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

ANALISIS PRODUKSI BIOHIDROGEN MELALUI FOTOFERMENTASI *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)

FURQON

PROGRAM STUDI ILMU KETEKNIKAN PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul "Analisis Produksi Biohidrogen Melalui Fotofermentasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME)" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2024

Furqon
F163190051

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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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

Perpustakaan IPB University

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

RINGKASAN

FURQON. Analisis Produksi Biohidrogen Melalui Fotofermentasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Dibimbing oleh YOHANES ARIS PURWANTO, RADITE PRAEKO AGUS SETIAWAN, dan BAMBANG SUSILO

Produksi kelapa sawit Indonesia tahun 2022 adalah 46,82 juta ton (BPS (Badan Pusat Statistik) 2023). 27-66% dari pengolahan kelapa sawit menghasilkan POME dan potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan POME sebagai substrat untuk memproduksi biohidrogen secara fotofermentasi dapat menjadi solusi. Produksi biohidrogen secara fermentasi membutuhkan peran bakteri, sehingga eksplorasi bakteri fotoheterotrofik alamiah/*indigineous* POME perlu dilakukan agar lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan identifikasi bakteri alamiah fotoheterotrofik yang dapat berperan pada produksi biohidrogen secara fotofermentasi, menganalisis pengaruh pH awal substrat dan intensitas cahaya yang diberikan pada lingkungan penelitian, serta menganalisis kinetika produksi biohidrogen menggunakan modifikasi persamaan Gompertz.

Penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap secara eksperimental, yaitu 1) identifikasi bakteri alamiah POME menggunakan metode *Next Generation Sequencing* (NGS) DNA, 2) analisis karakteristik POME (BOD, COD, C, N, P, dan asam asetat), 3) *pre-treatment* secara fermentasi gelap, dan 4) produksi biohidrogen secara fotofermentasi. Kinetika produksi biohidrogen menggunakan modifikasi persamaan Gompertz dilakukan secara simulasi dengan *fitting* data pengukuran pada masing-masing perlakuan.

Bakteri fotoheterotrofik *indigenous* POME yaitu *Rhodopseudomonas palustris* ditemukan dengan kelimpahan 0,050 %. Selain itu, teridentifikasi bakteri yang dapat berperan pada fermentasi gelap, didominasi oleh *Caldanaerobius polysaccharolyticus*. Kombinasi perlakuan intensitas cahaya dan netralisasi pH diawal menunjukan perubahan karakteristik substrat yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lain. *Pre-treatment* menggunakan fermentasi gelap, mendapatkan hasil yang signifikan pada perubahan nilai asam asetat. Perubahan paling tinggi terjadi pada perlakuan netralisasi pH dari 0,05 ke 0,84 %w w^{-1}. Produksi biohidrogen dengan kombinasi perlakuan netralisasi pH dan intensitas cahaya 4500, 7000, dan 9500 lux menghasilkan 1642,43; 121,74; dan 469,32 mL L-Depome^{-1}. Laju produksi sebesar 18,66; 1,91; 7,17 mL L-Depome^{-1}.jam^{-1}, dan LCE (*light conversion efficiency*) 11,75; 0,40; dan 2,14%. Sedangkan kombinasi tanpa perlakuan pH (pH alami) dan intensitas cahaya 4500; 7000, dan 9500 lux mendapatkan 873,23; 47,30; dan 117,21 mL L-Depome^{-1}; laju produksi 9,92; 0,78; 2,44 mL L-Depome^{-1}.jam^{-1}; LCE 6,25; 0,78; dan 0,76%, secara berturut-turut. Kinetika produksi biohidrogen menggunakan modifikasi persamaan Gompertz mendapatkan hasil yang sangat baik pada semua perlakuan, dengan nilai koefisien determinasi (r^2) >0,99.

Kata kunci: biohidrogen, bakteri alamiah, fotofermentasi, pH, POME

IPB University
Bogor Indonesia

SUMMARY

FURQON. Analysis of Biohydrogen Production Through Photo-fermentation of Palm Oil Mill Effluent (POME). Supervised by YOHANES ARIS PURWANTO, RADITE PRAEKO AGUS SETIAWAN, dan BAMBANG SUSILO

Indonesia's palm oil production in 2022 was 46.82 million tons (BPS (Badan Pusat Statistik) 2023). 27-66% of palm oil processing results in POME, a potential that has yet to be optimally utilized. Utilizing POME as a substrate for biohydrogen production through photo-fermentation can be a solution. Biohydrogen production via fermentation requires the role of bacteria, thus exploring indigenous photoheterotrophic bacteria from POME is necessary to make the process more effective and efficient. This study aims to explore and identify indigenous photoheterotrophic bacteria that can contribute to biohydrogen production through photo-fermentation, analyze the effects of initial substrate pH and light intensity on the research environment, and analyze the kinetics of biohydrogen production using a modified Gompertz equation.

This research is divided into four experimental stages: 1) identification of indigenous POME bacteria using the Next Generation Sequencing (NGS) DNA method, 2) analysis of POME characteristics (BOD, COD, C, N, P, and acetic acid), 3) pre-treatment through dark fermentation, and 4) biohydrogen production through photo-fermentation. The kinetics of biohydrogen production will be simulated using a modified Gompertz equation by fitting the measurement data for each treatment.

The indigenous photoheterotrophic bacteria *Rhodopseudomonas palustris* were found in POME with an abundance of 0.050%. Additionally, bacteria that can play a role in dark fermentation, predominantly *Caldanaerobius polysaccharolyticus*, were identified. The combination of light intensity treatment and initial pH neutralization showed better substrate characteristic changes compared to other treatments. Pre-treatment using dark fermentation resulted in significant changes in acetic acid values. The highest change occurred in the pH neutralization treatment from 0.05 to 0.84 %w w^{-1}. Biohydrogen production with the combination of pH neutralization and light intensities of 4500, 7000, and 9500 lux yielded 1642.43; 121.74; and 469.32 mL L-Depome^{-1}, respectively. The production rates were 18.66; 1.91; 7.17 mL L-Depome^{-1} hr^{-1}, and light conversion efficiencies (LCE) were 11.75; 0.40; and 2.14%, respectively. Meanwhile, the combination without pH treatment (natural pH) and light intensities of 4500, 7000, and 9500 lux resulted in 873.23; 47.30; and 117.21 mL L-Depome^{-1}, with production rates of 9.92; 0.78; 2.44 mL L-Depome^{-1} hr^{-1}, and LCE of 6.25; 0.78; and 0.76%, respectively. The kinetics of biohydrogen production using the modified Gompertz equation showed excellent results in all treatments, with coefficient of determination (r^2) values >0.99.

Keywords: biohydrogen, indigenous bacteria, photo-fermentation, pH, POME

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

©Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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

Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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

Perpustakaan IPB University

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

ANALISIS PRODUKSI BIOHIDROGEN MELALUI FOTOFERMENTASI *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)

FURQON

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian

PROGRAM STUDI ILMU KETEKNIKAN PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

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

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Ir. Edy Hartulistyoso, M.Sc.Agr.
2. Dr. Ir. Soni Solistia Wirawan, M.Eng., IPU.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP., M.Si.
2. Dr. Ir. Soni Solistia Wirawan, M.Eng., IPU.

Judul Disertasi : Analisis Produksi Biohidrogen Melalui Fotofermentasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME)
Nama : Furqon
NIM : F163190051

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr.

Digitally signed by:
Radite Praeko Agus Setiawan
Date: 19 Agu 2024 09.44.14 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.
NIP. 195907201986011002

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP 196105021986031002

Tanggal ujian: 24 Juli 2024 Tanggal lulus:

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

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

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa Allah Ta'ala atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Disertasi yang berjudul "Analisis Produksi Biohidrogen Melalui Fotofermentasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME)".

Selama pengerjaan penelitian ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc., Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr., Prof. Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr. selaku komisi pembimbing yang telah sabar mengajarkan, memberikan bimbingan, arahan, saran, serta perbaikan dalam penyusunan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan, M.Agr. (Alm.) yang telah banyak memberikan inspirasi dan nasihat dalam dunia pendidikan dan penelitian.
3. Dr. Ir. Soni Solistia Wirawan, M.Eng., IPU sebagai penguji luar komisi pada ujian tertutup dan sidang promosi terbuka, Dr. Ir. Edy Hartulistyoso, M.Sc.Agr. sebagai penguji luar komisi pada ujian tertutup, dan Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP., M.Si. sebagai penguji luar komisi pada sidang promosi terbuka yang telah memberikan pertanyaan dan saran yang konstruktif.
4. Ketua program dan sivitas akademika P.S. Ilmu Keteknikan Pertanian (TEP) Fateta IPB atas bantuan dan kerjasamanya selama menempuh studi program doktor.
5. Pimpinan Universitas Jenderal Soedirman yang telah mengizinkan tugas belajar, bantuan, dan kerjasamanya.
6. Sahabat di Lab. Pindah Panas dan Massa IPB, terkhusus tim biohidrogen yang selalu bersemangat, kompak, dan saling memberikan bantuan.
7. Sahabat S3 TEP telah berbagi semangat dan belajar.
8. Keluarga besar di Cirebon dan Kebumen atas segala do'a, semangat, dan bantuannya.
9. Keluarga kecilku, istri dan kedua anak kami atas do'a, pengertian, kesabaran, dan pengorbanannya.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, sangat diharapkan untuk dapat memberikan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan penelitian dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang ilmu keteknikan pertanian.

Bogor, Agustus 2024

Furqon

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR TABEL xv

DAFTAR LAMPIRAN xv

NOMENKLATUR xvi

I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.3 Tujuan 4
1.4 Manfaat 4
1.5 Ruang Lingkup 4
1.6 Kebaruan (*Novelty*) 4

II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Karakteristik POME 5
2.2 Bahan Baku Hidrogen 7
2.3 Produksi Hidrogen Fotofermentasi 9
2.4 Bakteri Alamiah POME 11
2.5 Kerangka Pemikiran 15

III METODE 16
3.1 Waktu dan Tempat 16
3.2 Alat dan Bahan 16
3.3 Prosedur penelitian 16
3.4 Variabel 20
3.5 Analisis 21

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 22
4.1 Bakteri Alamiah POME 22
4.2 Karakteristik Substrat 24
4.3 Pengaruh pH dan Intensitas Cahaya pada Produksi Biohidrogen 29
4.4 Kinetika 39
4.5 Potensi Kontribusi pada Bauran Energi Primer Nasional 41

V SIMPULAN DAN SARAN 46

DAFTAR PUSTAKA 47

LAMPIRAN 57

RIWAYAT HIDUP 69

IPB University — Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema pengolahan pada pabrik kelapa sawit 5
Gambar 2 Ilustrasi mekanisme fotofermentasi (Aslam *et al.* 2018) 9
Gambar 3 Kerangka pemikiran penelitian 15
Gambar 4 Bagan alur penelitian 17
Gambar 5 Skematik fotobioreaktor 19
Gambar 6 Perubahan nilai BOD dan COD 27
Gambar 7 Perubahan nilai asam asetat 28
Gambar 8 Perubahan warna substrat akibat perlakuan pH (a) netralisasi, (b) tanpa perlakuan pH 29
Gambar 9 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat dengan netralisasi pH (7) substrat diawal dan intensitas cahaya 4500 lux 30
Gambar 10 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat dengan netralisasi pH (7) substrat diawal dan intensitas cahaya 7000 lux 31
Gambar 11 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat dengan netralisasi pH (7) substrat diawal dan intensitas cahaya 9500 lux 31
Gambar 12 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat tanpa perlakuan pH diawal (alami) dan intensitas cahaya 4500 lux 32
Gambar 13 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat tanpa perlakuan pH diawal (alami) dan intensitas cahaya 7000 lux 33
Gambar 14 Profil perubahan pH, ORP, dan konsentrasi biohidrogen pada substrat tanpa perlakuan pH diawal (alami) dan intensitas cahaya 9500 lux 33
Gambar 15 Akumulasi produksi hidrogen pada kondisi intensitas cahaya 4500 lux, 7000 lux, dan 9500 lux dengan perlakuan (a) netralisasi pH awal substrat, (b) tanpa perlakuan pH awal substrat 36
Gambar 16 Simulasi model Gompertz vs akumulasi produksi hidrogen pada kondisi intensitas cahaya 4500, 7000, dan 9500 lux dengan perlakuan substrat awal (a) netralisasi, (b) tanpa perlakuan 40

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

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik POME 6
Tabel 2 Produksi hidrogen secara fermentasi dari berbagai biomassa 8
Tabel 3 Penelitian biohidrogen secara fotofermentasi berbahan limbah industri 11
Tabel 4 Bakteri alamiah POME yang berhasil diidentifikasi 14
Tabel 5 Spesifikasi fotobioreaktor 19
Tabel 6 Kombinasi perlakuan pada penelitian 21
Tabel 7 Spesies bakteri alamiah POME penghasil biohidrogen yang didapatkan dari substrat POME 23
Tabel 8 Karakteristik substrat POME, DEPOME, dan PEPOME 25
Tabel 9 Produksi hidrogen, laju produksi gas biohidrogen, dan efisiensi konversi cahaya (LCE) 37
Tabel 10 Parameter kinetika pada masing-masing perlakuan 40
Tabel 11 Produksi kelapa sawit di Indonesia (2012-2022) 42
Tabel 12 Hasil simulasi potensi produksi kelapa sawit, POME, biohidrogen, dan ekuivalensi bensin pada kondisi pH substrat awal 7 dan intensitas cahaya 4500 lux 43
Tabel 13 Hasil simulasi potensi produksi kelapa sawit, POME, biohidrogen, dan ekuivalensi bensin pada kondisi substrat tanpa perlakuan pH dan intensitas cahaya 4500 lux 43
Tabel 14 Kebutuhan energi final pada berbagai sektor 44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah IPAL PKS Cikasungka, Banten 57
Lampiran 2 Desain fotobioreaktor 58
Lampiran 3 Hasil salah satu analisis laboratorium karakterisasi substrat (POME, DEPOME, dan PEPOME) 61
Lampiran 4 Pohon taksonomi dan krona bakteri dari substrat POME 63
Lampiran 5 Salah satu data pengukuran 64
Lampiran 6 Contoh perhitungan numerik aturan Simpson 1/3 65
Lampiran 7 Salah satu hasil perhitungan integrasi aturan simpson 1/3 66
Lampiran 8 Dokumentasi penelitian 68

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

NOMENKLATUR

BOD	*biochemical oxygen demand*
COD	*chemical oxygen demand*
SS	*suspended solid*
TS	*total solid*
TVS	*total volatile solid*
TP	*total phosphorus*
TOC	*total organic carbon*
O&G	*oil and grease*
NH_3-N	*ammonical nitrogen*
TKN	*total kjehdahl nitrogen*
TN	*total nitrogen*
VFA	*volatile fatty acid*
ATP	*adenosine triphosphate*
ADP	*adenosine diphosphate*
mL	mililiter
L	liter
I	intensitas cahaya
t	waktu
T	suhu
λ	panjang gelombang
Ar	argon
e	angka Euler

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