	15.850%
30.6	26.75	-12.582%	12.582%
30.6	28	-8.497%	8.497%
30.6	28	-8.497%	8.497%
Rata-Rata Absolute Error			8.20%

Lampiran 2 Kodingan Arduino IDE Fotobioreaktor Mikroalga pada QR Code dibawah ini:





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 3 Laporan Perhitungan Beban Emisi Badak LNG

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 Kebut	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 Tambun	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



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

BIODATA MAHASISWA



1. Nama Lengkap : Muhammad Faiq Ubaidillah
2. NIM : 2202319011
3. Tempat, Tanggal Lahir : Malang, 15 Juni 2003
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : PC 6C NO. 66-A KOMPLEK PT BADAK,
RT 010, Satimpo, Bontang Selatan, Kota
Bontang, Kalimantan Timur
6. Email : mfaiqubaidillah2003@gmail.com
7. Pendidikan
SD (2010-2016) : SD UNGGULAN AL-YA'LU
SMP (2016-2019) : SMP Negeri 3 MALANG
SMA (2019-2022) : SMA Negeri 4 MALANG
8. Program Studi : Teknik Mesin
9. Bidang Peminatan : Teknik Listrik dan Instrumentasi
10. Topik Tugas Akhir: : Rancang Bangun Otomasi Dan Sistem Monitoring
Fotobioreaktor Mikroalga Berbasis Mikrokontroler Untuk Mendukung Fiksasi
Emisi Gas Co 2 Vent Stack Amine Regenerator Overhead Accumulator