

**PENYUSUNAN PETUNJUK PRAKTIKUM HASIL PENELITIAN
PENGARUH SUHU *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**

SKRIPSI



Oleh

Natika Rahayu

2000008049

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

**PENYUSUNAN PETUNJUK PRAKTIKUM HASIL PENELITIAN
PENGARUH SUHU *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**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas
Ahamad Dahlan untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh

Natika Rahayu

2000008049

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

SKRIPSI

PENYUSUNAN PETUNJUK PRAKTIKUM HASIL PENELITIAN PENGARUH SUHU *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

Dipersiapkan dan disusun oleh

Natika Rahayu

2000008049

telah disetujui oleh

Dosen Pembimbing Skripsi

Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Ahmad Dahlan

Dan dinyatakan telah memenuhi

Syarat untuk diujikan

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Trianik Widyaningrum, M.Si.

NIPM. 197001141997060110754443

SKRIPSI

PENYUSUNAN PETUNJUK PRAKTIKUM HASIL PENELITIAN PENGARUH SUHU *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
Natika Rahayu 2000008049
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 di bawah ini:

Nama : Natika Rahayu

NIM : 2000008049

Program Studi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas : Universitas Ahmad Dahlan

Menyatakan bahwa skripsi "Penyusunan Petunjuk Praktikum Hasil Penelitian Pengaruh Suhu *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" ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang ditulis oleh 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 ilmiah yang lazim. Apabila ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, hal tersebut sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 29 Agustus 2024

Penulis,

Natika Rahayu

Pernyataan Tidak Plagiat

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Natika Rahayu

NIM 2000008049

Email : natika2000008049@webmail.uad.ac.id

Program Studi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Judul Tugas Akhir : Penyusunan Petunjuk Praktikum Hasil Penelitian Pengaruh Suhu *Crude Enzim Bacillus subtilis* terhadap Kadar gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao sebagai Bahan Ajar Biologi Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian dan 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 oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

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

Yogyakarta, 10 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Natika Rahayu

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Natika Rahayu

NIM : 2000008049

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Program Studi : Pendidikan Biologi

Email : natika2000008049@webmail.uad.ac.id

Judul Tugas Akhir : Penyusunan Petunjuk Praktikum Hasil Penelitian Pengaruh Suhu *Crude Enzim Bacillus subtilis* terhadap Kadar gula dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Kakao sebagai Bahan Ajar Biologi Kelas XII Materi Inovasi Bioteknologi

Dengan ini saya menyerahkan sepenuhnya kepada Pusat Sumber Belajar 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 karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 10 Agustus 2024

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

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

Penulis

Natika Rahayu
NIM 2000008049

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا ۚ لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ ۗ
رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا ۚ رَبَّنَا وَلَا تَحْمِلْ عَلَيْنَا إِكْرَامًا كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا ۚ
رَبَّنَا وَلَا تُحْمِلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ ۗ وَاعْفُ عَنَّا وَارْحَمْنَا ۚ أَنْتَ مَوْلَانَا فَانصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ

Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya. Baginya ada sesuatu (pahala) dari Kebajikan) yang diusahakannya dan terhadapnya ada (pula) sesuatu (siksa) atas (kejahatan) yang diperbuatnya, (Mereka berdoa,) ”Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami salah. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebani kepada orang-orang sebelum kami. Wahai Tuhan Kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkan kami, ampunilah kami, rahmatilah kami. Engkau pelindung kami, Maka, tolonglah kami dalam menghadapi kaum kafir.”

(Q.S. Al-Baqarah 2:286)

”Be proud of how you are trying.”

“Fortis fortuna adiuvat”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah 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 bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga kesulitan yang dihadapi dapat diselesaikan sesuai harapan. Oleh karena itu, dalam sebuah karya yang sederhana ini penulis mengucapkan terima kasih 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, MPd., M.Ed., ph.D., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis untuk menyelesaikan tugas skripsi ini.
3. Nani Aprilia, M.Pd., 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 Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh Pendidikan ini sampai selesai.

7. Kedua orang tua yang selalu memberi dukungan dan doa selama proses pengerjaan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.
8. Teman-teman program studi Pendidikan Biologi angkatan 2020 kelas B yang telah memberikan kenangan luar biasa.
9. 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, 2 Agustus 2024

Penulis



Natika Rahayu
2000008049

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
PERNYATAAN TIDAK PLAGIASI	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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
1. Manfaat Teoritis	7
2. Manfaat Praktis	7
BAB II LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PIKIR PENELITIAN	9
A. Landasan Teori	9
1. Kajian keilmuan	9
a. Bioetanol	9
b. Kakao	10
c. <i>Bacillus subtilis</i>	12
d. Gula reduksi	15
e. Fermentasi	16
f. <i>Zymomonas mobilis</i>	17

2. Kajian Kependidikan.....	17
a. Bahan ajar.....	17
b. Petunjuk praktikum	18
c. Petunjuk praktikum dari hasil penelitian.....	19
d. Materi Inovasi Bioteknologi.....	20
B. Kajian Penelitian Relevan.....	22
C. Kerangka Pikir.....	25
D. Hipotesis Penelitian	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Jenis Penelitian dan Pendekatan Penelitian.....	29
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
C. Alat dan Bahan	30
D. Variabel Penelitian	31
1. Variabel bebas	31
2. Variabel terikat	31
3. Variabel kontrol.....	32
E. Definisi Operasional	32
1. Bioetanol	32
2. Kulit Kakao	32
3. <i>Bacillus subtilis</i>	33
4. <i>Crude Enzim</i>	33
5. Fermentasi	33
6. <i>Zymomonas mobilis</i>	34
7. Petunjuk praktikum	34
F. Cara kerja.....	34
1. Cara kerja penelitian true eksperimen	35
a. Sterilisasi Alat.....	35
b. Penumbuhan <i>Bacillus subtilis</i>	35
c. Penumbuhan <i>Zymomonas mobilis</i>	35
d. <i>Pretreatment</i> Sampel.....	36
e. Penyiapan Larutan Nutrisi.....	36
f. Pembuatan Larutan <i>Tween 80%</i>	37
g. Produksi <i>Crude Enzim</i>	37
h. Hidrolisis Kulit Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	37

i. Pembuatan Larutan DNS	38
j. Pengukuran Gula Reduksi	38
k. Perlakuan dengan <i>Zymomonas mobilis</i>	39
l. Destilasi	39
m. Pengukuran Kadar Bioetanol	39
2. Penyusunan bahan ajar sebagai bahan ajar	40
a. Desain penelitian	40
G. Teknik Pengumpulan Data	42
1. Teknik pengumpulan data penelitian eksperimen	42
2. Teknik pengumpulan data kependidikan	43
H. Rancangan Penelitian	43
I. Teknik Analisis Data	43
1. Analisis data eksperimen	43
2. Analisis potensi hasil penelitian sebagai bahan ajar	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Hasil Penelitian	47
1. Hasil Penelitian Eksperimen	47
a. Kadar gula reduksi kulit kakao sebelum dan sesudah <i>pretreatment</i>	47
b. Kadar gula reduksi kulit kakao setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i>	48
c. Kadar gula reduksi setelah perlakuan <i>Zymomonas mobilis</i> untuk fermentasi kulit kakao	51
d. Hasil Uji Kadar Bioetanol Kulit Kakao	54
2. Hasil Penelitian Pendidikan	56
a. <i>Analysis</i> (Tahap Analisis)	57
b. <i>Design</i> (Tahap Perancangan)	64
c. <i>Development</i> (Tahap Pengembangan)	66
B. Pembahasan	70
1. Hasil penelitian eksperimen	70
a. Hasil uji kadar gula reduksi kulit kakao	70
b. Hasil uji kadar gula reduksi kulit kakao setelah perlakuan suhu <i>crude</i> enzim selulase <i>Bacillus subtilis</i>	71
c. Hasil uji kadar gula reduksi kulit kakao setelah difermentasi menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	74
d. Hasil uji kadar bioetanol kulit kakao	75

2. Pembahasan penelitian pendidikan	76
a. <i>Analyze</i> (Tahap Analisis).....	77
b. <i>Design</i> (Tahap Perancangan)	85
c. <i>Development</i> (Tahap Pengembangan).....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
A. Kesimpulan.....	87
B. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Proksimat Limbah Tanaman Kakao	12
Tabel 2. Komposisi Kimia Kulit Kakao	12
Tabel 5. Interpretasi penilaian kualitas bahan ajar	46
Tabel 6. Pengukuran kadar pH kulit kakao	47
Tabel 7. Kadar gula reduksi kulit kakao.....	47
Tabel 8. Hasil pengukuran pH setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i> ..	48
Tabel 9. Hasil pengukuran kadar gula reduksi kulit kakao setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i>	49
Tabel 10. Hasil uji Duncan pengaruh suhu <i>crude</i> enzim selulase <i>B. subtilis</i> terhadap rata-rata kadar gula reduksi kulit kakao sebelum fermentasi	51
Tabel 11. Hasil pengukuran pH setelah fermentasi <i>Zymomonas mobilis</i>	51
Tabel 12. Kadar gula reduksi kulit kakao setelah fermentasi menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	51
Tabel 13. Hasil uji Duncan pengaruh suhu <i>crude</i> enzim selulase <i>B. subtilis</i> terhadap kadar gula reduksi kulit kakao setelah fermentasi	54
Tabel 14. Hasil uji kadar bioetanol setelah fermentasi kulit kakao dengan <i>Zymomonas mobilis</i>	54
Tabel 15. Hasil uji Duncan pengaruh suhu <i>crude</i> enzim <i>B. subtilis</i> terhadap kadar bioetanol.....	56
Tabel 16. Ketentuan hasil penelitian sebagai bahan ajar.....	57
Tabel 17. Hasil Identifikasi Proses Penelitian sebagai Bahan Ajar	59
Tabel 18. Hasil identifikasi produk hasil penelitian	62
Tabel 19. Seleksi dan modifikasi hasil penelitian sebagai bahan ajar.....	63
Tabel 20. Hasil penilaian ahli pendidikan biologi.....	67

Tabel 21. Hasil penilain ahli pendidikan biologi2.	68
Tabel 22.Saran ahli pendidikan biologidan tindak lanjut perbaikan bahan ajar petunjuk praktikum	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Buah kakao di pohon.....	11
Gambar 2. Limbah kulit kakao.....	11
Gambar 3. <i>Bacillus subtilis</i>	13
Gambar 4. Grafik hubungan suhu dengan aktivitas enzim selulase 30°C.....	14
Gambar 5. Grafik suhu optimal aktivitas <i>crude</i> enzim selulase 40°C.....	15
Gambar 6. Grafik suhu optimal aktivitas enzim selulase 50°C.....	15
Gambar 7. <i>Zymomonas mobilis</i>	17
Gambar 8. Kerangka pikir penelitian	27
Gambar 9. Diagram rata-rata kadar gula reduksi setelah perlakuan <i>crude</i> enzim <i>B. subtilis</i>	49
Gambar 10. Uji regresi pengaruh suhu <i>crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i> terhadap kadar gula reduksi kulit kakao.	50
Gambar 11. Diagram rata-rata kadar gula reduksi setelah fermentasi dengan <i>Zymomonas mobilis</i>	52
Gambar 12. Grafik Hasil Uji Regresi Pengaruh Fermentasi <i>Zymomonas mobilis</i> terhadap Kadar Gula Reduksi Kulit Kakao.....	53
Gambar 13. Diagram Hasil Uji Kadar Bioetanol Kulit Kakao Fermentasi <i>Zymomonas mobilis</i>	55
Gambar 14. Uji regresi Pengaruh Konsentrasi <i>Crude</i> enzim <i>Bacillus subtilis</i> terhadap rata-rata Kadar Bioetanol Kulit Kakao.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tata Letak (RAL) Rancangan Acak Lengkap	98
Lampiran 2 Hasil Pengukuran Kadar Glukosa Larutan Standar	98
Lampiran 3 Kurva Larutan Standar.....	98
Lampiran 4 Pengukuran pH Kontrol dan Setelah <i>Pretreatment</i>	99
Lampiran 5 Pengukuran Kadar Glukosa Kontrol dan Setelah <i>Pretreatment</i>	99
Lampiran 6 Perhitungan Kadar Gula Pereduksi Setelah Perlakuan <i>Crude</i> Enzim Selulase <i>Bacillus subtilis</i>	100
Lampiran 7 Analisis SPSS Gula Reduksi Perlakuan <i>Crude</i> Enzim Selulase <i>Bacillus subtilis</i>	101
Lampiran 8 Perhitungan Kadar Gula Reduksi Setelah Fermentasi Menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	105
Lampiran 9 Hasil Uji SPSS Gula Reduksi Setelah Fermentasi Menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i>	106
Lampiran 10 Perhitungan Kadar Bioetanol Kulit Kakao	110
Lampiran 11 Uji SPSS Kadar Bioetanol Kulit Kakao.....	111
Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian	116
Lampiran 13 Surat permohonan validasi instrumen	120
Lampiran 14 Surat kesanggupan validasi instrumen.....	121
Lampiran 15 Surat keterangan telah melaksanakan validasi instrumen oleh validator.....	122
Lampiran 16 Hasil validasi	123
Lampiran 17 Surat permohonan validasi produk	124
Lampiran 18 Surat kesanggupan validasi produk	125
Lampiran 19 Surat keterangan telah melaksanakan validasi produk oleh dosen ahli 1.....	126
Lampiran 20 Surat keterangan telah melaksanakan validasi produk oleh dosen ahli 2.....	127
Lampiran 21 Kisi-kisi serta rubrik penialain instrumen oleh ahli pendidikan biologi dan 2.....	128
Lampiran 22 Lembar penilaian petunjuk praktikum inovasi bioteknologi oleh ahli pendidikan biologi.....	142

Lampiran 23 Lembar penilaian petunjuk praktikum inovasi bioteknologi oleh ahli pendidikan biologi2.....	144
Lampiran 24 Perhitungan skor penilaian petunjuk praktikum	146
Lampiran 25 Penyuntingan petunjuk praktikum.....	147
Lampiran 26 Buku petunjuk praktikum	154

Rahayu, Natika. 2024. "Penyusunan Petunjuk Praktikum Hasil Penelitian pengaruh suhu *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". Skripsi. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan

ABSTRAK

Bahan bakar minyak menjadi kebutuhan masyarakat, yang jumlahnya semakin menipis. Bahan yang mengandung selulosa memiliki potensi yang tinggi untuk diolah menjadi bioetanol, salah satunya yaitu kulit kakao. Kegiatan praktikum di sekolah selama ini hanya menggunakan LKPD. Oleh karena itu perlu adanya petunjuk praktikum yang dikembangkan dari hasil penelitian. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu *crude* enzim selulase *Bacillus subtilis* terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi, mengetahui suhu optimum terhadap kadar gula dan bioetanol hasil fermentasi, serta mengetahui hasil penilaian ahli pendidikan biologi terhadap petunjuk praktikum.

Penelitian ini terdiri atas 2 tahap yaitu penelitian eksperimen lalu penelitian kependidikan. Penelitian eksperimen menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan variabel bebas suhu *crude* enzim selulase *Bacillus subtilis* 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, serta variabel terikatnya yaitu kadar gula hasil hasil hidrolisis menggunakan *crude* enzim dan kadar bioetanol hasil fermentasi dengan *Zymomonas mobilis*. Kadar gula diukur menggunakan metode DNS, sedangkan kadar bioetanol diukur dengan alkoholmeter. Data hasil penelitian eksperimen dianalisis menggunakan uji regresi, ANOVA, serta uji lanjut Duncan. Tahap selanjutnya yaitu penelitian pendidikan penyusunan petunjuk praktikum menggunakan model ADD (*Analysis, Design, Development*).

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa suhu *crude* enzim selulase berpengaruh terhadap kadar gula dan bioetanol kulit kakao. Suhu enzim yang paling optimal yaitu 50°C menghasilkan kadar gula 0,72 g/mL dan bioetanol 4,23%. Hasil penilaian ahli pendidikan biologi terhadap petunjuk praktikum yaitu 75% (kualitas baik) dan 92,85% (kualitas sangat baik).

Kata kunci: Kulit kakao, Bioetanol, *Bacillus subtilis*, *Zymomonas mobilis*, Petunjuk praktikum.