

**PENYUSUNAN LKPD HASIL PENELITIAN PENGARUH pH CRUDE
ENZIM *Bacillus subtilis* TERHADAP KADAR GULA DAN BIOETANOL
HASILFERMENTASI KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
SEBAGAI BAHAN AJAR BIOLOGI KELAS XII
MATERI INOVASI BIOTEKNOLOGI**

SKRIPSI



Disusun Oleh

Tia Sandy Widyastuti

2000008047

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

**PENYUSUNAN LKPD HASIL PENELITIAN PENGARUH pH *CRUDE*
ENZIM *Bacillus subtilis* TERHADAP KADAR GULA DAN BIOETANOL
HASILFERMENTASI KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
SEBAGAI BAHAN AJAR BIOLOGI KELAS XII
MATERI INOVASI BIOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan Untuk Memenuhi Persyaratan Gelar
Sarjana Pendidikan



Oleh

Tia Sandy Widyastuti

2000008047

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

SKRIPSI
PENYUSUNAN LKPD HASIL PENELITIAN PENGARUH PH CRUDE
ENZIM *Bacillus Subtilis* TERHADAP KADAR GULADAN BIOETANOL
HASIL FERMENTASI KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
SEBAGAI BAHAN AJAR BIOLOGI KELAS XII
MATERI INOVASI BIOTEKNOLOGI

Dipersiapkan dan disusun oleh

Tia Sandy Widyastuti

2000008047

telah disetujui oleh

Dosen Pembimbing Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Ahmad Dahlan di Yogyakarta

dan dinyatakan telah memenuhi

syarat untuk diujikan

Yogyakarta,

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si.

NIPM. 197001141997060110754443

SKRIPSI

**PENYUSUNAN LKPD HASIL PENELITIAN PENGARUH PH *CRUDE*
ENZIM *Bacillus Subtilis* TERHADAP KADAR GULA DAN BIOETANOL
HASIL FERMENTASI KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*)
SEBAGAI BAHAN AJAR BIOLOGI KELAS XII
MATERI INOVASI BIOTEKNOLOGI**

disiapkan dan disusun oleh
Tia Sandy Widyastuti 2000008047
telah dipertahankan di depan
Panitia Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan pada tanggal 23 Agustus 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Pendidikan

SUSUNAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

1. KETUA : Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si.
2. Penguji I : Dr. Novi Febrianti, M.Si.
3. Penguji II : Hani Irawati, M.Pd.

Yogyakarta, Agustus 2024
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Ahmad Dahlan
Dekan,



Muhammad Sayuti, M.Pd., M. Ed., Ph.D.
NIPM 197103172016011110763796

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tia Sandy Widyastuti
NIM : 2000008047
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas : Ahmad Dahlan

Menyatakan bahwa skripsi “Penyusunan LKPD Berdasarkan Hasil Penelitian Pengaruh pH *Crude* Enzim *Bacillus subtilis* terhadap Kadar Gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai Bahan Ajar Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi” ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang ditulis orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi ini atau perguruan tinggi lain kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya tulis ilmiah yang lazim. Apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, hal tersebut sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, Agustus 2024

Penulis



Tia Sandy Widyastuti

2000008047

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tia Sandy Widyastuti

NIM : 2000008047

Program Studi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Email : tia2000008047@webmail.uad.ac.id

Judul Tugas Akhir : Penyusunan LKPD Berdasarkan Hasil Penelitian Pengaruh pH *Crude Enzim Bacillus subtilis* terhadap Kadar Gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai Bahan Ajar Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelas keserjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemah melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui dosen pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebut nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena saya ini. Serta sanksi lain sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, Agustus 2024



Tia Sandy Widyastuti

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tia Sandy Widyastuti

NIM : 2000008047

Program Studi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Judul tugas akhir : “Penyusunan LKPD Berdasarkan Hasil Penelitian Pengaruh pH *Crude Enzim Bacillus subtilis* terhadap Kadar Gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai Bahan Ajar Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi”

Dengan ini saya menyerahkan hak sepenuhnya, kepada Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut:

Saya (mengizinkan/~~tidak mengizinkan~~)* karya tersebut diunggah kedalam Repository Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Yogyakarta, 27 Agustus 2024



Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si
NIPM. 197001141997060110754443



Tia Sandy Widyastuti
NIM 2000008047

HALAMAN MOTTO

“Lakukan yang terbaik dan secara ikhlas untuk segala hal yang kamu kerjakan, kemudian serahkan hasilnya kepada Allah maka kamu tidak akan pernah merasakan rasa sakit dari sebuah penyesalan.”

“Maka disebabkan rahmat dari Allah-lah kamu berlaku lemah lembut terhadap mereka. Sekiranya kamu bersikap keras lagi berhati kasar, niscaya mereka akan menjauhkan diri darimu. Karena itu maafkanlah mereka dan mohonkan ampunlah untuk mereka.”

(QS. Al-Imran: 159)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allhamdulillahirabbil Aalamin, sujud syukur penulis kepada Allah SWT. Yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini hingga selesai. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kepada zat yang maha besar yaitu Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran segala urusan dan kesulitan yang saya hadapi.
2. Diri saya sendiri Tia Sandy Widyastuti yang sudah berjuang dan berusaha untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada orang tua saya yang telah mengupayakan segala kebutuhan pendidikan saya, mendoakan dan memberikan dukungan selama saya menempuh pendidikan. Terimakasih atas segala pengorbanan yang telah orang tua saya berikan untuk menghidupi saya hingga detik ini.
4. Kepada nenek saya yang selalu memberikan dukungan dan doa yang luar biasa.
5. Adik kandung saya Putri Fanyta Ayudya Trimaharani yang telah menunjukkan banyak dukunagn beserta doa sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Keluarga besar yang selalu memberikan doa dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si., selaku dosen pembimbing telah bersabar dan telaten memberikan arahan, bimbingan, motivasi, nasihat dan dalam membimbing saya selama ini.
8. Teman penelitian Al Aliya Ashilah dan Natika Rahayu yang selama ini selalu kebersamai saya dan selalu membantu setiap langkah saya selama penelitian.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahilahirabbil Aalamin, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan Rahmat dan kemudahannya sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari peran dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga kesulitan yang dihadapi dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ungkapan rasa terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Muchlas, M.T., Rektor Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas Ahmad Dahlan.
2. Muhammad Sayuti, M.Pd., M.Ed., Ph.D., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Nani Aprilia, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan kemudahan, pengarahan, serta dorongan dalam menyelesaikan studi di Program Studi Pendidikan Biologi.
4. Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Destri Ratna Ma'rifah, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama masa studi di Program Studi Pendidikan Biologi.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh Pendidikan ini hingga selesai.
7. Kedua orang tua dan nenek beserta keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungan serta semangat sehingga dapat menyelesaikan studi ini.
8. Sahabat semasa kuliah Mazani Azizan Agil, Natika Rahayu, Indah Sulistio Budiwijaya, dan Devi Triyana yang telah kebersamaan selama berada di perantauan.
9. Teman Penelitian Al Aliya Ashilah dan Natika Rahayu yang selama ini selalu bersama-sama saling membantu dan mendukung satu sama lain selama penelitian.
10. Teman – Teman Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan 2020, terimakasih sudah menjadi bagian dari pengalaman luar biasa semasa perkuliahan.
11. Sahabat SMA saya Azahra Eva Febriyani yang telah memberikan semangat, motivasi serta dorongan serta doa sehingga pengejaan skripsi ini dapat diselesaikan.

12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala doa, bantuan, dan amal kebaikan yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan pahala dan ridho Allah SWT. Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

Yogyakarta, Agustus 2024

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Tia' followed by a stylized surname.

Tia Sandy Widyastuti

(2000008047)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSTUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PIKIR.....	8
A. Kajian Teori	8

B.	Kajian Penelitian Relevan	24
C.	Kerangka Pikir	26
D.	Hipotesis Penelitian.....	28
BAB III METODE PENELITIAN		29
A.	Jenis Penelitian.....	29
B.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
C.	Alat dan Bahan.....	29
D.	Variabel Penelitian	31
E.	Definisi Oprasional	32
F.	Cara kerja.....	34
G.	Rancangan Penelitian	43
H.	Teknik analisis Data.....	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		46
A.	Hasil Penelitian	46
B.	Pembahasan	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		92
A.	Kesimpulan.....	92
B.	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN		101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penilaian Kategori Kualitas Bahan Ajar	45
Tabel 2. Pengukuran gula reduksi kulit kakao.....	47
Tabel 3. Pengukuran kadar pH kulit kakao	47
Tabel 4. Hasil pengukuran kadar gula reduksi	47
Tabel 5. Hasil pengukuran pH setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i> ...	48
Tabel 6. Hasil Perhitungan Uji DMRT Terhadap Rata-rata Kadar Gula Reduksi.....	49
Tabel 7. Kadar gula reduksi kulit kakao setelah fermentasi.....	50
Tabel 8. Hasil pH setelah fermentasi <i>Zymomonas mobilis</i>	50
Tabel 9. Hasil uji kadar bioetanol setelah fermentasi	52
Tabel 10. Hasil Perhitungan Uji DMRT Terhadap Rata-rata Kadar Gula Reduksi...	54
Tabel 11. Syarat hasil penelitian sebagai sumber belajar	56
Tabel 12. Hasil Identifikasi Proses Penelitian Sebagai Sumber Belajar	57
Tabel 13. Hasil Identifikasi Produk Penelitian	60
Tabel 14. Seleksi dan Modifikasi Hasil Penelitian Sumber Belajar	61
Tabel 15. Capaian Pembelajaran	62
Tabel 16. Penjabaran indikator dan tujuan pembelajaran	64
Tabel 17. Masukan dan saran dosen pembimbing dan tindak lanjut.	67
Tabel 18. Hasil penilaian validator 1 Materi	68
Tabel 19. Saran validator dan tindak lanjut.....	69
Tabel 20. Hasil penilaian validator 2 Media.....	69
Tabel 21. Saran validator dan tindak lanjut.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Buah kakao	13
Gambar 2. Limbah kulit buah kakao (KBK)	14
Gambar 3. Skema kerangka pikir	27
Gambar 4. Diagram rata-rata kadar gula reduksi setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i>	49
Gambar 5. Uji regresi pengaruh pH <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i> terhadap kadar gula reduksi kulit kakao.....	49
Gambar 6. Diagram batang hasil rata-rata kadar gula reduksi setelah fermentasi menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	51
Gambar 7. Grafik Hasil Uji Regresi Pengaruh <i>Zymomonas mobilis</i> terhadap Kadar Gula Reduksi Kulit kakao.....	52
Gambar 8. Diagram Hasil Uji Kadar Etanol Kulit kakao Menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	53
Gambar 9. Grafik Hasil Uji Regresi Hasil Kadar Etanol Kulit kakao Menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tata Letak Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	102
Lampiran 2. Hasil Larutan Standar	102
Lampiran 3. Kurva Larutan Standar	102
Lampiran 4. pH Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i>	103
Lampiran 5. Kadar Gula Kontrol dan Setelah <i>Preatreatment</i>	103
Lampiran 6. Kadar Gula Reduksi Setelah Perlakuan <i>Crude</i> Enzim	104
Lampiran 7. Analisis SPSS Gula Reduksi <i>Crude</i> Enzim	105
Lampiran 8. Perhitungan Kadar Gula Reduksi Setelah Fermentasi.....	107
Lampiran 9. Hasil uji SPSS Gula Reduksi Setelah Fermentasi.....	109
Lampiran 10. Perhitungan Kadar Bioetanol Kulit Kakao	110
Lampiran 11. Uji SPSS Kadar Bioetanol Kulit Kakao	111
Lampiran 12. Dokumentasi	113
Lampiran 13. Surat Permohonan Validasi Instrumen	117
Lampiran 14. Surat Keterangan Telah Validasi Instrumen.....	118
Lampiran 15. Surat Permohonan Validasi Produk.....	119
Lampiran 16. Surat Keterangan Validasi Produk oleh Dosen Ahli Materi	120
Lampiran 17. Surat Keterangan Validasi Produk oleh Dosen Ahli Media	121
Lampiran 18. Kisi-kisi dan Rubrik Penilaian Instrumen Validasi	122
Lampiran 19. Lembar validasi LKPD oleh dosen Ahli materi.....	127
Lampiran 20. Lembar validasi LKPD oleh dosen Ahli media	130
Lampiran 21. Perhitungan Jumlah skor penilaian LKPD	134
Lampiran 22. Revisi Lembar Kerja Peserta Didik.....	135
Lampiran 23. Lembar Kerja Peserta Didik.....	139

Widyastuti, Tia Sandy Widyastuti. 2024. “Penyusunan LKPD Hasil Penelitian Pengaruh pH *Crude* Enzim *Bacillus subtilis* terhadap Kadar Gula dan Biotanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai Bahan Ajar Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi”. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan

ABSTRAK

Menurunnya pasokan bahan bakar fosil telah meningkatkan kebutuhan masyarakat akan energi alternatif. Salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah penggunaan bioetanol. Bahan ajar LKPD yang digunakan kurang bervariasi, sehingga perlu adanya LKPD yang dikembangkan dari hasil penelitian. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pH *crude* enzim *Bacillus subtilis* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi kulit kakao menggunakan *Zymomonas mobilis*, mengetahui pH *crude* enzim *Bacillus subtilis* yang paling berpengaruh terhadap kadar gula dan etanol hasil fermentasi kulit kakao, dan untuk mengetahui kelayakan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) yang disusun berdasarkan hasil penelitian sebagai bahan ajar biologi kelas XII materi inovasi bioteknologi.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian eksperimen dan penelitian kependidikan. Penelitian eksperimen menggunakan metode RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan variabel bebas pH *crude* enzim *Bacillus subtilis* yaitu 4,5,6,7, dan 8, dan variabel terikat kadar gula reduksi hasil hidrolisis dengan *crude* enzim *Bacillus subtilis* dan kadar etanol hasil fermentasi kulit kakao. Pengukuran kadar gula dilakukan dengan metode DNS dan pengukuran kadar bioetanol dengan alkoholmeter. Tahap kedua yaitu penelitian kependidikan menggunakan model ADD (*Analysis, Design, Development*). Data eksperimen dianalisis menggunakan uji regresi, *One Way ANOVA*, uji DMRT dan penyusunan LKPD menggunakan teknik pengumpulan data berupa angket. Instrumen pengumpulan data meliputi kisi-kisi validasi, rubrik validasi, lembar penilaian. Analisis hasil penilaian penyusunan LKPD menggunakan analisis deskripsi.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pH *crude* enzim berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol. pH *crude* enzim *Bacillus subtilis* yang paling berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol adalah perlakuan pH 6, menghasilkan kadar gula tertinggi yaitu 0,65g/mL dan kadar bioetanol tertinggi yaitu 4,17%. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan nilai LKPD dari ahli materi sebesar 91,6% (sangat layak) dan nilai dari ahli media sebesar 87,5%, (sangat layak). Sehingga LKPD layak digunakan sebagai bahan ajar biologi materi inovasi bioteknologi.

Kata Kunci: Kulit kakao, Bioetanol, *Bacillus subtilis*, *Zymomonas mobilis*, LKPD.