



Jurnal **PENDIPA**
ISSN 2086-9363

Jurnal Pendidikan Sains

Forum Komunikasi Ilmiah bagi Peneliti Bidang Sains dan Pendidikan Sains



Diterbitkan oleh:
Program Pascasarjana Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam,
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Bengkulu

Volume 1	Nomor 1	Oktober 2017
----------	---------	--------------



Jurnal **PENDIPA**

ISSN 2086-9363

PENERBIT : Program Pascasarjana Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam,
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu

KETUA REDAKSI : Dr. M. Lutfi Firdaus, M.T

DEWAN REDAKSI : Dr. Agus Sundaryono, M.Si
Dr. Aceng Ruyani, M.S
Dr. Bhakti Karyadi, M.Si
Dr. Afrizal Mayub, M.S
Dr. Sumpono, M.Si

MANAGER : Annisa Puji Astuti, M.Pd.Si

EDITOR : Deni Parlindungan, M.Pd.Si

ADMINISTRASI : Ria Kusuma Dewi, S.Kom

ALAMAT : Sekretariat Pascasarjana Pendidikan IPA
Gedung Lab.Pembelajaran FKIP, Lantai 2
Jl. W.R. Supratman, Bengkulu 38371. Telp: 0736-21186
Email: pascapendipa.fkip@unib.ac.id
<https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pendipa>

Redaksi menerima kiriman tulisan / artikel di bidang Fisika, Kimia, Biologi dan Pendidikan IPA. Jurnal PENDIPA terbit dua kali setahun, yaitu setiap bulan April dan Oktober. Tata cara penulisan artikel dapat diunduh di website PENDIPA.

©Pasca PENDIPA 2017

The publication is in copyright. Subject to statutory exception and to the provisions of relevant collective licensing agreements, no reproduction of any part may take place without the written permission of Pasca PENDIPA.

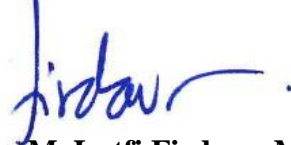
KATA PENGANTAR

Pengelola Program Pascasarjana (S2) Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP), Universitas Bengkulu (UNIB) dengan bangga mempersembahkan Penerbitan Jurnal PENDIPA (ISSN 2086-9363). Penerbitan Jurnal PENDIPA merupakan salah satu upaya penting untuk mewujudkan cita-cita Program S2 Pendidikan IPA menjadi lembaga pendidikan dan keguruan dalam bidang IPA berkelas internasional yang berwawasan “*Natural Conservation Education for a Better Life*” di tahun 2023. Semua artikel yang dimuat pada volume ini merupakan penulisan ulang tesis alumni yang melaporkan secara utuh dan berhubungan antara hasil riset sains (*science research*) dan riset pembelajaran (*learning research*), serta terkait dengan tiga kata kunci yaitu *green teacher*, *teaching green*, dan *green school*. Kami menyimpan cukup banyak tesis alumni yang dapat ditulis ulang menjadi artikel / publikasi, sehingga kami optimis mengenai sumber paper bagi penerbitan Jurnal PENDIPA di masa yang akan datang. Selanjutnya besar harapan Jurnal PENDIPA akan tampil menjadi tempat publikasi unggulan untuk hasil riset pendidikan IPA.

Kehadiran Jurnal PENDIPA tidak bisa lepas dari rintisan awal yang telah dilakukan oleh Dr. Kancono almarhum. Kami menghaturkan banyak terimakasih kepada almarhum, dan semoga menjadi salah satu amal sholeh beliau di alam barzah. Rasa terimakasih juga disampaikan kepada Annisa Puji Astuti, M.Pd,Si sebagai manager dan Deni Parlindungan, M.Pd,Si sebagai editor yang telah bekerja keras sehingga penerbitan jurnal ini terselenggara dengan baik. Partisipasi aktif dan kerjasama yang baik dari anggota dewan redaksi, mitra bestasi, dan staf administrasi akan menentukan keberhasilan Jurnal PENDIPA di masa yang akan datang. Semoga!

Bengkulu, Oktober 2017

Ketua Dewan Redaksi



Dr. M. Lutfi Firdaus, M.T

DAFTAR ISI

Cover	i
Susunan Dewan Redaksi	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
STUDI KOMPONEN KIMIA PELEPAH SAWIT VARIETAS TENERA DAN PENGEMBANGANNYA SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN KIMIA Arpinaini, Sumpono, Ridwan Yahya	1
PENJERAPAN ZAT WARNA SINTETIS MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KELAPA SAWIT DAN PENGEMBANGANNYA SEBAGAI BAHAN AJAR Efa Susanti, M.Lutfi Firdaus, Sumpono	12
PRODUKSI BIOFUEL DARI LIMBAH CPO DENGAN KATALIS BERBASIS TITANIUM OKSIDA DAN IMPLEMENTASINYA PADA PEMBELAJARAN KIMIA Nurlia Latipah, Agus Sundaryono, Rina Elvia	19
PENGUNAAN DATA MIKROTREMOR DAN Vs30 UNTUK MENGETAHUI HUBUNGAN KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN FISIKA Riska Marwanti,M.L. Firdaus, M. Farid.....	25
PENENTUAN NILAI EMISIVITAS WARNA MENGGUNAKAN PENERANGAN PADA MINIATUR RUANG BERBENTUK KUBUS DAN PROSES PEMBELAJARAN FISIKA KELAS X SMK NEGERI 2 BENGKULU TENGAH Cariti Dassa Urra, A. Mayub, M. Farid	32
PEMBELAJARAN FISIKA KONSEP KALOR DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA PIROLISIS SAMPAH PLASTIK UNTUK MENINGKATKAN KETRAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA DI SMAN 3 BENGKULU TENGAH Umi Kalsum, Agus Sundaryono,Muhammad Farid	41
RESPONS MAHASISWA TERHADAP BUKU PANDUAN DAN KEGIATAN PELATIHAN “TEKNIK MONITORING KURA-KURA <i>Cyclemys oldhamii</i> ” Annisa Puji Astuti, Aceng Ruyani, Wiryono.....	49
STUDI KOMUNITAS NEKTON DI KAWASAN KONSERVASI KURA-KURA UNIVERSITAS BENGKULU DAN PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN BERBASIS LINGKUNGAN Desi Enersy, Bhakti Karyadi, Endang Widi Winarni	55
STUDI KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS DI WILAYAH KONSERVASI KURA- KURA UNIVERSITAS BENGKULU SEBAGAI SUMBER BELAJAR IPA Winda Zulistia, Bhakti Karyadi, Agus Susanta	62

STUDI KOMPONEN KIMIA PELEPAH SAWIT VARIETAS TENERA DAN PENGEMBANGANNYA SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN KIMIA

(Study of Chemical Components of Pelepah Sawit the Variety of Tenera and the Development as a Chemical Learning Module)

Arpinaini^{1*}, Sumpono², Ridwan Yahya²

¹Mahasiswa Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, 38371

²Dosen Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, 38371

*Email : arpinaini80@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to (1) determine the levels of the components of the Tenera variety of palm oil compounds including extractives, holocellulose, α - cellulose, and lignin. (2) Analyze the utilization of the pulp of Tenera varieties as pulp raw materials based on their chemical components; (3) application of chemistry learning module to improving student learning outcomes. Determination of extractive substance content with TAPPI test methods Q: 204; lignin content T: 222; holocellulose Q: 9 levels and α -cellulose content with TAPPI test methods T: 204. then lignin, holocellulose and α -cellulose produced from the procedure were characterized by an IR spectrophotometer. The results of the study were module and implemented in ICHO students in SMAN 2 Kota Bengkulu. The data of the research results were analyzed by ANOVA test at 5% level. The results of the characterization of lignin, holocellulose and α -cellulose with FTIR obtained a distinctive peak of the respective functional groups of the macromolecules. From the research also obtained the average value of chemical component content on the palm velvet varieties of tenera according to their part of base, middle, ends with mean for extractive substance 8.49%, 7,87%, 6,74%, lignin 20,7 %, 18.95%, 16.69%. holocellulose 81.57%, 80.33%, 79.24% and α - cellulose 44.57%, 43.56%, 43.26%. Based on the results of the variance analysis, the difference in position (base, center, tip) on the palm oil of the tenera varieties on extractive, lignin, holocellulose and α -cellulose substances has significant differences. Based on the chemical component classification of Indonesian wide wood leaf, sheep betera varieties of tenera in all three positions are used as pulp raw materials because they have moderate lignin content, high levels of Holocellulose and moderate levels of α -cellulose. The result of module implementation in students there is a significant difference between pretest and posttest value. The use of modules in learning in science groups can improve student learning outcomes.

Keywords: Density, Chemical component, Varietal Varietal of Tenera, module

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan kadar komponen kimia pelepah sawit varietas Tenera yang meliputi zat ekstraktif, holoselulosa, α – selulosa, dan lignin (2)Menganalisis pemanfaatan pelepah sawit varietas Tenera sebagai bahan baku pulp berdasarkan komponen kimianya, (3) Mengetahui pengaruh penerapan modul pembelajaran kimia terhadap peningkatan hasil belajar siswa.Penentuan kadar zat ekstraktif dengan TAPPI test methods T:204; kadar lignin T:222 ; kadar holoselulosa T:9 dan kadar α -selulosa dengan TAPPI tes methods T:204. kemudian lignin, holoselulosa dan α -selulosa yang dihasilkan dari prosedur tersebut dikarakterisasi dengan Spektrofotometer IR. Hasil penelitian dibuat modul dan diimplementasikan pada siswa ICHO di SMAN 2 Kota Bengkulu. Data hasil penelitian di analisis dengan uji ANOVA pada taraf 5%. Hasil penelitian dari karakterisasi lignin, holoselulosa dan α -selulosa dengan FTIR diperoleh puncak yang khas dari gugus

fungsi penyusun masing-masing makromolekul tersebut. Dari penelitian juga diperoleh nilai rerata kadar komponen kimia pada pelepah sawit varietas tenera menurut bagiannya dari pangkal, tengah, ujung berturut-turut dengan rerata untuk kadar zat ekstraktif 8,49%, 7,87%, 6,74%, lignin 20,7%, 18,95%, 16,69%. holoselulosa 81,57%, 80,33 %, 79,24% dan α -selulosa 44,57 %, 43,56%, 43,26%. Berdasarkan hasil analisis variannya, perbedaan posisi (pangkal, tengah, ujung) pada pelepah sawit varietas tenera pada zat ekstraktif, lignin, holoselulosa dan α - selulosa memiliki perbedaan yang nyata. Berdasarkan klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar Indonesia, pelepah sawit varietas tenera pada ketiga posisinya baik dijadikan sebagai bahan baku pulp karena memiliki kadar lignin yang sedang, kadar Holoselulosa yang tinggi dan kadar α - selulosa yang sedang. Hasil implementasi modul pada siswa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Penggunaan modul dalam pembelajaran pada kelompok sains dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata kunci: Kerapatan, komponen Kimia, Pelepah sawit Varietas Tenera, modul

PENDAHULUAN

Perkembangan industri pulp dan kertas sekarang mengalami kemajuan yang sangat pesat khususnya di Indonesia. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan pulp dan kertas. Kurun waktu tahun 2004 – 2008, kapasitas produksi pulp nasional mengalami peningkatan rata-rata 0,6% per tahun, yaitu 2,5 juta ton per tahun menjadi 6,4 juta ton per tahun. Sedangkan, konsumsi kertas dunia naik 2,5 – 3% per tahun (Cahya, 2011).

Kekurangan bahan baku pulp dan kertas dari bahan kayu memaksa pihak industri harus mencari alternatif bahan baku yang lain, misalnya bahan baku bukan kayu dan limbah. Penggunaan limbah sebagai bahan baku pulp dan kertas akan memberikan dampak yang positif yaitu memberikan penghasilan tambahan bagi penghasil limbah serta dapat mengurangi dampak pencemaran dari limbah tersebut. Syarat limbah yang dapat dijadikan bahan baku pulp dan kertas yaitu mengandung lignoselulosa.

Di Provinsi Bengkulu jenis sawit yang banyak ditanam para petani maupun perusahaan perkebunan adalah jenis sawit dari varietas Tenera. Hal ini karena varietas tersebut dapat tumbuh dengan baik di daerah dataran rendah seperti di Kabupaten Bengkulu Tengah, Bengkulu Utara, Muko-Muko, Seluma dan Bengkulu Selatan. Selain itu varietas ini memiliki kelebihan daging buah yang tebal dan kulit cangkang yang tipis. Hasil dari perkebunan sawit tersebut baru

dimanfaatkan daging buahnya untuk pembuatan *Crude Palm Oil* (CPO) dan cangkangnya sebagai sumber energi. Sangat terbuka peluang untuk memanfaatkan limbah pelepahnya.

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan dari tanaman kelapa sawit mulai dari pra panen hingga proses pemanenan. Limbah pelepah kelapa sawit dihasilkan dari proses *pruning* kelapa sawit di mana untuk satu pohon kelapa sawit dapat dihasilkan 22 – 26 pelepah setiap tahunnya (Ambarita dkk. 2015), Zulfansyah dkk (2011) menambahkan bahwa 1 ha kebun sawit diperkirakan menghasilkan $\pm 10,5$ ton pelepah pertahun. Limbah pelepah kelapa sawit hasil *pruning* biasanya dibuang begitu saja atau dibiarkan membusuk di bawah pohon kelapa sawit (Ambarita, dkk. 2015). Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit mulai dikembangkan misalnya sebagai pakan ternak dan pupuk kompos, namun ditinjau dari komposisi kimianya limbah pelepah kelapa sawit mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah lebih lanjut menjadi produk yang bermanfaat dan lebih bernilai ekonomis, salah satunya dengan memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku industri pulp

Analisa kimia yang dilakukan Wardani (2015) menunjukkan bahwa pelepah sawit mengandung komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lebih lanjut dalam penelitian tersebut Wardani melaporkan bahwa Kandungan lignin pelepah sawit

bagian pangkal lebih tinggi dan menurun pada bagian tengah dan ujung. Namun sayangnya di dalam penelitian tersebut tidak disebutkan secara jelas varietas yang diteliti. Yahya (2013) melaporkan bahwa ditemukan perbedaan komponen antara tandan kosong kelapa sawit varietas dura dan tenera dimana kadar holoselulosa varietas tenera secara signifikan lebih tinggi daripada varietas dura. Berdasarkan hal ini dan fenomena bahwa tenera mendominasi varietas kelapa sawit yang ditanam di Provinsi Bengkulu sebagaimana uraian diatas, maka dianggap perlu untuk meneliti komponen kimia pelepah sawit varietas tenera bagian pangkal, tengah dan ujungnya.

Selama ini, penyampaian materi ajar tentang makromolekul yang merupakan materi lanjut pada kelompok sains kimia yaitu *International Olympiad Chemistry organization* (ICHO) di SMAN 2 Kota Bengkulu hanya disampaikan secara umum tanpa menggunakan media ajar karena keterbatasan sarana dan prasarana, media pembelajaran karena pelaksanaan pembelajarannya dilakukan pada sore hari. Guru hanya mengajarkan dengan metode ceramah, sehingga perlu adanya perbaikan dalam kegiatan pembelajaran dengan menggunakan bantuan media, sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep, hasil belajar, dan keaktifan peserta didik.

Dalam penelitian pembelajaran ini menggunakan sumber belajar berupa modul. Setiap modul harus memberikan informasi dan petunjuk pelaksanaan yang jelas, Sehingga diharapkan dengan sumber belajar modul ini dapat mengarahkan pembelajaran menjadi lebih mudah, tepat dan mandiri. Modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, didalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan didesain untuk membantu peserta didik menguasai tujuan belajar yang spesifik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah parang, pisau, alat pasa, *grinder*,

gelas beaker, timbangan analitik, gelas erlenmeyer, termometer, gelas filter P.100(IG3), gelas filter P16(IG4), lemari asam, soklet, oven, saringan 40 mesh, lemari asam, volumetrik flash 10 mL, pengaduk kaca, stirer, botol semprot, water bath, autoclave, botol kecil berpenutup, desikator, penjepit, vacum, batu pemanas dan thermolyne. kertas perkamen, kertas saring tipe 42, kertas tissue dan kertas label dan seperangkat alat FTIR. Sedangkan Bahan yang digunakan dalam penelitian eksperimen laboratorium adalah pelepah sawit varietas tenera, zat-zat kimia berupa natrium klorit (NaClO_2) 90,49%, asam asetat (CH_3COOH) 99,7% dan 5%, aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) 99,5%, Natrium Hidroksida (NaOH) 17,5%, etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 99,8%, petroleum benzene dan Kalium Bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian sampling, dengan teknik penentuan pohon kelapa sawit yang akan disampling yaitu terlebih dahulu dipilih pohon secara purposive dengan kriteria sehat, seumur, dan memiliki buah yang siap panen. Tiga pohon yang terpilih secara acak, kemudian diambil pelepahnya yang dijatuhkan oleh pendodos pada saat panen buah dilaksanakan.

Bagian pelepah yang diamati adalah bagian pangkal, tengah dan ujung. Dalam penelitian ini pohon sawit dianggap sebagai ulangan dengan jumlah masing-masing 3 pohon. Data hasil penelitian ini dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) yang mengikuti model rancangan acak lengkap (RAL) uji F dan taraf 5%.

Prosedur Kerja

Penelitian penentuan komponen kimia pelepah sawit varietas tenera dilakukan di Laboratorium Kehutanan Divisi Teknologi Hasil Hutan Universitas Bengkulu dan karakterisasi seyawa lignin dan α -selulosa dengan FTIR dilakukan di laboratorium kimia Institut Teknologi Bandung sedangkan penerapan pembelajaran dengan modul dilaksanakan di SMAN 2 Kota Bengkulu. Adapun secara garis besar prosedur kerja

kegiatan analisis komponen kimia pelepah sawit varietas tenera adalah sebagai berikut:

1. Sampel Pelepah sawit varietas tenera yang diambil pada kebun milik warga di Desa Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah. Kelapa sawit yang dijadikan Sampel berumur 7 - 8 tahun dengan berdiameter dan tinggi yang sama. Pelepah sawit yang dijadikan bahan penelitian adalah pelepah bagian pangkal, tengah dan ujung yang sudah dipisahkan dari daunnya.
2. Sampel pelepah sawit yang akan dianalisis komponen kimia dilaksanakan mengacu pada Tappi Test sampel pelepah sawit dipotong sebesar lidi korek api yang berukuran ± 10 mm dikeringkan kemudian digerinda menjadi serbuk berukuran 40 mesh. Pengujian komponen kimia untuk kadar ekstraktif larut dalam etanol toluene mengacu Tappi Test Methode T:204), Kadar Lignin mengacu pada Tappi Test Methods : T222, Kadar Holoselulosa mengacu pada Tappi Test Methods : T 9 dan kadar α – Selulosa mengacu pada Tappi Test Methods : T 203
3. Dalam Penelitian penerapan modul dalam pembelajaran menggunakan teknik tes dan non tes. Tes hasil belajar kimia yang dilakukan sebanyak dua kali yaitu pretest yang diberikan pada awal pembelajaran dan sesudah materi diajarkan (post test) menggunakan bahan ajar modul pembelajaran kimia sedangkan penilaian non tes menggunakan angket penilaian sikap dan angket respon siswa terhadap modul. Sebelum digunakan sebagai alat pengumpul data, tes telah diuji reliabilitas, taraf kesukaran dan daya beda.

Analisa Data

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabulasi rerata, grafik dan deskripsi. Untuk mengetahui pengaruh bagian pelepah sawit varietas Tenera terhadap nilai kerapatan dan komponen kimia, maka data dianalisis dengan menggunakan analisis varian (Anova) yang mengikuti model Rancangan Acak Lengkap

(RAL) uji F pada taraf 5%. Jika nilai significance $\leq 0,05$ maka dikatakan ada pengaruh bagian pelepah (sebagai perlakuan) terhadap parameter komponen kimia yang diukur sesuai dengan pendapat Hanafiah (2003) Apabila hasil analisis uji F menunjukkan ada pengaruh maka dilakukan Uji Beda Nyata (BNT) taraf 1% .

Sedangkan untuk penerapan modul dalam pembelajaran kimia dilakukan teknik analisis data menggunakan teknik analisis statistik (teknik analisis kuantitatif). Bila data berdistribusi normal maka digunakan uji statistic parametrik. Bila data tidak berdistribusi normal maka digunakan uji statistik non parametrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran komponen kimia pada pelepah sawit varietas tenera meliputi kadar zat ekstraktif yang larut dalam etanol-benzena, lignin, holoselulosa dan α -selulosa.

Kadar Zat Ekstraktif

Rerata zat ekstraktif pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung disajikan pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai rerata kadar zat ekstraktif pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut – turut adalah 8,49%, 7,87% dan 6,74%

Tabel 2. Nilai kadar zat ekstraktif rerata dari pelepah sawit varietas Tenera menurut bagiannya(%)

Bagian Pelepah	Kadar zat ekstraktif (%)
Pangkal	8.49 ^a
Tengah	7.87 ^b
Ujung	6.74 ^c
Rerata	7.71

Uji Anova mengindikasikan bahwa ditemukan pengaruh bagian pelepah terhadap kadar zat ekstraktif. Hasil uji lanjut dengan BNT pada Tabel 1, menunjukkan bahwa bagian pangkal dari pelepah sawit memiliki

kadar zat ekstraktif yang signifikan lebih besar dari kadar zat ekstraktif bagian tengah dan ujung. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa rerata kadar zat ekstraktif bagian pangkal pelepah lebih besar daripada bagian tengah dan ujungnya begitu juga secara statistik kadar zat ekstraktif bagian pangkal lebih besar daripada bagian lainnya

Perbedaan kadar zat ekstraktif pada bagian pelepah sawit diduga semakin menuju ke pangkal, zat ekstraktif berupa lemak, lilin, resin, minyak dan tanin telah banyak dibentuk. Pada bagian pangkal diduga telah didominasi oleh sel-sel yang telah mengalami fase perubahan yang sempurna. Fase itu dimulai dari terbentuknya sel dengan satu dinding yang tipis (dinding primer). Setelah itu dinding mengalami penebalan dengan penambahan holoselulosa dan lignin yang disebut dengan penebalan sekunder. Tahapan selanjutnya adalah pengendapan zat ekstraktif yang umumnya terjadi pada bagian dalam rongga sel.

Pada kayu, sel-sel yang telah mengalami fase perubahan yang sempurna tersebut berada lebih banyak ditemukan pada bagian kayu teras dibandingkan pada kayu gubal. Haygreen dan Bowyer (1996) menegaskan bahwa kayu teras mempunyai konsentrasi zat ekstraktif yang tinggi daripada kayu gubal

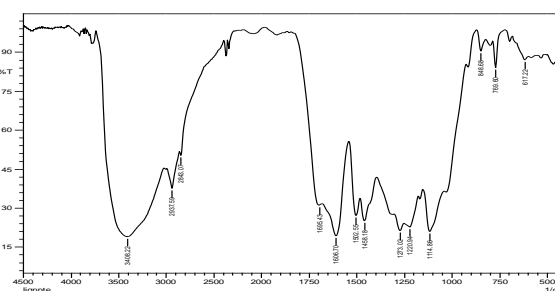
Nilai rerata kadar zat ekstraktif yang terdapat pelepah sawit varietas tenera secara umum adalah 7,71 %. Jika nilai tersebut dibandingkan dengan klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar Indonesia maka pelepah sawit varietas Tenera tergolong biomaterial yang berkadar ekstraktif tinggi, karena kadar zat ekstraktif > 4 %

Casey (1960) dalam Pari dan Saepulloh (2000) menyatakan bahwa besarnya kandungan ekstraktif pada biomaterial dapat mempengaruhi bahan kimia dalam pembuatan pulp dan kertas karena dapat bereaksi dengan alkali yang digunakan sebagai konsumsi alkalinya menjadi tinggi

Kadar Lignin dan Hasil karakterisasi FTIR Lignin Pelepah Sawit Varietas Tenera

Lignin merupakan polimer rantai panjang bercabang yang terdapat bersama sama dengan selulosa di dalam dinding sel kayu. Lignin berfungsi sebagai penyusun sel kayu. Lignin merupakan bagian terbesar dari selulosa dan merupakan senyawa aromatik.. Lignin akan mengikat serat selulosa yang kecil menjadi serat-serat panjang. Lignin tidak larut dalam larutan asam tetapi mudah larut dalam alkali encer dan mudah diserang oleh zat-zat oksida lainnya.

Lignin yang diperoleh dari hasil penelitian dikarakterisasi dengan spektrofotometer Inframerah (FTIR). Karakterisasi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional khususnya lignin yang terdapat dalam serbuk pelepah sawit varietas Tenera .Spektrofotometri inframerah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah pada bilangan gelombang 12.800 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Karakterisasi dengan spektroskopi IR yaitu suatu bahan diradiasi dengan cahaya infra merah, maka molekul pada bahan menjadi bergetar yang menimbulkan pita penyerapan pada ikatan-ikatan molekul gugus fungsi C-O, O-H, C-H dan N-H



Gambar 1. Spektrum FT-IR dari Lignin Pelepah Sawit Varietas Tenera

Analisis IR pada Gambar 1 menyatakan bahwa pada spektrum $3408,22\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur O-H , dan menunjukkan vibrasi ulur C-H alifatik pada daerah $2937,59\text{ cm}^{-1}$ dan $2843,07\text{ cm}^{-1}$. Daerah $1695,43\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan C=O nonkonjugasi, selanjutnya didukung puncak pada $1606,70\text{ cm}^{-1}$ dan $1502,55\text{ cm}^{-1}$

mengindikasikan adanya vibrasi cincin aromatik dan deformasi C-H dikombinasikan dengan puncak pada $1458,18\text{ cm}^{-1}$ sangat umum untuk lignin meskipun intensitasnya berbeda-beda. Spektra daerah dibawah 1400 cm^{-1} sulit untuk dianalisis, karena terdapat spektrum yang kompleks dengan distribusi vibrasi yang bervariasi. Namun daerah ini mengandung vibrasi yang sangat spesifik untuk unit-unit monolignol dan karakteristik untuk lignin (Boeriu et al, 2004). Sampel lignin menunjukkan karakteristik unit guaiasil dengan vibrasi CO ($1220,94\text{ cm}^{-1}$, cincin guaiasil dan $1114,96\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya deformasi inplane C-H). Pada $848,68\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya *out of-plane* (OOP) aromatik yang merupakan ciri khas aromatik terkonjugasi.

Rerata kadar lignin pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Nilai kadar lignin rerata dari pelepah sawit varietas Tenera menurut bagiannya(%)

Bagian Pelepah	Kadar Lignin Rerata (%)
Pangkal	20.7 ^a
Tengah	18.95 ^{ab}
Ujung	16.69 ^c
Rerata	18.78

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rerata kadar lignin pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut – turut adalah 20,7%; 18,95% dan 16,69%. Kadar lignin pelepah sawit ini tidak berbeda jauh dengan kadar lignin kayu Mangium yang dilaporkan oleh Fetriana (2005) mengatakan bahwa rerata kadar lignin pada berbagai cabang kayu Mangium (*Acacia mangium* wild) adalah 19,30 – 23,72 %.

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa bagian pangkal dari pelepah sawit memiliki kadar lignin yang signifikan lebih besar dari bagian tengah dan ujungnya. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa rerata kadar lignin

bagian pangkal pelepah lebih besar daripada bagian tengahnya namun secara statistik tidak berbeda nyata

Struktur penyusun bagian pelepah tersebut diduga menjadi penyebab adanya perbedaan antar bagian itu. Pada bagian pangkal didominasi oleh sel-sel yang telah mengalami penebalan sekunder sehingga dinding selnya cenderung lebih tebal seperti yang kemukakan oleh Tsoumis(1991) bahwa di dalam kayu, sebagai jenis biomaterial lain, lignin banyak terdapat dalam dinding primer dan lamella tengah. Akiyama, et.al (2005) kadar lignin tertinggi dijumpai dalam lamela tengah dan sedikit pada dinding sekunder,namun demikian kadar lignin yang terdapat dalam kayu bervariasi menurut jenis kayu, lokasi tempat tumbuh, bahkan dalam satu pohon yang sama

Apabila diklasifikasikan berdasarkan komponen kimia kayu daun lebar Indonesia sebagai bahan baku industri pulp maka kadar lignin pada masing-masing bagian pelepah sawit varietas tenera masuk dalam kategori sedang karena berada diantara 18%-33%.

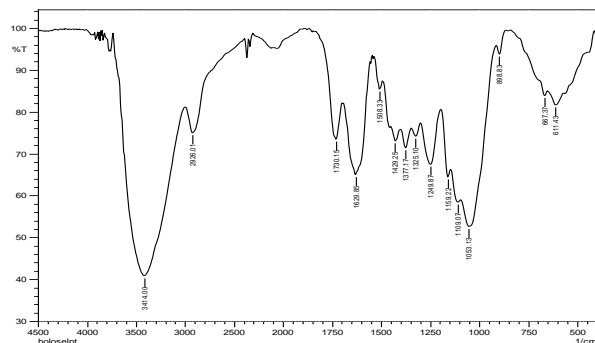
Dalam industri pulp dan kertas, lignin adalah komponen kayu yang harus dihilangkan agar sel-sel kayu dapat terurai, maka dari itu kayu atau biomaterial berlignoselulosa yang mempunyai kadar lignin yang tinggi kurang baik untuk industri pulp dan kertas (Sutopo, 2005). Menurut Siagian dkk. (1999), bahwa dalam proses pembuatan pulp kimia, lignin harus dihilangkan, karena material dengan lignin tinggi akan membutuhkan bahan kimia yang lebih banyak.

Kadar Holoselulosa dan Hasil Karakterisasi FTIR Holoselulosa Pelepah Sawit Varietas Tenera

Kadar holoselulosa dalam kayu menyatakan jumlah dari senyawa karbohidrat atau polisakarida (jumlah selulosa dan hemiselulosa). Untuk mengetahui kadar holoselulosa digunakan natrium klorit yang berperan dalam reaksi delignifikasi. Selama reaksi delignifikasi bagian lignin kayu menjadi terlarut dengan reaksi substitusi yang mengubah, merusak dan mengoksidasi lignin.

Persentase kecil sisa lignin mungkin masih tetap tertinggal dalam holoselulosa.

Hasil karakterisasi dengan FTIR pada sampel holoselulosa pelepah sawit varietas tenera di ditampilkan pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Spektrum FT-IR dari Holoselulosa Pelepah Sawit Varietas Tenera

Berdasarkan Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang 3414 cm^{-1} dan $2926,01\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan gugus fungsi O-H dan C-H. Pada $1730,15\text{ cm}^{-1}$ dan $1377,17\text{ cm}^{-1}$ diduga serapan C-H dari hemiselulosa. Hemiselulosa memiliki gugus fungsi yang hampir sama dengan selulosa, dan dibedakan dengan serapan IR asam uronat (1593 cm^{-1}) dan xilan (1150 cm^{-1}) pada hemiselulosa (Fang *et al.* 2000). Pada 1730.15 cm^{-1} juga merupakan serapan gugus karbonil (C=O). Gugus -O- yang merangkai -CH₂- pada selulosa yang merupakan polimer glukosa terlihat pada bilangan gelombang $1300-1400\text{ cm}^{-1}$ yaitu pada $1377,17\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada $1629,85\text{ cm}^{-1}$ dan $1508,33\text{ cm}^{-1}$ diduga merupakan serapan C=C aromatis atau serapan IR dari asam uronat. Untuk serapan C-O ulur ditunjukkan pada bilangan gelombang $1249,87\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang $1159,22\text{ cm}^{-1}$ diduga serapan Xilan dari hemiselulosa dan serapan C-C cincin piranosa pada bilangan gelombang $1109,07\text{ cm}^{-1}$ dan $1053,13\text{ cm}^{-1}$ serta ikatan glikosida antar glukosa ditunjukkan pada bilangan gelombang $898,83\text{ cm}^{-1}$.

Kadar holoselulosa rerata dari pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung disajikan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai

rerata kadar holoselulosa pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut – turut adalah 81,57%; 80,33% dan 79,24%.

Tabel 3 Nilai kadar holoselulosa rerata dari pelepah sawit varietas Tenera menurut bagiannya(%)

Bagian Pelepah	Kadar Holoselulosa Rerata (%)
Pangkal	81.57 ^a
Tengah	80.33 ^b
Ujung	79.24 ^c
Rerata	80.38

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa bagian pangkal dari pelepah sawit memiliki kadar holoselulosa yang signifikan lebih besar dari kadar holoselulosa bagian tengah dan ujung.

Perbedaan kadar holoselulosa pada pelepah sawit varietas tenera diduga karena bagian pangkal mempunyai dinding sekunder yang lebih tebal dibandingkan bagian tengah dan ujung. Holoselulosa banyak terdapat pada dinding sel seperti yang dikemukakan oleh Fengel dan Wegener (1995) bahwa di dalam kayu senyawa polisakarida banyak terdapat pada bagian dinding sel sekunder yang berfungsi untuk memperkuat struktur yang di dalamnya mengandung senyawa glukomanan, arabinosa, galaktosa, glukoronoxylan, glukosa, asam uronat, dan xylosa.

Dari hasil penelitian ini diduga bahwa kadar holoselulosa pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung layak untuk dijadikan bahan baku pulp karena kadar holoselulosanya diatas 65%. Dugaan tersebut didasarkan pada pernyataan FAO dalam Pari dan Saepuloh (2000) bahwa kayu dengan kadar holoselulosa yang lebih dari 65 % akan dapat dijadikan sebagai bahan baku pulp dan kertas

Pada pembuatan pulp dan kertas diperlukan kadar holoselulosa yang tinggi karena memberikan kekuatan yang baik terhadap kertas yang dihasilkan (Siagian dkk.,2003). Razal (1999) dalam Yahya dan Meshitsuka (2004) menambahkan bahwa

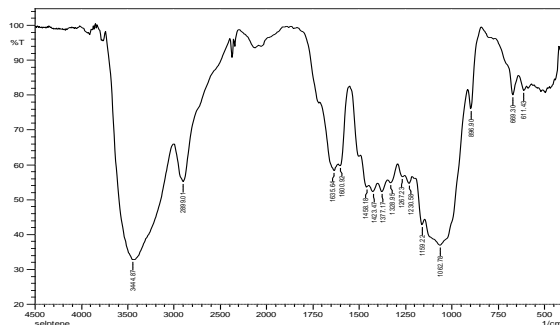
kandungan holoselulosa yang tinggi sangat diperlukan oleh industri pulp karena berhubungan dengan tingginya rendemen pulp yang dihasilkan. Kayu dengan kadar holoselulosa yang tinggi akan dapat digiling.

Kadar α -selulosa dan Hasil Karakterisasi FTIR α -selulosa Pelepah Sawit Varietas Tenera

α -selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan derajat polimerisasi 600-1500. Tarmansya (2007) menyatakan bahwa α -selulosa digunakan untuk menduga atau menentukan tingkat kemurnian selulosa dan merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi.

Spektroskopi FTIR menjadi metode yang sederhana dan cepat untuk menentukan jenis senyawa berdasarkan vibrasi khasnya (Silverstein *et al.* 2005). Serapan pada bilangan gelombang 3340 cm^{-1} (ulur O-H), 2899 cm^{-1} (ulur C-H), 1639 (tekuk O-H), 1427 cm^{-1} (tekuk C-H), 1100 – 1000 cm^{-1} (ulur C-O-C dan C-O), dan 896 cm^{-1} (ikatan β -glikosida) yang khas untuk selulosa (Abidi *et al.* 2013)

Hasil karakterisasi dengan FTIR pada sampel α -selulosa pelepah sawit varietas tenera di tampilkan pada Gambar 3 dibawah ini



Gambar 3. Spektrum FT-IR α -selulosa dari Pelepah Sawit Varietas Tenera

Berdasarkan Gambar 3 diatas menunjukan bahwa pada bilangan gelombang 3444,87 cm^{-1} dan 2889,01 cm^{-1} merupakan serapan gugus O-H dan C-H, pada bilangan gelombang 1635.64 cm^{-1} dan 1600,92 cm^{-1} merupakan serapan dari C=C aromatis, sedangkan pada bilangan gelombang

1267,23 cm^{-1} dan 1230,58 cm^{-1} menunjukkan serapan C-O. Cincin C=C piranosa ditunjukkan pada bilangan gelombang 1159,22 cm^{-1} dan 1062,78 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 896,90 menunjukkan ikatan glikosida antar glukosa.

Kadar α -selulosa rerata dari pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung disajikan pada Tabel 4, Rerata kadar α -selulosa pelepah sawit varietas tenera pada bagian pangkal, tengah dan ujung berturut – turut adalah 44,7%; 43,56% dan 43,26% .

Tabel 4. Nilai kadar α -selulosa rerata dari pelepah sawit varietas Tenera menurut bagiannya(%)

Bagian Pelepah	Kadar α -selulosa Rerata (%)
Pangkal	44.7 ^a
Tengah	43.56 ^b
Ujung	43.26 ^{bc}
Rerata	43.84

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa bagian pangkal dari pelepah sawit memiliki kadar α -selulosa yang signifikan lebih besar dari kadar α -selulosa bagian tengah dan ujung

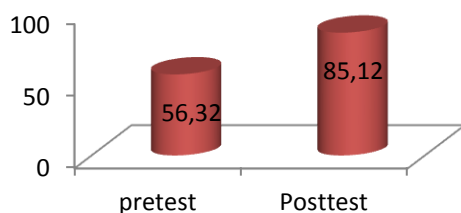
Perbedaan kadar α -selulosa pada pelepah sawit ini diduga terkait dengan variasi komposisi dinding sel kayu dalam tiap pohon dikarenakan selulosa merupakan pembentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Menurut Syafii dan Siregar (2006), kandungan α -selulosa dalam kayu dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya rendemen pulp yang dihasilkan dalam proses pulping, dimana semakin besar kadar α -selulosa dalam kayu maka semakin besar pula rendemen pulp yang dihasilkan

Apabila dibandingkan dengan klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel4) bahwa ketiga bagian dari pelepah sawit varietas tenera tersebut memiliki kadar α -selulosa yang sedang yaitu 40 – 45%.

Kandungan α -selulosa pelepah sawit tersebut cukup tinggi dan memenuhi persyaratan untuk bahan baku pulp dan kertas. Kandungan selulosa yang tinggi akan menghasilkan rendemen pulp yang tinggi juga.

Penerapan Modul dalam Pembelajaran Kimia

Dua kali test yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *pretest* dan *post test*. Tes ini diberikan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemberian modul terhadap hasil belajar pada aspek kognitif dari kelas tersebut. Dari hasil *pretest* dan *post test* yang diperoleh terlihat bahwa nilai rata-rata *pretest* adalah 56,32 dan rata-rata *post test* 85,12 (Gambar 4)



Gambar 4. Rata-rata Hasil *pretest* dan *Post test*

Dari Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai *posttest* yang dicapai oleh siswa lebih tinggi dibandingkan nilai *pretest*. Kenaikan nilai *post test* setelah pembelajaran menggunakan modul makromolekul pelepah sawit varietas tenera diduga karena isi modul bersifat interaktif yang membangun pola pikir siswa untuk mengembangkan keingintahuan terhadap materi yang dipelajari. Pembelajaran menggunakan modul ini disertai dengan metode diskusi kelompok, membuat siswa lebih aktif sehingga terjadi komunikasi dua arah antara guru dengan siswa dan sesama siswa baik dalam kelompoknya maupun secara klasikal.

Berdasarkan hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov digunakan hasil *pretest* dan *posttest* untuk kelas eksperimen ini, jika signifikansi $> 0,05$ maka populasi data berdistribusi normal. Dari hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov bahwa signifikansi

pretest sebesar 0,287. Signifikansi hasil *postes* sebesar 0,244. Karena signifikansi untuk seluruh variabel lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa hasil *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal

Berdasarkan hasil analisis dari angket respon siswa terhadap modul diperoleh skor rata-rata untuk aspek ketertarikan adalah 23,64, untuk aspek materi adalah 24,48 dan 14,48 untuk aspek bahasa dalam modul yang digunakan dalam pembelajaran kimia. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa ketiga komponen penilaian termasuk dalam kategori sangat baik menurut penilaian siswa.

Dari data tersebut di atas menunjukkan bahwa siswa memberikan respon positif setelah penggunaan modul dalam pembelajaran. Siswa lebih memahami ketika mempelajari materi makromolekul karena tampilan modul yang menarik dan sajian materi dalam modul yang menggunakan inkuiri proses dimana isi modul tidak langsung pada materi inti tetapi diberikan ilustrasi , gambar dan pertanyaan terbuka yang mendorong rasa ingin tahu dan membuat siswa dapat menemukan konsep. selain itu juga modul dilengkapi gambar dan bahasa yang sederhana sehingga mudah dipahami oleh siswa

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis variannya, perbedaan bagian pelepah (pangkal, tengah dan ujung) dari pelepah sawit varietas tenera berpengaruh nyata terhadap kerapatan dan komponen kimianya dengan kerapatan menurut bagiannya dari pangkal, tengah dan ujung adalah $0,42 \text{ g/cm}^3$, $0,38 \text{ g/cm}^3$, dan $0,36 \text{ g/cm}^3$ sedangkan kadar komponen kimia menurut bagiannya dari pangkal, tengah, ujung berturut-turut dengan rerata untuk kadar zat ekstraktif 8,49%, 7,87%, 6,74%, Lignin 20,7%, 18,95%, 16,69%. Holoselulosa 81,57%, 80,33 %, 79,24% dan α - selulosa 44,57 %, 43,56%, 43,26%
2. Berdasarkan klasifikasi komponen kimia kayu daun lebar Indonesia, pelepah sawit varietas tenera pada ketiga posisinya baik dijadikan sebagai bahan baku pulp karena

memiliki kadar lignin yang sedang, kadar Holoselulosa yang tinggi dan kadar α -selulosa yang sedang

3. Pembelajaran Kimia pada kelompok Sains (ICHO) di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu dengan menggunakan modul memberikan peningkatan yang signifikan terhadap hasil belajar siswa, dimana terdapat perbedaan secara signifikan antara nilai rata-rata *posttest* (85,12) dengan rata-rata nilai *pretest* (56,32) dan KKM (75)

DAFTAR PUSTAKA

- Abidi N, Cabrales L, Haigler CH. 2013. Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fiber investigated by FTIR spectroscopy. *Carbohydr Polym.* xxx:8-16.
- Achmadi, S.S. 1990. *Kimia Kayu*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor.
- Akiyama, T., Goto, H., Nawawi, D. S., Syafii, W., Matsumoto, Y., & Meshitsuka, G. (2005). Erythro/threo Ratio of β -O-4, Structures as an important structural characteristic of lignin. Part 4: Variation in the erythro/threo ratio in softwood and hardwood lignis and its relation to syringyl/guaiacyl ratio. *Holzforschung*, 59,276-281
- Ambarita, Y.P., I. Pandang, Maulina S. 2015. Pembuatan Asam Oksalat dari Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis*) melalui Reaksi Oksidasi Asam Nitrat. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sumatera Utara. Vol. 4 No 4
- Boeriu. et al. 2004. "Characterization of structuredependent functional properties of lignin withinfrared spectroscopy". *Industrial Crops and Products* 20:205-218
- Bowyer, J., Shmulsky, R. & Haygreen, J.G. 2003. *Forest Products and Wood Science-an Introduction*. Fourth edition. Iowa: Iowa State Press.
- Cahya. 2011. *Strategi PT. Kertas Nusantara*. Institut Pertanian Bogor
- Fang JM, Sun RC, Tomkinson J. 2000. Isolation and characterization of hemicellulose and cellulose from rye straw by alkaline peroxide extraction *Cellulose*. 7:87-107
- Fengel, D & Wegener, G. 1995. *Kayu kimia Ultrastruktur dan Reaksi – reaksi*. Penerjemah H. Sastrohamdjojo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Gusmailina dan D. Setiawan, 1996. Analisis Kimia Kayu Kasievera (*Cinnamomum burmanii* Ness ex.BL) dan Prospek Pemanfaatannya. Info Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor. Vol. III No1
- Hanafiah, K.A. 2003. Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi. Edisi ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Haygreen JG dan Bowyer JL. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Yogyakarta (ID): Terjemahan Gadjah Mada University.
- KemenPerin. 2011. *Kapasitas Produk Pulp Nasional dan Besarnya Peningkatan Produksi*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Jakarta
- Pari, G dan Saepuloh.2000. Analisis Komponen Kayu Mangium Pada Beberapa Macam Umur Asal Riau. Buletin Penelitian Hasil Hutan. Vol 17. No. 3. Hal 140 – 148
- Pasaribu,R.A. 1990. *Sifat Kimia Kayu*. Bogor: Balai Penelitian Hasil Hutan
- Siagian, R.M., . Roliadi., S. Suprpti., dan s.Komaryati. 2003. Studi Peranan Fungi Pelapuk Putih dalam Proses Biodelignifikasi Kayu Sengon (*Paraserinthes falcataria* L.Nielson). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* Vol. 1. No. 1

- Silverstein RM, Bassler GC, Morrill TC. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compound*. Ed ke-7. New York (US): J Wiley
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta
- Sutopo, R. S. (2005). *Karakteristik Industri Pulp dan Kertas*. Bandung: Balai Besar Pulp dan Kertas
- Tappi Test Methods. Penentuan Kadar Ekstraktif T 204, Penentuan Kadar Holoselulosa T 9, Penentuan Lignin T 222, Penentuan Kadar α – selulosa T 203. TAPPI Press. Atlanta.
- Tarmansya, U.S. 2008. Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa. Buletin Balitbang Deptan. Litbang Pertanian Indonesia
- Wardani, L. 2015. *Pemanfaatan Pelepah Sawit Sebagai Bahan Baku Papan Zephyr*. [Desertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Yahya, R. 2013. *Comparison of Density and Chemical Components of Oil Palm Empty Fruits Bunches Between Varieties Dura and Tenera*. Makalah dipresentasikan pada The 3th International Symposium for Sustainable Humanosphere, Bengkulu 17 – 18 September 2013.
- Zulfansyah, Fermi M.I., Amraini S.Z., Rionaldo H., Utami M.S. 2011. *Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Yield dan Kadar Lignin Pulp dari Pelepah Sawit dengan Proses Asam Formiat*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan vol 9. Hal 12 – 19

PENJERAPAN ZAT WARNA *SINTETIS* MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KELAPA SAWIT DAN PENGEMBANGANNYA SEBAGAI BAHAN AJAR

(Synthetic Color Clinic Applications Using Activated Carbon Palm Oil and Its Development as Air Seeds)

Efa Susanti^{1*}, M.Lutfi Firdaus², Sumpono²

¹Mahasiswa S-2 Pendidikan IPA FKIP Universitas Bengkulu

²Dosen S-2 Pendidikan IPA FKIP Universitas Bengkulu

*Email : efasusanti09@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to: (1) explain the ability of the active carbon absorption of Palm Oil Palm as a dye adsorbent Reactive Red and Direct Green (2) determines the pH, contact time, and weight of the optimum adsorbent and the influence of temperature using activated carbon. Reactive Red and Direct Green dyestuffs. (3) to explain the influence of video media usage on the improvement of learning result and critical thinking ability of students in Chemistry class XI MIPA E at SMAN 2 Kota Bengkulu. The procedure in this study is the activation of activated carbon of palm oil and activated, activated carbon characterization using FTIR, Determination of maximum wavelength (λ), Calibration curve creation, Adsorption of substance by activated carbon of palm oil: determining pH, contact time, adsorbent weight, , adsorption isotherms, Determination of temperature effect, Adsorption Isotherm Determination, Determination of adsorption kinetics, Applications on dyestuffs. The data were analyzed. The result of pH variation, variation of adsorbent weight, and contact time were made curve so that pH, adsorbent weight, concentration and optimum contact time were obtained using Excel program. Using ANAVA one way, followed by KR-20 test and one sample t test. The results showed that there were: reactive red optimum wavelength 496 nm, optimum pH 3, optimum time 40 min, absorbent weight 150 mg, maximum absorbency KAPKS 32,73 mg / gr and direct green optimum wavelength 613 nm, with optimum pH 5, optimum time 40 minutes, absorbent weight 150 mg, maximum absorbency KAPKS 32.825 mg / gr. there is an increase of chemistry learning outcomes during the enrichment hours or outside of class hours and critical thinking skills of grade XI IPA E SMAN2 Kota Bengkulu using audio-visual media with average pretest score of 75 and average post test score 82.27 with four criteria critical thinking skills are less critical by 26%, critical enough 43%, critical 23% and very critical at 8%.

Keywords: adsorption, dyestuff, synthetic, activated carbon, palm oil, teaching materials.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menjelaskan kemampuan daya serap karbon aktif Pelepah Kelapa Sawit sebagai adsorben zat warna *Reactive Red* dan *Direct Green* (2) menentukan pH, waktu kontak, dan berat adsorben optimum serta pengaruh suhu menggunakan karbon aktif Pelepah Kelapa Sawit dalam menyerap zat warna *Reactive Red* dan *Direct Green*. (3) menjelaskan pengaruh penggunaan media video terhadap peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa pada pelajaran Kimia kelas XI MIPA E di SMAN 2 Kota Bengkulu. Prosedur pada penelitian ini pembuatan karbon aktif pelepah kelapa sawit dan diaktivasi, karakterisasi karbon aktif menggunakan FTIR, Penentuan panjang gelombang maksimum (λ), Pembuatan kurva kalibrasi, Adsorpsi zat oleh karbon aktif pelepah kelapa sawit: menentukan pH, waktu kontak, berat adsorben, suhu, isoterm adsorpsi, Penentuan pengaruh suhu, Penentuan isoterm Adsorpsi, Penentuan kinetika adsorpsi, Aplikasi pada zat warna. Data penelitian dianalisis Data

hasil variasi pH, variasi berat adsorben, dan waktu kontak dibuat kurva sehingga dapat ditentukan pH, berat adsorben, konsentrasidan waktu kontak optimum dengan menggunakan program Excel.menggunakan ANAVA satu jalan, dilanjutkan uji KR-20 dan uji t satu sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat : reactive red panjang gelombang optimum 496 nm, pH optimum 3, waktu optimum 40 menit, berat absorben 150 mg, daya serap maksimum KAPKS 32,73 mg/gr dan direct green panjang gelombang optimum 613 nm, dengan pH optimum 5, waktu optimum 40 menit, berat absorben 150 mg, daya serap maksimum KAPKS 32,825 mg/gr. terdapat peningkatan hasil belajar kimia pada jam pengayaan atau di luar jam pelajaran dan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI IPA E SMAN2 Kota Bengkulu menggunakan media *audio - visual* dengan rata – rata nilai pretes 75 dan rata – rata nilai post test 82,27 dengan empat kriteria kemampuan berpikir kritis kurang kritis sebesar 26%, cukup kritis 43%, kritis 23% dan sangat kritis sebesar 8%.

Kata kunci: penyerapan, zat warna, sintetis, karbon aktif, kelapa sawit, bahan ajar.

PENDAHULUAN

Di Kota Bengkulu proses pembuatan batik besurek dilakukan di beberapa tempat pembuatan batik. Hal ini menunjuk bahwa banyak limbah zat warna yang di hasilkan oleh industri batik. Limbah tersebut langsung dialirkan ke tempat pembuangan penduduk tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Ini mengakibatkan lingkungan di sekitar industri batik tercemar dan mengakibatkan ekosistem terganggu.

Media pembelajaran digunakan sebagai alat bantu untuk mempermudah dan membantu tugas guru dalam menyampaikan berbagai bahan dan materi pelajaran, serta mengefektifkan dan mengefisienkan siswa dalam memahami materi dan bahan pelajaran tersebut. Pemilihan penggunaan media pembelajaran yang tepat akan membuat siswa dapat belajar dengan mudah dan merasa senang dalam mengikuti pelajaran.

Penelitian dan Pengembangan *Research dan Development* (R& D)

Pengertian Penelitian Pengembangan atau *Research and Development* (R&D) sering diartikan sebagai suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Yang dimaksud dengan produk dalam konteks ini adalah tidak selalu berbentuk hardware (buku, modul, alat bantu pembelajaran di kelas dan

laboratorium), tetapi bisa juga perangkat lunak (software) seperti program untuk pengolahan data, pembelajaran di kelas, perpustakaan atau laboratorium, ataupun model – model pendidikan, pembelajaran pelatihan, bimbingan, evaluasi, manajemen,dll.

Media Pembelajaran

Selanjutnya dalam aktivitas pembelajaran, media dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dapat membawa informasi dan pengetahuan dalam Interaksi yang berlangsung antara pendidik dan peserta didik (Fathurrohman & Sutikno, 2010)

Pendidik haruspandai merancang, menyusun, mengevaluasi, menganalisis hingga merevisi dan mengembangkan media terhadapmateri yang disampaikankepadapesertadidik (Dick and Carey, 2006)

BerpikirKritis

Salah satu cara mengembangkan keterampilan berpikir kritis adalah dengan melakukanpenilaian berbasis keterampilan berpikir kritis. Tes keterampilan berpikir kritis dapat dikembangkan berdasarkan indikator-indikator keterampilan berpikir kritis.Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Ennis (1985: 55-56) mengklasifikasikan keterampilan berpikir kritis menjadi lima kelompok yang diturunkan menjadi dua belas indikator.

Adapun indikator yang dikembangkan pada penelitian pengembangan instrumen penilaian ini adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan masalah
2. Menganalisis argumen
3. Bertanya dan menjawab pertanyaan
4. Mempertimbangkan sumber apakah dapat dipercaya atau tidak
5. Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi
6. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi
7. Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi
8. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan
9. Mengidentifikasi asumsi-asumsi pembelajaran, oleh karena itu penulis mengambil beberapa indikator yang dianggap mewakili indikator-indikator lainnya. Begitu pula dengan instrumen
10. Menentukan suatu tindakan
11. Memutuskan dan merumuskan
12. Berinteraksi dengan orang lain

Hasil Belajar

Hasil pembelajaran merupakan suatu gambaran dari penguasaan siswa terhadap kegiatan pembelajaran yang dilakukan guru sebagai pengajar. Dengan kata lain hasil pembelajaran merupakan suatu prestasi yang ingin dicapai siswa setelah mengikuti proses pembelajaran, sedangkan hakikat dari proses pembelajaran adalah terjadinya suatu proses yang dapat mengubah tingkah laku dalam diri siswa.

METODE

Aplikasi Adsorben Pada Limbah

Limbah cair zat warna merupakan limbah buatan (artifisial) dengan mencampurkan zat warna *Reactive Red* dan *Direct Green*. Konsentrasi awal zat warna diukur setelah zat warna diatur pH sampai pH optimum dengan penambahan HCl dan NaOH. Ditambahkan arang aktif dengan berat optimum ke dalam 10 mL limbah, kemudian diaduk dengan *shaker* pada 150 rpm selama waktu kontak optimum. Kemudian ditentukan konsentrasi filtrat yang diperoleh dengan spektrofotometer UV

– Vis untuk mengetahui konsentrasi yang tidak terserap oleh arang aktif. Konsentrasi limbah zat warna yang diserap oleh arang aktif pelepah kelapa sawit adalah selisih antara konsentrasi awal larutan dengan konsentrasi yang tidak diserap (Agustriy, 2016).

Penelitian pendidikan

Penelitian ini dilakukan di luar jam pelajaran atau kelas pengayaan. Pembelajaran *diluar jam pelajaran* ini dilakukan pada siswa kelas XI MIPA E SMAN 2 Kota Bengkulu. Sebelum dilakukan penelitian siswa diberikan pretest lalu siswa diberikan pembelajaran yang menggunakan media video yang dijadikan sebagai bahan ajar. Dan setelah selesai siswa diberikan posttest. Penelitian dilakukan juga dengan membagi kelompok – kelompok untuk diskusi dan mempersentasikannya. Kemudian siswa kembali mengerjakan soal yang berbentuk soal uraian yang bertujuan untuk melihat keterampilan berpikir siswa yaitu siswa berpikir kritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi Adsorben Pada Limbah Zat Warna

KAPKS sebagai adsorben zat warna diaplikasikan kepada limbah cair *artificial* yang mengandung zat warna *Reactive Red* dan *Direct Green*. Pembuatan limbah artifisial dilakukan dengan mencampurkan kedua zat warna, masing-masing konsentrasinya 500 ppm dengan volume tertentu (tidak diketahui). Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum setiap zat warna dimana untuk analisis limbah zat warna *Reactive Red* dilakukan pada pH 3 dan waktu kontak 40 menit. Sedangkan untuk zat warna *Direct Green* dilakukan pada pH 5 dan waktu kontak 40 menit. Kedua zat warna ditambahkan KAPKS sesuai dengan berat optimumnya. Konsentrasi zat warna sebelum dan setelah adsorpsi diukur dengan spektrofotometer UV-VIS.

Tabel Data Hasil Adsorpsi Limbah Zat Warna RR 120 Dan DG 26 terhadap Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit

zat warna	Ph	abs awal	abs Akhir	C awal (ppm)	C terserap	C Akhir (ppm)	Q (mg/g)	Efisiensi (%)
RR 120	3	1,229	0,042	500	490,944	9,056	32,73	98
DG 26	5	0,941	0,039	500	492,38	7,62	32,825	98,4

Penelitian Pembelajaran

Hasil dari penelitian laboratorium akan di implementasikan dalam pembelajaran. Pada penelitian ini, hasil penelitian tersebut di kemas dalam bentuk sumber belajar yaitu media video. Media video ini diterapkan pada

pembelajaran Kimia kinetika untuk siswa SMA N 2 Kota Bengkulu kelas XI MIPA E di luar jam pembelajaran atau pada jam pengayaan. Jenis penelitian pembelajaran yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development* (R & D). Dari hasil penelitian diperoleh

Uji Panelis Instrumen Video audio – visual

Tabel 4.7. Hasil *interclass coefficient corelation* (ICC) instrument Video

SV	JK	Db	Variansi	ICC
Penilai	0,0985	3	0,016	
Butir	13,3125	27	0,112	
Error	3,6525	81	0,0451	0,65

Dari data diatas didapatkan nilai reliabilitas antar panelis cukup memuaskan yaitu sebesar 0,65

dengan kategori video baik digunakan sebagai instrumen model pembelajaran.

Uji Panelis Instrumen Test

Tabel 4.8. Hasil *interclass coefficient corelation* (ICC) instrument Test

SV	JK	Db	Variansi	ICC
Penilai	0,0333	2	0,0125	
Butir	5,0666	19	0,0833	
Error	0,6334	38	0,01667	0,741

Hasil uji ICC menunjukkan harga ICC sebesar 0,741. Butir soal dikatakan reliabel jika nilai ICC \geq 0,600 (Murti, 2011). Jadi disimpulkan bahwa butir soal yang divalidasi oleh tiga panelis dinyatakan dapat digunakan dalam uji coba butir test.

suatu konsistensi hasil pengukuran yang ditunjukkan dalam taraf ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran (Winarni, 2011). Hasil uji reliabilitas butir tes diperoleh sebesar 0,7999. Data ini menunjukkan bahwa reliabiitas instrument berada pada taraf tinggi, artinya ketepatan dan ketelitian instrument tes dapat dipercaya (Arikunto, 2009).

Uji Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas adalah taraf sampai dimana suatu tes mampu menunjukkan

SV	JK	db	Variansi	ICC	r11
Penilai	0,3333	2	0,0125		
Butir	5,0666	19	0,0833		
Error	0,6334	38	0,01667	0,741	0,7999

Karena $r_{11} = 0,7999 > 0,7$ maka tes dikatakan reliabel atau tes dapat dipercaya

Uji normalitas

Uji normalitas yang dilakukan menggunakan uji kolmogorov-smirnov. Hasil uji normalitas yang dilakukan antara *pretest* dan *posttest* disajikan pada tabel 4.12. Berdasarkan hasil uji normalitas Kolmogorov-Smirnov diketahui bahwa signifikansi *pretest* sebesar 9,169 dengan nilai derajat kebebasan (dk) = 34 dengan taraf signifikan 5% maka diperoleh hasil 11,070. Karena uji normalitas hitung lebih kecil dari uji normalitas tabel, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pretes dan postes berdistribusi normal.

Implementasi Media *Audio visual* dalam Pembelajaran

Implementasi penelitian sains dalam pembelajaran kimia bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil

belajar pada aspek kognitif dan berpikir kritis siswa pada jam pengayaan. Ini bertujuan agar siswa dapat melihat secara langsung cara menggunakan karbon aktif dari pelepah kelapa sawit dapat mengadsorpsi zat warna.

Hasil Kognitif Belajar Siswa

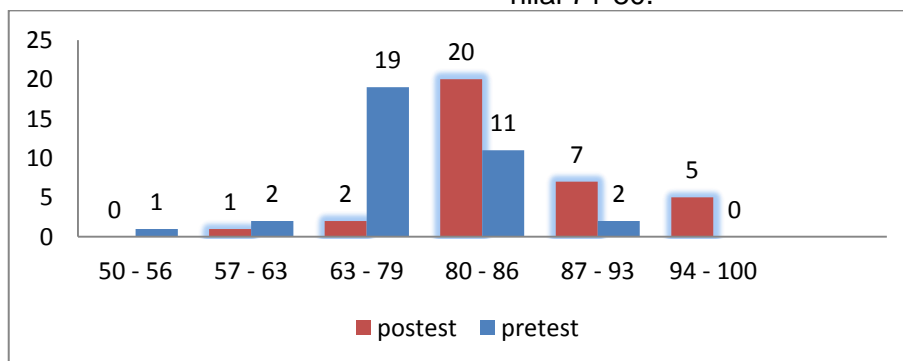
Sebelum pembelajaran dilaksanakan pada jam pengayaan, siswa-siswi diberikan tes awal (*pretes*) dan setelah dilakukan pembelajaran menggunakan media *audio visual* dengan diberikan penjelasan – penjelasan siswa diberikan tes akhir (*posttes*). Lalu siswa diberi kesempatan untuk berdiskusi tentang penerapan karbon aktif pelepah kelapa sawit dapat mengadsorpsi zat warna ini, setelah itu diberikan kembali soal uraian yang bertujuan melihat berpikir kritis siswa kelas XI IPA E di SMA N 2 KotaBengkulu.

TABEL NILAI PRETEST DAN POSTEST

NILAI PRETEST	FREKUENSI	NILAI POSTTEST	FREKUENSI
50 – 56	1	50 – 56	0
57 – 63	2	57 – 63	1
63 – 79	19	63 – 79	2
80 – 86	11	80 – 86	20
87 – 93	2	87 – 93	7
94 – 100	0	94 – 100	5

Berdasarkan hasil pretest tersebut diketahui rata-rata pre test

yaitu 75 dengan skor terendah 60, skor tertinggi 90, serta nilai terbanyak yang diperoleh siswa berkisar pada interval nilai 71-80.



gambar 4.16. Histogram Hasil *Pretest* dan *Posttest* Siswa

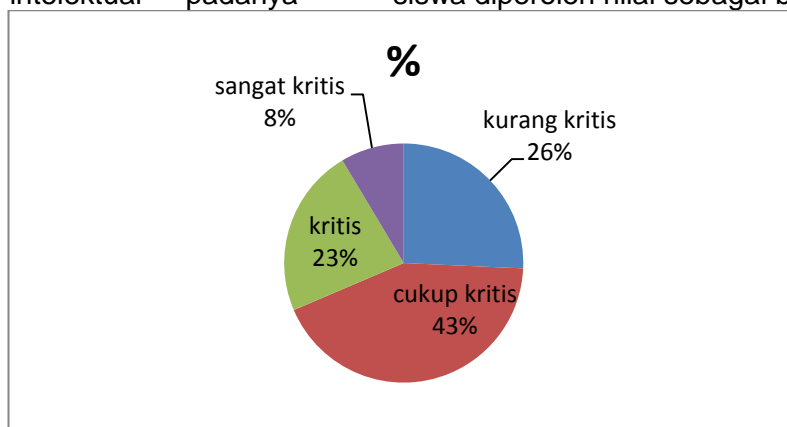
Hasil nilai posttest, diperoleh rata-rata nilai 82,71 dengan nilai terbanyak antara 81 sampai 85. Dari hasil pre test dan post tes siswa dapat disimpulkan bahwa pengaruh media audio visual dalam pembelajaran sangatlah berpengaruh atau dapat meningkatkan hasil belajar siswa dilihat dari hasil belajar siswa.

Hasil Belajar Berpikir Kritis Siswa

Berpikir kritis adalah cara berpikir seseorang mengenai suatu masalah dimana pemikir meningkatkan kualitas pemikirannya dengan menangani secara terampil struktur-struktur yang melekat dalam pemikiran dan menerapkan standar-standar intelektual padanya

(Nitko, A.J & Brookhart, 2007). Dengan kata lain, berpikir kritis merupakan proses mental yang terorganisasi dengan baik dan berperan dalam proses mengambil keputusan untuk memecahkan masalah dengan menganalisis dan menginterpretasi data dalam kegiatan inkuiri ilmiah. Ennis mengungkapkan bahwa berpikir kritis adalah pemikiran yang masuk akal dan reflektif yang berfokus untuk memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan (Fisher, 2009: 4).

Dari indikator – indikator di atas hanya beberapa indikator saja yang digunakan. Dari hasil penilaian evaluasi di kelas XI IPA E yang berjumlah 35 siswa diperoleh nilai sebagai berikut:



Gambar 4.17 persentase kriteria berpikir kritis siswa

Dari gambar 4.17. dengan jumlah siswa sebanyak 35 siswa dengan nilai 70 sebanyak 26 % siswa berpikir kurang kritis, nilai 80 sebanyak 43% siswa berpikir cukup kritis, nilai 90 sebanyak 23% siswa berpikir kritis dan nilai 100 sebanyak 8% siswa berpikir sangat kritis.

rata nilai pretes sebesar 75,00 dan nilai postes sebesar 82,29 dan Instrumen penilaian berbentuk tes esai untuk menilai kemampuan berpikir kritis siswa di dapat empat kriteria yaitu kurang kritis sebesar 26%, cukup kritis 43%, kritis 23% dan sangat kritis sebesar 8%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Daya serap maksimum (Qmax) karbon aktif pelepah kelapa sawit terhadap zat warna *reactive red 120* dan *direct green 26* adalah berturut – turut sebesar 32,73 mg/gr dan 32,825 mg/gr.
- 2) Terdapat peningkatan hasil belajar kimia menggunakan media *Audio Visual* pada jam pengayaan atau diluar jam pelajaran yang dapat dilihat dari rata-

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins P.W. 1997. *Kimia Fisika Jilid 2*. Erlangga: Jakarta
- Arikunto, S. 2008. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arsyad, Azhari. 2006. *Media Pembelajaran*. PT. RajaGrafindo Persada. Jakarta
- Dick. W & Carey. 2006. *The Systematic design of Instruction*. New Jersey Columbus, Ohio: Pearson

- Fassenden, R.J., Fasenden, J.S. 1992.
Kimia Organik Edisi ketiga jilid 2.
Erlangga: Jakarta.
- Gunawan, S. G. 2007,
Farmakologidan Terapi, FKUI.
Jakarta
- Hawadi, dkk. 2001. *Psikologi
Perkembangan Anak (Menenal
Sifat, Bakat dan Kemampuan
Anak)*. Grasindo
- Hendayana, S. 1994. *Kimia Analitik
Instrumen Edisi Kesatu.*
Semarang: IKIP Semarang Press
- Kusnaedi. 2010. *Mengelola Air kotor untuk
air minum*. Jakarta: Penebar
Swadaya
- Linsley, R.K dan Franzni, J.B. 1991. *Teknik
Sumber Daya Air Edisi Ketiga.*
Jakarta: Erlangga
- Muna, N. 2014. *Adsorpsi zat warna
malichite Green (MG) olek
Komposit Kitosan Bentonit. Tesis.*
Program Studi Kimia Fakultas
Sains dan Teknologi UII Sunan
Kalijaga
- Mulyasa, 2006. *menciptakan pembelajaran
kreatif dan menyenangkan .*
Bandung : Remaja Rosdakarya
- Ong and Borich. 2006, *Teaching Strategies
that Promote Thinking: Models
and Curriculum Approaches.*
McGraw-Hill

PRODUKSI *BIOFUEL* DARI LIMBAH CPO DENGAN KATALIS BERBASIS TITANIUM OKSIDA DAN IMPLEMENTASINYA PADA PEMBELAJARAN KIMIA

(Biofuel Production of CPO Waste With Ni / TiO₂ and Co / TiO₂ Catalyst and Implementation Of Chemical Learning)

Nurlia Latipah^{1*}, Agus Sundaryono², Rina Elvia²

¹Mahasiswa S-2 Pendidikan IPA FKIP Universitas Bengkulu

²Dosen S-2 Pendidikan IPA FKIP Universitas Bengkulu

*nurlialatipah@gmail.com

ABSTRACT

Conversion of CPO waste into biofuel is one of the efforts to find alternative energy to overcome Indonesia's energy crisis. The resulting methyl ester was further processed into biofuel by cracking process with Ni/TiO₂ and Co/TiO₂ catalysts at temperature > 350°C for 2.5 hours followed by distillation. Educational research was done by doing the learning process by using biofuel module. The optimum biofuel yield was obtained from cracking methyl ester with 5% Ni/TiO₂ catalyst and 3% Co/TiO₂ catalyst respectively of 66,67 and 61,90%. The physical and chemical properties of cracked biofuels with Ni/TiO₂ and Co/ TiO₂ catalysts have complied with ASTM standards for biofuel except acid numbers. There is an increase in student learning outcomes before and after using the module.

Keywords: CPO Waste, Sonochemistry, Ni/TiO₂, Co/TiO₂, Cracking, Biofuel, Module.

ABSTRAK

Konversi limbah CPO menjadi biofuel merupakan salah satu upaya pencarian energi alternatif untuk mengatasi krisis energi Indonesia. *Biofuel* dihasilkan melalui melalui proses *cracking* metil ester dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ pada suhu > 350°C selama 2,5 jam dilanjutkan dengan destilasi. Penelitian pendidikan dilakukan dengan melakukan proses pembelajaran dengan menggunakan modul *biofuel* dari limbah CPO. Rendemen *biofuel* optimum dihasilkan dari *cracking* metil ester dengan katalis 5% Ni/TiO₂ dan katalis 3% Co/TiO₂ masing-masing sebanyak 66,67 dan 61,90 %. Sifat fisik dan kimia *biofuel* hasil *cracking* dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ telah sesuai standar ASTM untuk biofuel kecuali angka asam. Terdapat peningkatan hasil belajar mahasiswa sebelum dan setelah menggunakan modul.

Kata kunci: Limbah CPO, Sonochemistry, Ni/TiO₂, Co/TiO₂, *Cracking*, *Biofuel*, Modul.

PENDAHULUAN

Bahan Bakar Minyak (BBM) sebagai salah satu daya dukung kehidupan manusia terus mengalami peningkatan akan kebutuhannya seiring dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Keadaan ini mengakibatkan para ilmuwan mengembangkan sumber-sumber energi alternatif yang diharapkan mampu

mengatasi krisis energi di masa yang akan datang.

Indonesia dengan wilayahnya yang sangat subur menjadi salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Kondisi ini memungkinkan Indonesia untuk dapat menghasilkan sumber energi alternatif yang berasal dari sawit. Proses esterifikasi dan transesterifikasi minyak kelapa sawit ternyata mampu menghasilkan bahan bakar minyak. Bahan bakar dari minyak sawit lebih ramah

lingkungan karena bebas nitrogen dan sulfur. Selain itu kandungan asam oleat yang mencapai 55 % dalam minyak sawit cukup dijadikan bahan pertimbangan untuk menggunakan minyak sawit sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati (Nugroho, 2014).

Kandungan minyak yang masih terdapat pada limbah cair kelapa sawit juga memungkinkan limbah kelapa sawit untuk dapat diolah lebih lanjut sehingga dihasilkan bahan bakar minyak.

Bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewan biasa dikenal dengan *metil ester*. Campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak sebagai penyusun *metil ester* memiliki sifat kimia dan fisika yang sama dengan minyak bumi. Hal ini yang menjadikan metil ester dapat dijadikan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Kandungan sulfur yang sangat sedikit pada metil ester mengakibatkan bahan bakar alternatif ini termasuk dalam bahan bakar ramah lingkungan (Arita dkk, 2008).

Reaksi esterifikasi untuk menghasilkan metil ester dilakukan dengan mereaksikan trigliserida dengan metanol. Senyawa ester dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi dengan bantuan katalis. Reaksi ini berlangsung lambat, berkisar 4-8 jam menggunakan banyak katalis dan alkohol (Satriadi, 2014). Guna menghindari suhu yang tinggi dan lamanya waktu reaksi, maka pembuatan metil ester memanfaatkan gelombang ultrasonik.

Istilah *cracking* atau perengkahan dipakai untuk menjelaskan terjadinya pemotongan senyawa hidrokarbon menjadi lebih pendek dengan cara memotong ikatan antar karbon dalam senyawa tersebut. *Cracking* dapat terjadi melalui mekanisme terbentuknya ion karbonium sebagai radikal bebas pada suhu yang relatif tinggi, namun reaksi *cracking* dapat dipercepat oleh kekuatan asam yang ditunjukkan oleh kemampuan transfer proton (Nasikin dkk, 2010). Inti asam Bronsted pada katalis berperan untuk merengkah ikatan rangkap (asam *oleat*) sedangkan inti asam Lewis berperan untuk merengkah ikatan tunggal

(asam *palmiat*) pada struktur trigliserida minyak kelapa sawit.

TiO₂ merupakan katalis support yang bersifat asam dan masih stabil pada suhu tinggi. Titanium dioksida memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi energi fotokatalis, dapat melakukan reaksi pemecahan air dan mendegradasi senyawa organik (Fatimah dan Wijaya, 2005). TiO₂ memiliki luas permukaan 10 m²/g sampai 50 m²/g (Satterfield, 1991). Sifat asam pada TiO₂, luas permukaannya yang besar, harganya yang murah, mudah dalam penyiapannya dan stabil pada suhu tinggi menarik perhatian peneliti untuk menggunakannya sebagai katalis pada proses *cracking* metil ester. Kemampuan TiO₂ untuk memecah air menjadi oksigen dan hidrogen diharapkan mampu menurunkan kadar air dari hasil *cracking* yang biasanya masih sangat tinggi.

Partikel padatan oksida seperti TiO₂ umumnya tidak stabil dan cenderung membentuk agregat sehingga menurunkan aktivitas katalitiknya. Masalah tersebut dapat diatasi dengan mendispersikan komponen katalis logam pada TiO₂ sehingga dihasilkan katalis berpengembangan.. Logam yang biasa digunakan sebagai katalis pengembangan adalah logam transisi (Wardhani, 2008). Logam transisi yang diimbangkan ke TiO₂ dapat bertindak sebagai penangkap elektron, hal ini dikarenakan logam transisi merupakan unsur golongan B yang mempunyai orbital d yang belum terisi penuh penuh. Orbital d yang belum terisi penuh mengakibatkan unsur golongan transisi memiliki sifat aktivitas katalitik (Sudjana dkk, 2002).

Pada penelitian ini logam Ni dipilih sebagai logam yang akan di impregnasi pada permukaan TiO₂ karena Ni cukup efektif dan memberikan kontribusi positif terhadap aktivitas katalis. Aktivitas tersebut diharapkan mampu memodifikasi sifat TiO₂ sebagai fotokatalitik semikonduktor untuk dapat melakukan reaksi *cracking*. Ni juga memiliki sifat keasaman yang tinggi (Sartika dkk, 2014) sehingga dapat berperan sebagai katalis yang dibutuhkan untuk reaksi *cracking*.

Logam Co juga dipilih sebagai dopan karena di beberapa penelitian Co

mampu meningkatkan reaksi fotodegradasi dan selective terhadap senyawa organik. Dopan Co terhadap TiO_2 juga lebih aktif jika dibandingkan TiO_2 murni (Amadelli dkk, 2008). Pengembangan logam CoO dan CoO-MoO ke dalam pori ZnO-ZAA menaikkan keasaman katalis. Hal ini menunjukkan logam mempunyai situs asam, yaitu situs asam Lewis yang dapat mengadsorpsi basa amoniak (Trisunaryanti, 2008). Situs asam Lewis yang terdapat pada katalis Co/ TiO_2 diharapkan mampu untuk merengkah ikatan tunggal (asam *palmiat*) pada struktur metil ester sehingga dihasilkan *biofuel* dengan rantai karbon yang lebih pendek.

Katalis Ni/ TiO_2 dan Co/ TiO_2 dengan sifat semikonduktornya dan kemampuan fotokatalitiknya diharapkan mampu melakukan proses *cracking* terhadap metil ester yang dibuat dengan menggunakan bantuan gelombang ultrasonik pada penelitian yang akan dilakukan. Hasil penelitian ini nantinya akan dijadikan sumber dalam pembuatan modul pembelajaran sebagai salah satu sumber belajar bagi mahasiswa semester IV pada mata kuliah Kimia Organik II.

Modul yang dikembangkan dari hasil penelitian perlu menyajikan fakta-fakta nyata didukung stimulus berupa gambar/tabel karena dapat menarik perhatian mahasiswa untuk mempelajarinya (Parmin dan Peniati, 2012).

Pemanfaatan hasil penelitian sebagai sumber belajar dapat memberikan pengalaman nyata bagi mahasiswa. Keuntungan yang diperoleh dari pembelajaran dengan menggunakan modul adalah menumbuhkan motivasi belajar mahasiswa, mengarahkan konsepsi mahasiswa menuju konsep ilmiah sehingga hasil belajar mahasiswa dapat ditingkatkan seoptimal mungkin secara kuantitas dan kualitas.

Modul yang dikembangkan dengan memanfaatkan hasil penelitian akan menghubungkan keterkaitan antara fakta yang diperoleh dari pengumpulan data, konsep dari kajian teori, prosedur, dan prinsip yang terkandung dalam materi pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Persiapan Sampel

Limbah CPO diambil dari kolam pertama PT. Bio Nusantara Teknologi. Limbah CPO dipanaskan kemudian disaring. *Degumming* dilakukan dengan menambahkan H_3PO_4 0,6 % sebanyak 1-3% dari berat minyak. Bleaching dilakukan dengan menambahkan zeolit aktif sebanyak 10% dari berat minyak, campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* kemudian disaring dengan kertas saring.

Konversi minyak dari limbah CPO menjadi metil ester

Limbah yang telah melalui proses bleaching selanjutnya diesterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB). Esterifikasi dilakukan dengan bantuan katalis asam yang bersumber dari H_2SO_4 , sedangkan transesterifikasi dilakukan dengan bantuan katalis basa yang bersumber dari NaOH.

Pembuatan Katalis

Katalis Ni/ TiO_2 dibuat dengan cara: sebanyak 10 g TiO_2 dan 0,5 g NiCl_2 dilarutkan dalam 20 ml aquadest, di aduk dengan magnetik stirer selama 30 menit, diultrasonikasi selama 30 menit pada suhu 60°C , diaduk kembali dengan magnetik strirrer pada suhu $80-90^\circ\text{C}$, dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C untuk menguapkan air yang terdapat dalam larutan, dikalsinasi pada suhu 300°C selama 2 jam di dalam Furnance, dan dihaluskan dengan menggunakan alu dan lumpang untuk selanjutnya digunakan dalam proses *cracking* (modifikasi dari Afrozi, 2010).

Katalis Co/ TiO_2 dibuat dengan cara: sebanyak 10 g TiO_2 dan 2 g $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 20 ml aquadest, diultrasonikasi selama 10 menit, diaduk dengan magnetik strirrer selama 2 jam, dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam, dikalsinasi pada suhu 300°C selama 30 menit di dalam Furnance, dan dihaluskan dengan menggunakan alu dan lumpang

untuk selanjutnya digunakan dalam proses *cracking*. (modifikasi dari Amadelli dkk, 2008)

Cracking Katalitik Metil Ester menggunakan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂

Proses *cracking* dilakukan dengan Variasi berat katalis yaitu 1%, 3%, dan 5% dari berat metil ester. Proses ini dilakukan dengan cara menambahkan katalis pada metil ester dalam labu peralatan refluks. Tambahkan juga batu didih kedalamnya. Campuran dipanaskan pada suhu 380°C selama 2 jam di atas kompor dengan pasir sebagai konduktor panas. Selanjutnya hasil yang didapat didestilasi pada suhu yang sama untuk memisahkan *biofuel*. *Biofuel* yang dihasilkan ditentukan komponen senyawa-senyawa kimia yang terdapat didalamnya dengan menggunakan alat kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dan diuji sisat fisik dan kimianya meliputi densitas, viscositas, titik tuang, titik kabut, dan angka asam.

Menentukan perbedaan hasil belajar mahasiswa sebelum dan setelah menggunakan modul

Penelitian ini dimulai dilakukan dengan tahapan: penyusunan draft modul, validasi modul, perbaikan perangkat modul, pembuatan soal—soal pretes dan postes, uji coba instrumen soal pretes, melakukan analisis terhadap hasil uji coba, uji validitas, uji reliabilitas, uji tingkat kesukaran, uji daya beda, pelaksanaan pembelajaran dan analisis data. Data pretes dan postes kelas yang diperoleh diuji homogenitasnya dengan uji Saphiro Wilk lalu diuji normalitasnya dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Jika data normal akan dilanjutkan dengan uji-t (*paired sample T-test*) guna melihat daya beda antara pretes dan postes. Apabila data tidak normal akan dilanjutkan dengan uji peringkat bertanda wilcoxon.

Hasil Dan Pembahasan

Limbah CPO yang telah melalui tahap penyaringan, pemansan,

degumming, bleaching, esterifikasi, dan transesterifikasi menghasilkan metil ester dengan rendemen 87,8%. Metil ester yang telah melalui proses *cracking* selanjutnya di destilasi untuk mendapatkan biofuel.

Tabel 1. Rendemen hasil *cracking*

No	Jenis katalis	Berat katalis	Berat biofuel (g)	% hasil cracking
1	Ni/TiO ₂	1%	12,6	60,00
		3%	12,4	59,64
		5%	14	66,67
2	Co/TiO ₂	1%	7,5	35,71
		3%	13	61,90
		5%	9,5	45

Tabel 1 menunjukkan Penggunaan berat katalis 1%, 3%, dan 5% Ni/TiO₂ memberikan perbedaan jumlah rendemen yang cukup kecil. Nilai rendemen 3% katalis Ni/TiO₂ lebih rendah bila dibandingkan 1% dan 5% katalis Ni/TiO₂. Penurunan nilai ini dapat diakibatkan karena pemanas yang digunakan kurang stabil sehingga mengakibatkan *sintering*. *Sintering* ditandai dengan penurunan jumlah produk yang tidak terlalu signifikan (Nasikin dan Susanto, 2010).

Sementara penggunaan berat katalis 1%, 3%, dan 5% katalis Co/TiO₂ memberikan perbedaan jumlah rendemen yang cukup besar. Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan 1% Co/TiO₂ memberikan nilai rendemen yang sangat kecil bila dibandingkan dengan penggunaan 3% dan 5% katalis Co/TiO₂. Hal ini dapat diakibatkan jumlah katalis yang digunakan tidak mencukupi untuk dapat melakukan reaksi *cracking* sehingga banyak metil ester yang tidak ter*cracking*. Penurunan nilai rendemen pada saat penggunaan 5% katalis Co/TiO₂ bila dibandingkan dengan penggunaan 3% katalis Co/TiO₂ dapat diakibatkan terjadinya deaktivasi katalis akibat *sintering* (hilangnya permukaan aktif karena pertumbuhan kristal), keracunan (tertutupnya inti aktif karena adsorpsi kimia yang kuat) (Nasikin dan Susanto, 2010).

Menurut Nasikin dan Susanto (2010) reaksi *cracking* terjadi karena

keberadaan ion karbonium pada posisi tertentu di atom karbon dalam senyawa hidrokarbon. Ion karbonium lebih mudah terbentuk pada olefin daripada parafin. Kandungan asam oleat pada metil ester yang *dicracking* mengakibatkan ion karbonium akan lebih mudah terbentuk sehingga senyawa tersebut akan *tercracking* menjadi senyawa yang lebih pendek. Fraksi hidrokarbon dengan senyawa yang lebih pendek dari metil ester adalah fraksi bensin, kerosin dan solar.

Uji sifat fisik dan kimia *biofuel* hasil *cracking* katalitik dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ dilakukan untuk mengetahui mutu dari *biofuel* yang dihasilkan. Secara umum, hasil pengujian sifat fisik dan kimia *biofuel* hasil *cracking* katalitik tertera pada tabel 3.

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia *biofuel* hasil *cracking* dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂

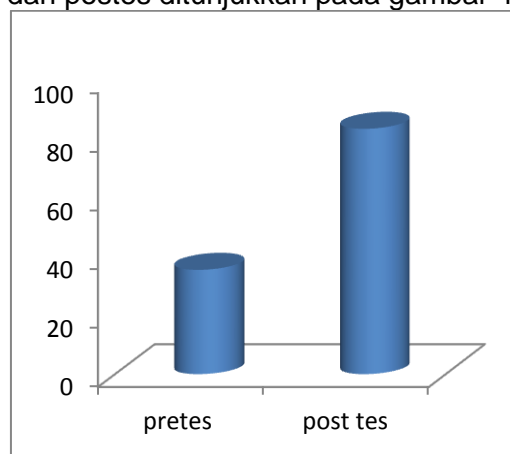
Parameter	Satuan	Biofuel hasil <i>cracking</i>		Stand ar ASTM biofuel D 6751 (B100)
		Dengan katalis Ni/TiO ₂	Dengan katalis Co/TiO ₂	
Densitas	g/cm ³	0,8199	0,8039	Maks 0,9
Viskositas	Cst	1,6837	1,9144	Maks 7
Titik tuang	°C	0	0	Maks 16
Titik kabut	°C	9,4	1,23	-3 sd 12
Angka asam	mg KOH/g Biofuel	9,14	8,41	Maks 0,8

Menentukan Perbedaan Hasil Belajar Mahasiswa Sebelum dan setelah Menggunakan Modul

Penelitian pendidikan dilakukan terhadap mahasiswa semester 4 Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu pada mata kuliah Kimia Organik II. Mahasiswa yang dilibatkan untuk sampel uji coba berjumlah 18 orang. Instrumen

penelitian berupa Modul *Biofuel* dari Limbah CPO yang dikembangkan dari hasil penelitian yang berjudul *Cracking Metil Ester Limbah CPO Hasil Sonochemistry Menjadi Biofuel Dengan Katalis Co/TiO₂ dan Ni/TiO₂*.

Hasil uji validitas, reliabilitas, taraf kesukaran, dan daya beda digunakan untuk menentukan soal yang akan digunakan pada penelitian. Sebanyak 10 soal yang memenuhi kriteria valid, reliabel, tingkat kesukaran sedang dan daya pembeda baik digunakan untuk penelitian. Hasil postes yang dibandingkan dengan hasil pretes menunjukkan bahwa 100 % mahasiswa mengalami peningkatan hasil belajar. Nilai rata-rata pretes pada penelitian ini adalah 35,5 sedangkan nilai rata-rata postes adalah 83,5. Hasil pretes dan postes ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik rata-rata nilai pretes dan postes

Modul sebagai sumber belajar memiliki keunggulan dibanding buku teks pada umumnya. Modul memiliki keterangan bagaimana mempelajari materi maupun kegiatan yang ada di dalamnya sehingga siswa dapat belajar secara mandiri. Gambar dan ilustrasi yang menarik pada modul menimbulkan ketertarikan siswa mempelajari modul (Purnomo dkk, 2013).

Pemanfaatan modul dalam proses pembelajaran dapat menjadi salah satu alternatif variasi proses pembelajaran guna meningkatkan hasil belajar siswa atau mahasiswa.

Kesimpulan

Rendemen *biofuel* terbanyak yang dihasilkan dari *cracking* metil ester limbah CPO dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ yaitu sebesar 66,67% dan 61,50%. Kualitas *biofuel* dari hasil *cracking* metil ester limbah CPO dengan katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ sudah memenuhi standar *biofuel*. Namun angka asamnya masih sangat tinggi. Hasil Belajar mahasiswa setelah menggunakan modul lebih tinggi jika dibandingkan hasil belajar sebelum menggunakan modul.

Saran

Penelitian selanjutnya sangat baik jika katalis Ni/TiO₂ dan Co/TiO₂ dianalisa tentang keasaman, luas permukaan spesifik, volume pori, jari-jari pori agar diketahui karakternya sebagai pendukung keberhasilan katalis dalam reaksi *cracking*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amadelli R, Samiolo L, Maldotti A, Molinari A, Valigi M, Gazzoli D. 2008. *Preparation, Characterisation, and Photocatalytic Behaviour of Co-TiO₂ with Visible Light Response*. Hindawi Publishing Corporation International of Photoenergy
- Arita S, Dara M B, Irawan J. 2008. Pembuatan Metil ester Asam Lemak Dari CPO Off Grade Dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi. Jurnal Teknik Kimia, No 2 vol 15
- Nasikin M, Susanto B H. 2010. Katalisis Heterogen. UI-Press
- Nugroho, A M P, Fitriyanto D, Roesyadi A.(2014). Pembuatan Biofuel dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Proses Hydrocracking dengan Katalis Ni-Mg/γ-Al₂O₃. Jurnal Teknik POMITS Vol 3 No. 2
- Parmin, Peniati. E. 2012. Pengembangan Modul Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar IPA Berbasis Hasil Penelitian Pembelajaran. JPPI 1 (1): 8-15
- Sartika G, Muwarni IK, 2014. Sintesis dan karakterisasi Katalis Mg_{1-x}Ni_xF_{2±δ}. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol 3 N0 2. 2337-3520
- Satterfield C N. 1991. *Heterogenous Catalysis In Industrial Practice Second Edition*. McGraw-Hill, Inc.
- Sudjana E, Abdurachman M, Yuliasari Y. 2002. Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Transisi Cr, Mn, dan ag dengan Glisin Melalui Spektrofotometri Ultraungu dan Sinar Tampak. Jurnal Bonatura Vol 4 No 2;69-86
- Wardhani S, Purwonugroho D, Mardiana D. 2008. *Phenol Oxidation Using Natural Zeolite supported Metal Ion Catalyst* (Oksidasi Fenol Menggunakan Katalis Ion Logam Berpendukung Zeolit Alam). Indo. J. Chem, 8 (2), 215-218

**PENGUNAAN DATA MIKROTREMOR DAN Vs30 UNTUK
MENGETAHUI HUBUNGAN KETEBALAN SEDIMEN TERHADAP
PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT DAN IMPLEMENTASINYA DALAM
PEMBELAJARAN FISIKA**

**(Use of Microtremor and Vs30 Data to Know the Sediment Relation
Towards the Palm Oil Productivity and Implementation in Physical
Learning)**

Riska Marwanti^{1*}, L. Firdaus², M. Farid³

¹Mahasiswa Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu

²Dosen Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu

³Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas. Bengkulu

^{*}riskamarwanti@gmail.com

ABSTRACT

The aims of this study were to determine the relationship of sediment thickness to palm oil productivity and to know the improvement of student learning outcomes after learning using LKPD based on service learning. This study was conducted using HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) method. Data were collected as 10 primary data points, while secondary data on palm oil productivity was obtained from PT Bio Nusantara Teknologi. Data obtained from field measurements are numerical data of natural wave recording or seismic signal at each measurement point. The data is processed using Geopsy software so it can be known the price of the dominant frequency (f_0), while the shear wave velocity (V_{s30}) is obtained through USGS data. The result of this research is there is intermediate relationship between sediment thickness to productivity of palm oil with product moment correlation value equal to 0,6392, so that thicker layer of sediment hence higher productivity. The results of this study further used as a source of information contained in the form of LKPD-based *service learning* to become a learning medium taught by *Problem Based Learning* (PBL) model on students of class XI SMK N 1 Padang Jaya to know the improvement of students' cognitive learning outcomes in physics learning. The result of research implementation influence of sediment thickness to productivity of palm oil in classroom study showed cognitive learning result of learners experience improvement of cognitive learning result with average value of N-gain of 0,52 (medium criterion).

Keywords: HVSR Method, Vs30, Sediment Thickness, Productivity, Oil Palm, LKPD Based Service Learning

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan ketebalan sedimen terhadap produktivitas kelapa sawit dan mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah dilakukan pembelajaran menggunakan LKPD berbasis service learning. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 titik yang merupakan data primer, sedangkan data sekunder mengenai produktivitas kelapa sawit didapatkan dari PT Bio Nusantara Teknologi. Data yang didapatkan dari pengukuran di lapangan berupa data numerik rekaman

gelombang natural atau signal seismik di setiap titik pengukuran. Data tersebut diolah menggunakan *software* Geopsy sehingga dapat diketahui harga frekuensi dominan (f_0), sedangkan kecepatan gelombang geser (V_{s30}) didapatkan melalui data USGS. Hasil penelitian ini adalah terdapat hubungan sedang antara ketebalan sedimen terhadap produktivitas kelapa sawit dengan harga korelasi *product moment* sebesar 0,6392, sehingga semakin tebal lapisan sedimen maka produktivitas semakin tinggi. Hasil penelitian ini selanjutnya dijadikan sumber informasi yang dimuat dalam bentuk LKPD berbasis *service learning* sehingga menjadi media pembelajaran yang diajarkan dengan model *Problem Based Learning (PBL)* pada siswa kelas XI SMK N 1 Padang Jaya untuk mengetahui peningkatan hasil belajar kognitif siswa dalam pembelajaran fisika. Hasil dari implementasi penelitian pengaruh ketebalan sedimen terhadap produktivitas kelapa sawit pada pembelajaran di kelas menunjukkan hasil belajar kognitif peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar kognitif dengan nilai rata-rata N-gain sebesar 0,52 (kriteria sedang).

Kata Kunci: Metode HVSR, V_{s30} , Ketebalan Sedimen, Produktivitas, Kelapa Sawit, LKPD Berbasis *Service Learning*

PENDAHULUAN

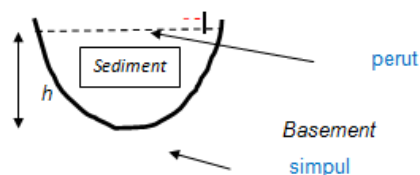
Indonesia memiliki kapasitas produksi minyak sawit yang mengungguli produsen dari negara lainnya (Rachmawati et al, 2010). Jumlah produksi minyak kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 31,10 juta ton. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan, Indonesia memiliki sumber daya lahan yang sangat luas untuk pengembangan berbagai komoditas pertanian.

Setiap tanaman akan hidup normal tergantung dengan kondisi lahan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman tersebut. Tanaman kelapa sawit selama ini diketahui dapat hidup pada ketinggian 0 – 500 m dpl, akan tetapi belum diketahui pada ketebalan berapa meter tanaman kelapa sawit dapat tumbuh secara optimal.

Gandasasmita et. al (2009), Wigena et. al (2009), Pamuji, et. al (2015), maupun Martasari (2013) semua menghubungkan antara jenis dan lapisan tanah, akan tetapi lebih dominan ke arah kimia tanah dan jenis tanah dalam setiap lapisan. Penelitian ini lebih menguatkan para peneliti di atas yaitu menghubungkan ketebalan

sedimen dengan produktivitas buah. Penelitian ini tergolong baru karena ketebalan sedimen lebih ke arah fisik, sementara produktivitas lebih ke ekonomis.

Pipkin (1977) menyatakan bahwa sedimen adalah pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air. Dari sisi fisika, ketebalan sedimen dapat dihubungkan dengan frekuensi resonansi getaran tanah dan kecepatan gelombang geser (\bar{v}_s). Pramuji (2005) mengemukakan bahwa jika batuan dasar semakin dalam, maka semakin kecil frekuensi resonansinya, sebaliknya semakin dangkal batuan dasar, maka akan memiliki frekuensi resonansi yang semakin tinggi. Hubungan antara frekuensi resonansi dengan ketebalan sedimen dapat dicari dengan menggunakan kaidah pipa organa sebagai berikut :



Gambar 1. Sedimen dan basement disamakan dengan pipa organa

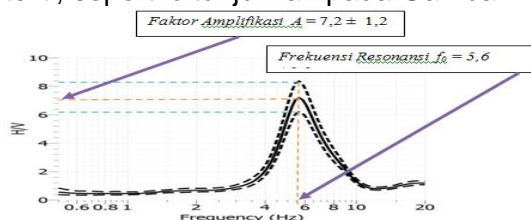
pada kondisi $\frac{1}{4} \lambda$

$$h = \frac{1}{4} \lambda, f_o = \frac{v}{4h} \text{ diperoleh,} \\ f_o = \frac{v}{4h} \quad (2-1)$$

Grafik hubungan antara frekuensi resonansi dengan kedalaman batuan dasar yang membentuk hubungan hiperbolik merupakan salah satu indikasi yang menggambarkan reliabilitas peralatan survei yang digunakan. Berdasarkan hubungan antara tebal sedimen dengan frekuensi resonansi, persamaan kecepatan rata-rata gelombang-S adalah:

$$v_s = 4h f_o \quad (2-2)$$

dengan v_s adalah kecepatan rata-rata gelombang-S, h adalah tebal lapisan sedimen, dan f_o adalah frekuensi resonansi (Bonney, 2004). Hasil v_s ini tentu saja estimasi perhitungan kasar berdasarkan frekuensi resonansi terkait dengan tebal lapisan sedimen. terdapat kecenderungan semakin tebal sedimen akan memiliki v_s yang lebih besar. Dalam penelitian ini Vs30 digunakan untuk menentukan nilai ketebalan sedimen dengan menggunakan formulasi (2-2). Adapun frekuensi yang digunakan adalah frekuensi resonansi hasil olah data mikrotremor di daerah yang diteliti, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh spektrum hasil olah data penelitian diperoleh frekuensi resonansi dan faktor amplifikasi

Hasil penelitian berupa data ketebalan sedimen yang akan dihubungkan oleh produktivitas kelapa sawit di afdeling 1 PT Bio Nusantara Teknologi. Tabel 01. merupakan produktivitas kelapa sawit di lima blok afdeling 1 yang menjadi titik pengambilan data.

Tabel 01. Produktivitas kelapa sawit

Blok	Jumlah Produksi (kg)/ha			Total
	2014	2015	2016	
4	17.9	15.76	13.65	47.73
5	19.3	20.90	19.52	59.75
13	17.3	12.95	12.51	42.72
15	16.4	15.06	14.60	46.04
18	14.4	18.58	27.12	60.11

Selanjutnya hasil penelitian ketebalan sedimen yang telah dihubungkan dengan produktivitas kelapa sawit akan dijadikan sumber informasi yang dimuat dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *Service Learning* yang akan diajarkan dengan model pembelajaran *Problem Based Learning*.

Maurice (2010), *service learning* merupakan cara mengajar dan belajar yang menghubungkan tindakan positif dan bermakna di masyarakat dengan pembelajaran akademik, perkembangan pribadi dan tanggung jawab sebagai warga masyarakat.

LKPD berbasis *service learning* adalah LKPD yang disusun berdasarkan tujuan yang dapat dicapai oleh model pembelajaran *service learning*. *Service Learning* atau *Experiential learning* diperkenalkan John Dewey sebagai model pembelajaran lapangan. Tujuan model pembelajaran *service learning* ini selain melatih siswa agar memiliki pengetahuan tentang situasi nyata dalam masyarakat dan kemampuan untuk mengatasinya, serta untuk membentuk karakter terutama agar mereka memiliki kesadaran berbela rasa atau peduli terhadap kaum yang lemah dan tersisihkan (*preferential option for the poor*). Tahapan model *service learning* akan dimuat dalam penyusunan LKPD yang akan diajarkan kepada siswa dengan model pembelajaran *problem based learning*.

Model *problem based learning* (PBL) tepat untuk digunakan mengingat PBL dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berfikir, pemecahan masalah, keterampilan intelektual, belajar berbagai berperan

orang dewasa melalui pelibatan mereka dalam pengalaman nyata sehingga menjadi pembelajar yang otonom dan mandiri (Trianto, 2010).

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di afdeling 1 PT Bio Nusantara Teknologi Kecamatan Pondok Kelapa, Bengkulu Tengah. Wilayah ini terletak pada koordinat -3,4 - -3,5 LS dan 102,6 - 102,7 BT.

Implementasi hasil penelitian ketebalan sedimen diajarkan di SMK N 1 Padang Jaya pada kelas XI jurusan Agribisnis Tanaman Perkebunan.



Desain Penelitian Waktu Penelitian

Pengambilan data produktivitas kelapa sawit di afdeling satu dilakukan dari tanggal 4 April hingga 13 April 2017. Sedangkan Penelitian pengukuran ketebalan sedimen dilakukan pada tanggal 6 Juni 2017.

Menentukan titik

Penelitian dilakukan pada 5 blok di afdeling 1 PT. Bio Nusantara Teknologi. Blok yang menjadi titik pengambilan data adalah blok 4, 5, 13, 15, dan 18. Pemilihan kelima blok didasarkan pada akses untuk mencapai lokasi, dan kondisi lokasi yang dapat dilakukan penelitian dimana alat ini tidak dapat bekerja pada lokasi yang tergenang air.

Desain penelitian pendidikan

Untuk mengetahui peningkatan pengetahuan peserta didik, maka hasil belajar kognitif diambil dari nilai evaluasi sebelum dan setelah

pembelajaran dengan *pretest* dan *posttest*

Pengolahan Data

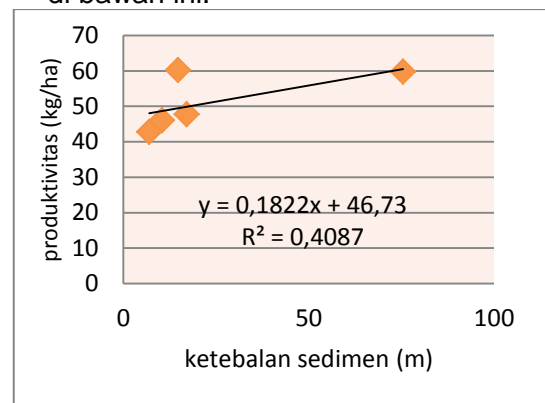
Setelah dilakukan penelitian di lapangan, didapatkan hasil rekam data mikrotremor yang selanjutnya diolah menggunakan aplikasi geopsy untuk mendapatkan harga f_0 dan A_0 . Pengolahan data menggunakan *software* Geopsy akan diperoleh grafik HVSR, sehingga akan didapatkan nilai frekuensi dan amplitudo dari masing-masing puncak HVSR.

Ketebalan sedimen dapat dihitung setelah didapatkan harga f_0 , dan V_{s30} . Frekuensi dominan (f_0) didapat melalui *software* geopsy, sedangkan untuk mendapatkan data V_{s30} didapatkan melalui situs USGS.

Ketebalan sedimen dapat diketahui menggunakan rumus Nakamura setelah data f_0 dan V_{s30} diketahui. Rumus Nakamura yang digunakan yaitu :
$$h = \frac{V_{s30}}{4f_0}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil produktivitas kelapa sawit dan perhitungan ketebalan sedimen ditampilkan dengan diagram di bawah ini:



Gambar 4. hubungan ketebalan lapisan sedimen dan produktivitas kelapa sawit

Untuk menguji ada atau tidaknya hubungan antara ketebalan sedimen dengan produktivitas kelapa sawit, maka dilakukan uji *pearson product moment* menghasilkan data sebagai berikut :

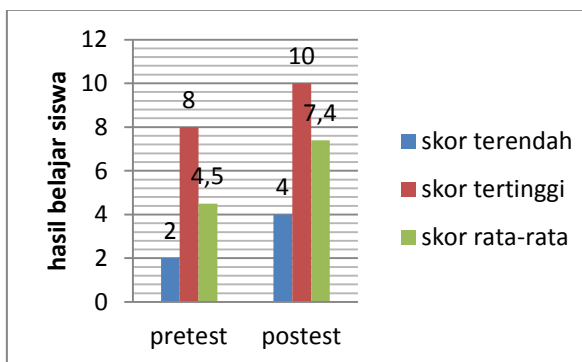
Tabel 02. Tabel Korelasi Ketebalan Sedimen dengan Produktivitas

Ketebalan (m)	Produktivitas (kg/ha)	korelasi
17,1	47,73	0,6392
70,8		
75,5	59,7	
45,2		
7,0	42,72	
14,5		
10,5	46,04	
61,9		
14,8	60,2	
19,3		

Berdasarkan tabel di atas, dapat kita ketahui bahwa skor korelasi hubungan antara ketebalan sedimen dan produktivitas kelapa sawit adalah 0,6392. Artinya, sesuai dengan pedoman umum dalam menentukan korelasi, ada hubungan korelasi sedang antara ketebalan sedimen dan produktivitas kelapa sawit, yaitu semakin tebal lapisan sedimen maka produktivitas kelapa sawit semakin tinggi.

Setelah hubungan antara ketebalan lapisan sedimen dan produktivitas diketahui, selanjutnya data tersebut ditampilkan dalam LKPD berbasis *service learning* dan diajarkan kepada peserta didik. Sebelum pembelajaran siswa diberikan tes, setelah pembelajaran, siswa kembali mengerjakan soal tes yang sama.

Peningkatan hasil belajar kognitif setelah diajarkan dengan media LKPD berbasis *service Learning* menggunakan model pembelajaran *PBL* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan hasil *pretest* dan *posttest*

Berdasarkan grafik di atas, dapat kita lihat bahwa skor *posttest* siswa dari skor tertinggi, terendah, serta skor rata-rata mengalami peningkatan. Hal ini membuktikan bahwa setelah dilakukan perlakuan yaitu pembelajaran di kelas menggunakan LKPD berbasis *service learning* dengan model *Problem Based Learning* dapat menaikkan hasil belajar fisika siswa, senada dengan pendapat **Wibawa (2015)** dalam penelitiannya, bahwa *Problem Based Learning* dapat meningkatkan hasil belajar, motivasi, dan aktivitas siswa di dalam kelas, sejalan pula dengan penelitian **Rahmat, et al (2017)** dalam penelitiannya tentang pengembangan LKPD IPA berbasis *service learning* materi sistem pencernaan untuk meningkatkan *reflective thinking* peserta didik SMPN 1 Mlati menyimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan didapat rata-rata nilai *pretest* yaitu sebesar 72,19 dan rata-rata nilai *posttest* yaitu 90,63. Hasil skor *pretest* dan *posttest* siswa setelah dihitung dengan N_{gain} menghasilkan tiga klasifikasi sebagai berikut :

Tabel 4.3 Presentase Klasifikasi kenaikan hasil belajar siswa berdasarkan Skor N_{Gain} tiap siswa

Klasifikasi	Jumlah siswa	Presentase
Tinggi	2	11%
Sedang	13	72%
Rendah	3	17%

Dari tabel 4.3 diketahui bahwa berdasarkan skor N_{gain} dapat diklasifikasikan menjadi 3 kriteria, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Siswa dominan berada pada kategori sedang dengan presentase 72 %. Berdasarkan perhitungan didapat rata-rata nilai *pretest* dalam satu kelas yaitu sebesar 4,5 dan rata-rata nilai *posttest* sebesar 7,4. Sehingga dapat dihitung N_{gain} kelompok sebesar 0,52 yang berada pada kategori "sedang".

PENUTUP SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat hubungan antara ketebalan sedimen dengan produktivitas kelapa sawit, ditunjukkan dengan koefisien relasi pada diagram *scatter* menunjukkan angka 0,408 yang mendekati +1 menunjukkan terdapatnya hubungan, selain itu berdasarkan Uji hipotesis menggunakan *Product Moment*, koefisien korelasi menunjukkan angka 0,6392 yang berarti ada hubungan sedang antara ketebalan sedimen dan produktivitas kelapa sawit.
2. Adanya peningkatan skor hasil belajar kognitif peserta didik setelah diajarkan menggunakan LKPD berbasis *service learning* dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* berdasarkan nilai rata-rata N-gain kelompok 0,52 (kriteria sedang)

SARAN

Saran-saran yang peneliti dapat berikan antara lain:

1. Titik pengambilan data sebaiknya lebih banyak, sehingga hasil penelitian akan lebih jelas dan tegas.
2. Penelitian sejenis dapat dilakukan dengan menghubungkan pengaruhnya terhadap variabel yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonnefoy, S.C., Cotton, F., dan Bard, P.-Y. 2006. The Nature of Noise Wavefield and its Applications for Site Effects Studies: A Literature Review. *EarthScience Reviews*, 79(3-4), 205-227.
- Gandasasmita, K., Sumawinata, B., Nurmala, S..2009. Hubungan Karakteristik Lahan Dengan Produktivitas TBS. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* : Institut Pertanian Bogor
- Martasari, S.F. 2013. Analisis Struktur Lapisan Tanah Berdasarkan Ketebalan Sedimen Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode *Horizontal to Vertical Spektral Ratio* (HVSr). Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi : Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Maurice. 2010. *Service Learning Handbook*. North Carolina: Guilford County Schools, *Service Learning Handbook.pdf*
- Pamuji, A., Muskananfolo, M.R., A'in, C. 2015. Pengaruh Sedimentasi terhadap Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal Saintek Perikanan* : Universitas Diponegoro
- Pipkin, B.W. 1977. *Laboratory Exercise in Oceanography*. San Fransisco : W.H. Freeman and Company.
- Pramuji, Bram .2015 . Pengolahan Data Site Effect Di Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Dengan Studi Kasus Gempa Yogyakarta 27 Mei 2006. Masters thesis, upn "veteran" yogyakarta.
- Rachmawati, Buchori, D., Hidayat, P., Hem, S., Fahmi, M.R. 2010. Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. Institut Pertanian Bogor
- Trianto. 2010. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif – Progresif*. Surabaya : Kencana
- Rahmat, Yudist P, Asri W, Widodo SW. 2017. Pengembangan LKPD IPA Berbasis *Service Learning* Materi Sistem Pencernaan untuk Meningkatkan Reflective Thinking Peserta Didik SMPN 1 Mlati. *Jurnal FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Wibawa. 2015. Penerapan Metode Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa Kelas XI pada Mata Pelajaran Menggambar Teknik Mesin di SMK PIRI Sleman. Skripsi. Fakultas Teknik UNY.
- Wigena, I.G.P., Sudrajat, Sitorus, S.R.P., Siregar, H. 2009. *Karakterisasi Tanah dan Iklim serta kesesuaiannya untuk Kebun Kelapa Sawit Plasma di Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau*. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

PENENTUAN NILAI EMISIVITAS WARNA MENGGUNAKAN PENERANGAN PADA MINIATUR RUANG BERBENTUK KUBUS DAN PROSES PEMBELAJARAN FISIKA KELAS X SMK NEGERI 2 BENGKULU TENGAH

(Determination of Color Emission Value Using Information on Miniature Space for Cube and Learning Process Physics Class X SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah)

Cariti Dassa Urra^{1*}, A. Mayub², M. Farid³

¹ Mahasiswa Pascasarjana Pend. IPA FKIP Univ. Bengkulu

² Dosen Pendidikan Fisika FKIP Univ. Bengkulu

³ Dosen Jurusan Fisika FMIPA Univ. Bengkulu

*caritidassaurra@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to: know the value of emissivity of purple, green, blue, red, light green, light blue, orange, yellow, pink, and improvement of learning outcomes by using PBL model on the concept of heat transfer class X TKR SMKN 2 Bengkulu Tengah, and explain the difference of students' cognitive learning outcomes in high, medium and low group. This study deals with the measurement of color emissivity and its implementation in physics learning on the topic of heat transfer. The population in this study is all students of class X SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah academic year 2016/2017. The sample is taken by purposive sampling technique, that is class X.TKR (Light Vehicle Technique) which is taught by Problem Based Learning (PBL) model. This research is a quasi experimental research with One Group pretest-posttest design. The results showed that the purple comet value was 0.91, the green emissivity (going green) was 0.84, the blue emissivity (true blue) was 0.77, the red color emissivity (talk of the town) 0.66, light green color emissivity (apple martini) of 0.61, blue sky emissivity of 0.54, orange torch emission of 0.50, emissivity of light brown (pastry puff) of 0.46, yellow color emission (absolute yellow) of 0.37, and pink emissivity (crystal pink) of 0.24; There is an increase in learning outcomes on the concept of high, medium and low group high caloric transfer with N-gain values of 0.76 (high), 0.64 (medium), and 0.46 (moderate); There was a difference of students' cognitive learning outcomes in the high, medium and low groups shown by $F_{count} > F_{table}$ ($4.40 > 3.35$) at the 5% significance level.

Keywords: emissivity, color, problem based learning, learning outcome of SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: mengetahui nilai emisivitas warna ungu, hijau, biru, merah, hijau muda, biru muda, jingga, coklat muda kuning, merah muda, dan peningkatan hasil belajar dengan menggunakan model PBL pada konsep perpindahan kalor siswa kelas X TKR SMKN 2 Bengkulu Tengah, dan menjelaskan perbedaan hasil belajar kognitif siswa pada kelompok tinggi, sedang dan rendah. Penelitian ini berkaitan dengan pengukuran emisivitas warna serta implementasinya pada pembelajaran fisika pada topik perpindahan kalor. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah tahun pelajaran 2016/2017. Sampel diambil dengan teknik *sampling purposive*, yaitu kelas X.TKR (Teknik Kendaraan

Ringan) yang diajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian ini adalah penelitian eksperimen semu dengan desain One Group *pretest-posttest design*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai emisivitas warna ungu (*purple comet*) sebesar 0,91, emisivitas warna hijau (*going green*) sebesar 0,84, emisivitas warna biru (*true blue*) sebesar 0,77, emisivitas warna merah (*talk of the town*) sebesar 0,66, emisivitas warna hijau muda (*apple martini*) sebesar 0,61, emisivitas warna biru muda (*sky blue*) sebesar 0,54, emisivitas warna jingga (*orange torch*) sebesar 0,50, emisivitas warna coklat muda (*pastry puff*) sebesar 0,46, emisivitas warna kuning (*absolute yellow*) sebesar 0,37, dan emisivitas warna merah muda (*crystal pink*) sebesar 0,24; Terdapat peningkatan hasil belajar pada konsep Perpindahan Kalor siswa kelompok tinggi, sedang dan rendah dengan nilai N-gain masing-masing sebesar 0,76 (tinggi), 0,64 (sedang), dan 0,46 (sedang); Terdapat perbedaan hasil belajar kognitif siswa pada kelompok tinggi, sedang dan rendah yang ditunjukkan oleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($4,40 > 3,35$) pada taraf signifikansi 5%.

Kata kunci : emisivitas, warna, *problem based learning*, hasil belajar SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah

PENDAHULUAN

Emisivitas (ϵ) adalah rasio energi yang dipancarkan oleh material tertentu oleh benda hitam (*black body*) yang ideal pada suhu yang sama (Jin dan Liang, 2005). Hal itu merupakan kemampuan suatu benda untuk meradiasikan energi yang diserapnya. Benda hitam sempurna memiliki emisivitas sama dengan 1 ($\epsilon=1$) sementara objek sesungguhnya memiliki emisivitas kurang dari satu. Emisivitas adalah satuan yang tidak berdimensi. Pada umumnya, semakin kasar dan hitam benda tersebut, emisivitas meningkat mendekati 1.

Penelitian-penelitian tentang pengaruh warna terhadap perpindahan panas telah banyak dilakukan sebelumnya. (Uemoto, 2010) mengatakan bahwa perubahan warna (polos, putih, kuning dan coklat) mempengaruhi perpindahan panas pada atap, dan warna coklat memiliki temperatur luar paling tinggi diantara warna-warna tersebut. Pada eksperimen yang telah dilakukan dia menggunakan lampu sebagai sumber panas. Dan dari hasil eksperimen diketahui bahwa warna coklat memiliki temperatur permukaan tertinggi sebesar $81,7^{\circ}\text{C}$ dibandingkan warna kuning sebesar $69,8^{\circ}\text{C}$ dan warna putih sebesar 57°C .

Dalam teori warna Daniel dalam Anambyah dan Setyowati (2010) warna-warna cerah akan memantulkan cahaya, sedangkan warna-warna gelap cenderung

menyerap cahaya. Menurut Prasasto dalam Anambyah dan Setyowati (2010) dalam Penggunaan bahan-bahan bangunan yang bersifat memantulkan cahaya dan panas atau bahan-bahan yang bersifat menyimpan panas akan menyebabkan meningkatnya temperatur lingkungan (di dalam dan di luar bangunan) (*heat-island effect*).

Suatu penerangan diperlukan oleh manusia untuk mengenali suatu objek secara visual. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan industri peduli penghematan energi dalam sistem penerangan. Seringkali, penghematan energi yang cukup berarti investasi yang minim dan masuk akal. Menerapkan sistem pencahayaan yang efisien sehingga penggunaan listrik bisa lebih hemat dan sangat menguntungkan. Pasalnya, pencahayaan atau penerangan mengkonsumsi kurang lebih 30% dari total energi dalam suatu bangunan. Maka konsumsi listrik sebuah lampu merupakan faktor utama untuk memilih solusi pencahayaan. Dengan desain pencahayaan yang baik, penghematan energi jelas sangat berarti (Amin, 2011)

Menghitung nilai emisivitas warna dengan menggunakan media ruang

berbentuk kubus, dirasa sangat perlu untuk para siswa sekolah. Salah satu cara adalah dengan menggunakan miniatur ruang berbentuk kubus dalam pembelajaran fisika.. Berdasarkan observasi di SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah, pada umumnya para siswa menganggap pelajaran fisika sebagai pelajaran yang sulit dan tidak menarik. Hal ini terjadi karena pelajaran fisika bersifat abstrak, empiris dan matematis sehingga minat dan motivasi siswa sangat kurang. Dari hasil wawancara diketahui bahwa nilai rata-rata ujian fisika siswa kelas X TKR berada dibawah nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yaitu 75. Pada T.P. 2016/2017 rata-rata nilai UAS Semester Ganjil adalah 60. Data ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata ujian fisika kelas X TKR pada sekolah tersebut masih tergolong rendah. Berdasarkan kenyataan tersebut, perlu diterapkan suatu model pembelajaran yang sesuai dan mampu meningkatkan aktivitas dan hasil belajar fisika siswa.

Suparno (2013) mengemukakan dalam pembelajaran fisika yang terpenting adalah siswa yang aktif belajar fisika, maka semua usaha guru harus diarahkan untuk membantu dan mendorong siswa mau mempelajari fisika sendiri. Guru dituntut dapat memilih model pembelajaran yang dapat menumbuhkan semangat setiap siswa untuk secara aktif ikut terlibat dalam pengalaman belajarnya. Salah satu model pembelajaran yang memungkinkan mengembangkan keterampilan berpikir, kemandirian dan percaya diri siswa adalah model *Problem Based learning* (PBL).

KERANGKA TEORITIS

Emisivitas berhubungan erat dengan dengan radiasi kalor. Joseph Stefan (1853-1893) dan Ludwig Boltzmann (1844-1906) mengemukakan hukum yang disebut dengan Hukum Stefan-Boltzmann yang berbunyi:

"Jumlah energi yang dipancarkan persatuan permukaan suatu benda hitam dalam satuan waktu akan berbanding lurus dengan pangkat empat temperatur termodinamikanya"

Hukum Stefan-Boltzmann ini secara matematis ditulis :

$$I_{total} = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Intensitas merupakan daya persatuan luas, maka persamaan (1) dapat ditulis sebagai:

$$\frac{P}{A} = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Besarnya nilai hambatan masing-masing warna dapat digunakan untuk menentukan nilai emisivitas masing-masing warna tersebut. Dengan menganggap bahwa emisivitas warna hitam adalah 1 dan pada kondisi suhu (T) dan luas daerah (A) yang sama, maka besarnya perbandingan nilai hambatan masing-masing warna dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{k \cdot R_H}{k \cdot R_X} = \frac{e_H \sigma T_H^4 A}{e_X \sigma T_H^4 A} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Perbandingan nilai hambatan ini dapat digunakan untuk menentukan emisivitas masing-masing warna. Nilai emisivitas warna hitam (e_H) = 1, maka persamaan emisivitas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$e_X = \frac{R_X}{R_H} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

R_H = nilai hambatan warna hitam

R_X = nilai hambatan warna tertentu

e_H = emisivitas warna hitam

e_X = emisivitas warna tertentu

METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian sains yang bertujuan menentukan nilai emisivitas warna ungu (*purple comet*), hijau (*going green*), biru (*true blue*), merah (*talk of the town*), hijau muda (*apple martini*), biru muda (*sky blue*), jingga (*orange torch*), coklat muda (*pastry puff*), kuning (*absolute yellow*), dan merah muda (*crystal pink*). Penelitian sains dilakukan di Laboratorium SMK Negeri 2 Bengkulu tengah pada tanggal 16-22 Maret 2017. Penelitian pendidikan dilaksanakan di SMK Negeri 2 Bengkulu tengah pada tanggal 24 – 28 April 2017.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah tahun pelajaran

2016/2017. Sampel diambil dengan teknik *sampling purposive*, yaitu kelas X.TKR (Teknik Kendaraan Ringan) yang diajar dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian ini adalah

penelitian eksperimen semu menggunakan desain *one group pretest-posttest design*. Rancangan penelitian ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Desain penelitian

Subjek	Pretest	Perlakuan	Posttest
	O	X	O

Keterangan:

O : *Pretest* dan *posttest*

X : Penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *Problem Based Learning*, sedangkan variabel terikatnya adalah hasil belajar fisika siswa. Instrumen penelitian terdiri atas perangkat pembelajaran (RPP dan LKS) dan instrumen pengumpulan data (soal *pretest* dan *posttest* sebanyak 10 soal). Perangkat pembelajaran digunakan dalam pelaksanaan pembelajaran, Sedangkan instrumen pengumpulan data sebagai alat pengambilan data penelitian. Data penelitian adalah nilai pemahaman konsep (kognitif) yang dikumpulkan dengan teknik tes tertulis dalam bentuk soal pilihan ganda. Sebelum digunakan, semua instrumen tersebut dilakukan uji validitas. Untuk RPP dan LKS hanya dilakukan uji validitas isi oleh satu orang dosen dan dua orang guru fisika. Sedangkan instrument tes kognitif dilakukan uji validitas isi dan reliabilitas (ICC) oleh satu orang dosen dan dua orang guru fisika (sebagai *judgment experts*). Setelah itu, soal tes kognitif diujikan di lapangan. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menguji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda soal. Berdasarkan hasil uji tersebut diperoleh: (1) tes kognitif yang diterima 10 butir dengan realibilitas tinggi ($r_{11} = 0,78$), (2) sebanyak 5 butir soal tidak valid dan dibuang. Data

penelitian ini berupa nilai pemahaman konsep fisika. Data tersebut dianalisis dengan statistik deskriptif dan uji ANAVA. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan nilai pemahaman konsep fisika pada kelompok tinggi, sedang dan rendah. Sedangkan uji ANAVA untuk pengujian terhadap hipotesis yang telah dirumuskan pada taraf signifikansi 5%. Hipotesis penelitian ini, yaitu: (1) Terdapat peningkatan hasil belajar kognitif pada konsep Perpindahan Kalor siswa kelas X TKR SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah kelompok tinggi, sedang dan rendah, dan 2) Terdapat perbedaan hasil belajar kognitif pada konsep Perpindahan Kalor siswa kelas X-TKR SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah kelompok tinggi, sedang dan rendah. Hipotesis **pertama** diuji dengan nilai N_{gain} . Hipotesis **kedua** diuji dengan Uji ANAVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran nilai hambatan yang digunakan untuk menentukan nilai emisivitas menggunakan multimeter digital dan multimeter analog sebagai validasi. Hasil perhitungan nilai emisivitas dari nilai hambatan yang diukur dengan multimeter analog dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Emisivitas Rata-Rata²

No	Warna	rata-rata	Standar Deviasi
1	Ungu (<i>purple comet</i>)	0,91	0,019
2	Hijau (<i>going green</i>)	0,84	0,023
3	Biru (<i>true blue</i>)	0,77	0,024
4	Merah (<i>talk of the town</i>)	0,66	0,011

5	Hijau muda (<i>apple martini</i>)	0,61	0,013
6	Biru muda (<i>sky blue</i>)	0,54	0,020
7	Jingga (<i>orange torch</i>)	0,50	0,018
8	Coklat muda (<i>pastry puff</i>)	0,46	0,021
9	Kuning (<i>absolute yellow</i>)	0,37	0,013
10	Merah muda (<i>crystal pink</i>)	0,24	0,012

Dari data hasil penelitian ini didapat urutan warna berdasarkan nilai emisivitasnya. Urutan warna yang di dapat yaitu : ungu (*purple comet*), hijau (*going green*), biru (*true blue*), merah (*talk of the town*), hijau muda (*apple martini*), biru muda (*sky blue*), jingga (*orange torch*), coklat muda (*pastry puff*), kuning (*absolute yellow*), dan yang terakhir merah muda (*crystal pink*). Urutan tersebut terlihat berdasarkan tingkat gelap dan terang suatu warna. Semakin gelap suatu warna maka semakin besar nilai emisivitasnya, sebaliknya semakin terang suatu warna maka semakin kecil nilai emisivitasnya. Hasil penelitian ini sependapat dengan Satwiko (dalam Yohana dkk : 2011) yang menyatakan nilai emisivitas atau absorpsi panas warna gelap lebih besar dibandingkan dengan warna terang sehingga warna gelap cenderung menangkap atau menyimpan panas sedangkan warna terang cenderung memiliki sifat memantulkan panas.

Hasil tersebut didukung oleh Ilminnafik (2015) dalam penelitiannya yang berjudul variasi bahan dan warna atap bangunan untuk menurunkan temperatur ruangan akibat pemanasan global menyatakan warna gelap (merah) cenderung menyerap panas lebih besar dibandingkan warna lebih cerah (abu-abu).

Emisivitas tertinggi pada penelitian ini yaitu warna ungu (*purple comet*) dengan rata-rata emisivitasnya 0,91 dan standar deviasinya 0,019. Rata-rata emisivitas warna hijau (*going green*) sebesar 0,84 dengan standar deviasinya 0,023, sedangkan nilai emisivitas pada literatur (*table of total emissivity OMEGASTOPE*) sebesar 0,92 untuk warna *green* Cu₂O₃. Rata-rata emisivitas warna biru (*True Blue*) sebesar 0,77 dengan standar

deviasinya 0,024, sedangkan nilai emisivitas pada literatur (*table of total emissivity OMEGASTOPE*) sebesar 0,78 untuk *blue on al foil*.

Rata-rata emisivitas warna merah (*talk of the town*) sebesar 0,66 dengan standar deviasinya 0,011 sedangkan nilai emisivitas pada literatur (*table of total emissivity OMEGASTOPE*) sebesar 0,61 ini untuk *red on al foil (2 coats)*. Rata-rata emisivitas warna hijau muda (*apple martini*) sebesar 0,61 dan standar deviasinya 0,013. Rata-rata emisivitas warna biru muda (*sky blue*) sebesar 0,54 dan standar deviasinya 0,020. Rata-rata emisivitas warna jingga (*orange torch*) sebesar 0,50 dengan standar deviasinya 0,018.

Rata-rata emisivitas warna coklat muda (*pastry puff*) sebesar 0,46 dengan standar deviasinya 0,021, sedangkan nilai emisivitas pada literatur (*table of total emissivity OMEGASTOPE*) sebesar 0,87 untuk warna *brown*. Rata-rata emisivitas warna kuning (*absolute yellow*) sebesar 0,37 dengan standar deviasinya 0,013, sedangkan nilai emisivitas pada literatur (*table of total emissivity OMEGASTOPE*) sebesar 0,57 untuk *yellow on al foil*. Rata-rata emisivitas warna merah muda (*crystal pink*) sebesar 0,24 dan standar deviasinya 0,012.

Terdapat Perbedaan nilai emisivitas ini dapat terjadi karena warna yang peneliti pakai tidak sama dengan warna yang literature pakai serta bahan yang digunakan juga berbeda. Warna yang peneliti gunakan dalam penelitian ini menggunakan warna cat tembok. Perbedaan alat yang digunakan juga sangat berpengaruh. Pada literature, alat yang digunakan adalah omegastope atau

infrared pyrometers, sedangkan peneliti menggunakan multimeter untuk mencari perbandingan nilai hambatan warna untuk mendapatkan nilai emisivitasnya. Semua laboratorium memiliki alat laboratorium berupa multimeter, sehingga guru fisika dapat mengadopsi penelitian ini untuk memberikan variasi pembelajaran fisika yang lebih baik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa tiap-tiap warna memiliki nilai emisivitas yang berbeda berdasarkan tingkat kegelapan warnanya. Semakin gelap warna semakin besar nilai emisivitasnya. Begitu pula sebaliknya, semakin terang warnanya semakin kecil nilai emisivitasnya. Besar kecilnya nilai emisivitas menunjukkan kemampuan suatu benda/zat menyerap energi panas dari lingkungannya (Lillesand et al., 2008).

Sebagian arsitek mengakui warna merupakan salah satu bentuk komunikasi verbal yang menyampaikan sebuah pesan kepada orang lain maupun diri sendiri. Warna menyampaikan sebuah pesan identitas dan menjadi sebuah symbol perasaan seperti psikologis, motivasi, dan estetika. Selain bisa dipandang dari aspek keindahan, pemilihan warna yang tepat untuk bangunan juga sangat berpengaruh terhadap penyerapan energi radiasi cahaya lampu pada setiap bangunan. Hal ini tentu saja dapat dijadikan sebagai salah satu solusi penghematan listrik pada skala bangunan, yang paling mudah diterapkan pada skala rumah tinggal dengan mempertimbangkan konfigurasi arsitekturalnya, susunan material, dimensi hingga pewarnaan dinding bangunan perlu diperhatikan.

Krisis energi merupakan masalah yang sangat mengkhawatirkan, berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi kemungkinan terjadinya krisis energi salah satunya dengan cara menghemat listrik. Pemilihan warna cat tembok ruangan menjadi salah satu yang mempengaruhi pencahayaan di suatu ruangan. Pemilihan warna yang gelap tentunya dapat membuat

penggunaan lampu yang lebih besar dibandingkan warna yang lebih terang. Sehingga pemilihan warna cat tembok yang cenderung terang dapat berperan dalam penghematan energy listrik.

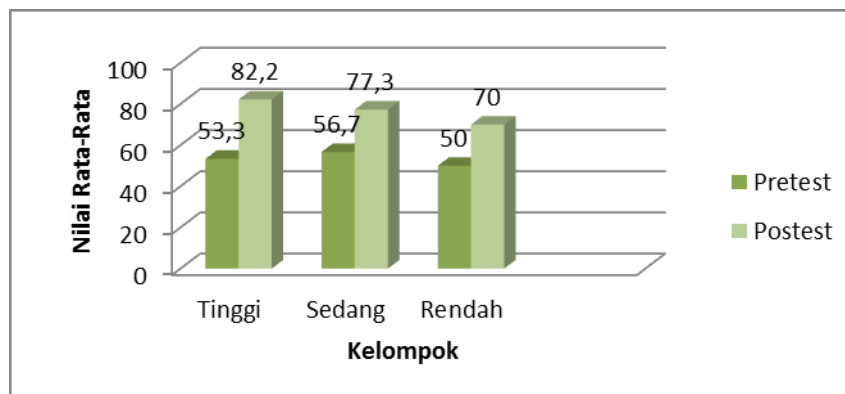
Pemerintah sudah menyadari bahwa diperlukan adanya kebijakan nasional yang mengatur tentang energi, karena energi telah menjadi masalah besar yang dihadapi oleh dunia global beberapa waktu lalu. Peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional Pasal 6 menyatakan bahwa semua pihak harus memanfaatkan energi secara efisien di semua sektor. Pemilihan warna cat yang sesuai untuk bangunan dapat menekan jumlah konsumsi energi listrik, yang dapat diartikan sebagai salah satu upaya pemanfaatan energi secara efisien.

Semakin terang warna cat yang digunakan terbukti semakin kecil konsumsi energi cahaya lampu pada suatu ruangan. Yohana dan Bayu (2011) mengemukakan penelitian mengenai panas yang tersimpan di dalam ruangan akan lebih besar dengan dinding bagian luar menggunakan cat warna gelap dibandingkan dengan rumah yang dinding bagian luarnya menggunakan cat warna terang. Nilai rata-rata panas yang tersimpan pada rumah menggunakan exhaust fan dengan tanpa cat 10,34 Watt, warna cat putih 6,93 watt, warna cat abu-abu 9,56 watt dan warna cat kuning 7,63 watt. Sedangkan panas yang tersimpan pada rumah tanpa menggunakan exhaust fan (secara alami) dengan tanpa cat sebesar 11,79 watt, cat putih 7,00 watt, cat abu-abu 10,83 watt dan warna cat kuning 8,46 watt.

Setelah data emisivitas diperoleh penelitian dilanjutkan dalam proses pembelajaran di SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah pada tanggal 24 - 28 April 2017. Hasil penelitian memperoleh data-data sebagai berikut:

1) Rata-rata Pretest dan Posttest

Hasil pretest dan Posttest dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Grafik nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*

Dari gambar terlihat masing-masing kelompok mengalami peningkatan hasil belajar kognitif. Kelompok tinggi mengalami kenaikan rata-rata nilai sebesar 28,9; kelompok sedang sebesar 20,6; kelompok rendah sebesar 20,0.

2) Simpangan Baku

Simpangan baku nilai *posttest* yang diperoleh dari penelitian sebesar sebesar 8,3 untuk kelompok tinggi, kelompok sedang sebesar 7,9 dan kelompok rendah sebesar 6,3. Hal ini mengindikasikan bahwa kelompok tinggi memiliki sebaran nilai yang lebih tinggi daripada kelompok lainnya.

3) Perhitungan Gain

Tabel 6 menunjukkan bahwa kelompok tinggi memiliki nilai N-gain lebih tinggi dari kelompok lainnya sebesar 0,76 dalam katagori tinggi. Kelompok sedang memiliki nilai N-gain sebesar 0,64 dalam katagori sedang. Kelompok rendah memiliki nilai N-gain paling rendah sebesar 0,46 dalam katagori sedang. Hal ini berarti bahwa kelompok tinggi memiliki peningkatan nilai yang lebih tinggi dari kelompok lainnya.

4) Analisis Inferensial

Analisis inferensial dalam penelitian ini menggunakan uji ANAVA. Ringkasan perhitungan Anava dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Ringkasan Perhitungan Anava

Sumber Varians	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	Taraf Signifikansi	Keputusan
Antar kelompok	537,78	2	268,89	4,40	$\alpha = 0,05$ $F_{tabel} = 3,35$	$F_{hitung} > F_{tabel}$ $4,40 > 3,35$ Jadi H_2 diterima untuk taraf signifikansi 5%
Dalam kelompok	1.648,89	27	61,07			
Total	-	29	-			

Dari perhitungan N-gain diperoleh kesimpulan bahwa masing-masing kelompok mengalami peningkatan hasil belajar. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kenaikan hasil belajar siswa kelompok tinggi, sedang dan rendah maka dilakukan uji Analisis Varian (Anava). Uji ANAVA menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($4,40 > 3,35$) pada taraf signifikansi 5%, sehingga H_2 diterima. Kesimpulan dari perhitungan anava adalah terdapat perbedaan hasil

belajar kognitif siswa pada kelompok tinggi, sedang dan rendah dengan menggunakan model PBL. Sependapat dengan Lia Yunita pada tahun 2016 dengan judul “Efektifitas *Problem Based Learning* Berbantuan Edmodo untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika Studi pada Suhu dan Kalor Kelas X Teknik Kendaraan Ringan SMK Tunas Bangsa Wanareja”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *problem based learning*

berbantuan *edmodo* efektif dalam meningkatkan prestasi belajar fisika.

Pada proses pembelajaran, fungsi guru hanya sebagai fasilitator, yaitu memberikan bimbingan/pengarahan seperlunya kepada siswa. Keaktifan siswa lebih ditekankan pada proses pembelajaran. Dari penjabaran mengenai hasil penelitian di atas, jelas terlihat bahwa pembelajaran fisika dengan menggunakan model *problem based learning* mampu meningkatkan hasil belajar siswa. Model *problem based learning* berkaitan dengan penggunaan kecerdasan dari dalam diri individu yang berada dalam sebuah kelompok atau lingkungan untuk memecahkan masalah yang bermakna, relevan dan kontekstual. Penerapan model ini dalam pembelajaran menuntut kesiapan baik dari pihak guru yang harus berperan sebagai fasilitator sekaligus sebagai pembimbing. Guru dituntut dapat memahami secara utuh dari setiap bagian dan konsep model *problem based learning* dan menjadi penengah yang mampu merangsang kemampuan berpikir siswa. (Rusman, 2010:247)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa: 1) Nilai emisivitas warna ungu (purple comet) adalah 0,91, emisivitas warna hijau (going green) adalah 0,84, emisivitas warna biru (true blue) adalah 0,77, emisivitas warna merah (talk of the town) adalah 0,66, emisivitas warna hijau muda (apple martini) adalah 0,61, emisivitas warna biru muda (sky blue) adalah 0,54, emisivitas warna jingga (orange torch) adalah 0,50, emisivitas warna coklat muda (pastry puff) adalah 0,46, emisivitas warna kuning (absolute yellow) adalah 0,37, dan emisivitas warna merah muda (crystal pink) adalah 0,24. 2) Terdapat peningkatan hasil belajar pada konsep Perpindahan Kalor siswa kelas X TKR SMK Negeri 2 Bengkulu Tengah kelompok tinggi, sedang, dan rendah. Nilai N-gain untuk kelompok tinggi sebesar 0,76 dalam katagori tinggi, kelompok sedang sebesar 0,64 dalam katagori sedang, dan kelompok rendah sebesar 0,46 dalam katagori sedang. 3) Terdapat perbedaan

hasil belajar kognitif siswa pada kelompok tinggi, sedang dan rendah yang ditunjukkan oleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($4,40 > 3,35$) pada taraf signifikansi 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. 2011. *Optimasi Sistem Pencahayaan dengan Memanfaatkan Cahaya Alami (Studi Kasus Lab. Elektronika dan Mikroprosesor UNTAD)*. 1(1): 43-50. Diakses 3 Agustus 2016
- Anambyah, S dan Endang S. 2010. *Pengaruh Pewarnaan Beton Cetak Pada Dinding Serap Sebagai Selubung Bangunan Tinggi*. ForumTeknik Vol. 33, No. 2, Mei 2010. Diakses 3 Agustus 2016
- Ilminnafik, N., Digdo L.S., Hary. S., Ade. A. M. M dan Erfani. M. 2015. Variasi bahan dan warna atap bangunan untuk Menurunkan Temperatur Ruangan akibat Pemanasan Global. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*. Banjarmasin, 7-8 Oktober 2015. Diakses 29 Juni 2016
- Jin, M dan Shunlin L. 2005. An Improved Land Surface Emissivity Parameter for Land Surface Models Using Global Remote Sensing Observations. *Journal of Climate*. 15 Juni 2006. Diakses 23 Agustus 2016
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. & Chipman, H. W., 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York : Sixth ed. John Willey & Son. Diakses 3 Agustus 2016
- Peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional
- Rusman. 2010. *Model-model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Suparno, P. 2013. *Metodologi Pembelajaran Fisika Konstruktivistik dan Menyenangkan*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma
- Uemoto, K. L., Neide. M. N., Vanderley dan John. S. 2010. *Estimating Thermal Performance of Cool Colored Paints*.

<http://www.elsevier.com/locate/enbuild>.
Diakses 9 Juni 2016

Yohana, E dan Bayu N. 2011. *Perbandingan Stack Effect pada Rumah secara Konveksi Paksa dan Konveksi Alami Ketika Kondisi Hujan*. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>. Diakses 29 Juni 2016

Yunita, L. 2016. *Efektifitas Problem Based Learning Berbantuan Edmodo untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Fisika Studi pada Suhu dan Kalor Kelas X Teknik Kendaraan Ringan SMK Tunas Bangsa Wanareja*. Prosiding Seminar Nasional XI Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta. Diakses 2 Juni 2017

PEMBELAJARAN FISIKA KONSEP KALOR DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA PIROLISIS SAMPAH PLASTIK UNTUK MENINGKATKAN KETRAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA DI SMAN 3 BENGKULU TENGAH

(Learning Physics Concept Physics using Plastic Waste Pyrolysis Media to Increase Student Critical Thinking Skills in SMAN 3 Bengkulu Tengah)

Umi Kalsum^{1*}, Agus Sundaryono¹ dan Muhammad Farid²

¹Mahasiswa Program studi S-2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

²Dosen Program studi S-2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

³Dosen FMIPA Universitas Bengkulu, Indonesia

*cahayabintang259@gmail.com

ABSTRACT.

The objectives of this research are (1) to know the value of density, viscosity, fog point, oil absorption caloric, odor, color and fire sensitivity, in pyrolysis of plastic garbage from condenser one and two adsorbed using zeolite and activated charcoal, (2) the content contained in pyrolysis plastic waste oil adsorbed using active zeolite and charcoal, (3) knowing differences in critical thinking skills among students who learn to use guided inquiry learning model with students who study conventionally on physics learning. Convert plastic waste into fuel oil using a pyrolysis process with two water condensers, then plastic waste pyrolysis oil adsorbed using activated zeolite and charcoal. The results showed that the density value of the adsorbed oil for one condenser was 772 Kg / m³ and the condenser was 770 Kg / m³, the viscosity value of the adsorbed oil from the condenser one and two had the same value of 0.49 m² / s, the fog point value oil that has been adsorbed on the condenser yield one and two is the same value that is -18oC, the calorific value of oil absorption, color, odor, and fire sensitivity shows the more adsorbent and the longer the adsorption process, the oil absorbs the smaller, , the odor does not sting, and the fire sensitivity gets smaller. GC-MS test results obtained the most compounds contained in pyrolysis oil plastic waste that has been adsorbed that is 1,3,5-trimethylcyclohexene. The implementation of physics learning on the concept of heat shows that there are differences in critical thinking skills in control and experiment class. Based on different test on posttest result the first material got 0,022 and posttest second material equal to 0,047, the value is smaller than level of significance 0,05 so Ha accepted.

Keywords: Active Charcoal, Heat, Critical Thinking Skill, Pyrolysis, Zeolite

ABSTRAK.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui nilai densitas, viskositas, titik kabut, kalor serap minyak, bau, warna dan kepekaan api, pada minyak hasil pirolisis sampah plastik dari kondensor satu dan dua yang diadsorpsi menggunakan zeolit dan arang aktif, (2) mengetahui kandungan yang terdapat pada minyak hasil pirolisis sampah plastik yang diadsorpsi menggunakan zeolit dan arang aktif, (3) mengetahui perbedaan ketrampilan berpikir kritis antara siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan siswa yang belajar secara konvensional pada pembelajaran fisika. Pengkonversian sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan proses pirolisis dengan dua kondensor air, kemudian minyak hasil pirolisis sampah plastik diadsorpsi menggunakan zeolit dan arang yang telah diaktifkan. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas minyak yang telah diadsorpsi untuk kondensor satu bernilai 772 Kg/m³ dan kondensor dua 770 Kg/m³, nilai viskositas minyak yang telah diadsorpsi

dari hasil kondensor satu dan dua bernilai sama yaitu $0,49 \text{ m}^2/\text{s}$, nilai titik kabut minyak yang telah diadsorpsi pada hasil kondensor satu dan dua bernilai sama yaitu -18°C , nilai kalor serap minyak, warna, bau, dan kepekaan api menunjukkan semakin banyak adsorben dan semakin lama proses adsorpsi maka, kalor serap minyak semakin kecil, warna yang terjadi semakin jernih, bau yang terjadi semakin tidak menyengat, dan kepekaan api semakin kecil. Hasil uji GC-MS didapatkan senyawa terbanyak yang terkandung dalam minyak pirolisis sampah plastik yang telah diadsorpsi yaitu 1,3,5-trimethylcyclohexene. Implementasi pembelajaran fisika pada konsep kalor menunjukkan terdapat perbedaan hasil ketrampilan berpikir kritis pada kelas kontrol dan eksperimen. Berdasarkan uji beda pada hasil posttest materi pertama didapatkan 0,022 dan posttest materi kedua sebesar 0,047, nilai tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05 sehingga H_0 diterima.

Kata Kunci: Arang Aktif, Kalor, Ketrampilan Berpikir Kritis, Pirolisis, Zeolite, ,

PENDAHULUAN

Energi merupakan bagian tak terhindarkan dari masyarakat saat ini. Pemenuhan setiap pekerjaan tergantung pada energi. Namun bahan bakar fosil sebagai sumber energi seperti minyak sangat terbatas (Mahmud, 2013). Di Indonesia cadangan dan produksi bahan bakar minyak bumi (fosil) mengalami penurunan 10% setiap tahunnya, dan untuk tingkat konsumsi minyak rata-rata naik 6% pertahun.

Permasalahan lain yang terjadi selain menipisnya kebutuhan bahan bakar minyak yaitu terjadinya fenomena tingginya jumlah sampah di lingkungan. Data Kementerian Lingkungan Hidup (2015) mengatakan jumlah peningkatan timbunan sampah di Indonesia telah mencapai 175.000 ton/hari atau setara 64 juta ton/tahun.

Kualitas minyak hasil pirolisis sampah plastik dapat ditingkatkan kualitasnya melalui proses adsorpsi menggunakan media zeolit dan arang aktif. Zeolit bersifat adsorbent dimana dapat menyerap solut yang berupa gas atau liquid yang terdapat dalam suatu campuran (Udyani dan Wulandar, 2014). Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme absorpsi yang mungkin terjadi adalah absorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), absorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi

(Andrean dan Masduqi dalam Affandi dkk, 2012)

Arang aktif juga mempunyai sifat yang sama seperti zeolit yaitu bersifat absorbent. Arang aktif mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik, tetapi biasa beredar di pasaran berasal dari tempurung kelapa, kayu dan batubara. Dalam jumlah kecil arang aktif digunakan juga sebagai katalisator. Sifat adsorpsinya selektif, dan bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Suhartana, 2012)

Proses konversi sampah plastik menjadi bahan bakar melalui proses pirolisis dan penyaringannya dengan media zeolit dan arang aktif, kiranya dapat mengatasi persoalan sampah plastik dan keterbatasannya bahan bakar minyak yang ada. Proses konversi sampah menjadi minyak/bahan bakar adalah termasuk proses kimia dan juga proses fisika. Proses ini penting untuk diketahui oleh para siswa, khususnya pada matapelajaran fisika konsep kalor. Penyampaian konsep-konsep fisika agar mudah dipahami dengan baik dan benar oleh siswa maka pegajaran fisika harus dititikberatkan pada peran siswa secara aktif (Mulyasa dalam Zurkain dan Suliyana, 2014). Hal ini berkaitan pula dengan tujuan pembelajaran fisika yang

telah dijabarkan dalam Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar dalam Permendiknas nomor 22 tahun 2007 tentang Standar Isi. Permendiknas tentang standar isi menyatakan bahwa fungsi dan tujuan mata pelajaran fisika di SMA dan MA adalah agar peserta didik memiliki kemampuan, salah satunya adalah memupuk sikap ilmiah yang mencakup: jujur, terbuka dalam menerima pendapat berdasarkan bukti bukti tertentu, kritis terhadap pernyataan ilmiah yaitu tidak mudah percaya tanpa ada dukungan hasil observasi empiris, serta dapat bekerjasama dengan orang lain (Asmawati, 2015). Dari penjabaran tersebut, agar pengetahuan konsep dapat tercapai dan siswa mempunyai ketrampilan berpikir kritis salah satunya

yaitu dapat menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) dimana tujuan utama model inkuiri terbimbing adalah mengembangkan keterampilan intelektual, berpikir kritis, dan mampu memecahkan masalah secara ilmiah (Wahyudin dan Sutikno dalam Asmawati, 2015)

METODE

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah alat pirolisis yang komponennya terdiri dari tabung reaktor, pipa aliran uap, tabung air dan pipa minyak. Berikut gambar alat pirolisi sampah plastik.



Gambar 1. Alat Pirolisis sampah plastik.

Pada penelitian ini dilakukan pemanasan sampah plastik jenis PP, Sehingga sampah akan terurai menjadi molekul sederhana berupa uap, kemudian di kondensasi melalui 2 tabung kondensor air. Dari kondensor ini akan dihasilkan minyak cair yang dipindahkan kedalam tabung penampungan. Setelah minyak cair sudah dalam tabung penampungan, langkah selanjutnya yaitu mengadsorpsi minyak hasil pirolisis sampah plastik menggunakan zeolit dan arang yang telah diaktifkan. Adsorpsi minyak sampah plastik ini diadsorpsi secara fungsi massa dan waktu. Pada

fungsi massa minyak sampah plastik diadsorpsi dengan masing-masing adsorben dengan massa 50 gram, 100 gram, dan 150 gram. Pada fungsi waktu, minyak sampah plastik diadsorpsi dengan masing-masing adsorben bermassa 100 gram selama 8 jam dan diulangi sebanyak 8 kali pengukuran. Minyak yang telah diadsorpsi kemudian diukur densitas, viskositas, titik kabut, kalor serap minyak, bau, warna, kepekaan api dan kandungan yang terdapat dalam minyak.

Hasil penelitian kemudian diaplikasikan dalam proses pembelajaran

dan dijadikan sebagai bahan dan alat praktikum pada konsep kalor materi pengaruh kalor terhadap perubahan wujud dan suhu benda pada kelas X di SMA 3 Bengkulu Tengah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji sifat Minyak

Uji sifat minyak ini meliputi uji viskositas, densitas, kepekaan api, kalori, warna, dan bau. Uji sifat minyak ini dilakukan setelah minyak di adsorpsi dengan adsorben. Dilihat dari hasil yang

didapat, dari fungsi massa terlihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari beberapa adsorben dan jumlah massanya. Jika dilihat dari fungsi waktu terdapat perbedaan dengan pertambahannya waktu absorpsi. Dilihat dari sifat bensin, solar, dan minyak tanah, kecenderungan minyak pirolisis sampah plastik mendekati nilai fisis bensin. Berikut perbandingan bensin, solar, minyak tanah dan minyak pirolisis sampah plastik yang telah di adsorpsi terlihat pada Tabel 1.

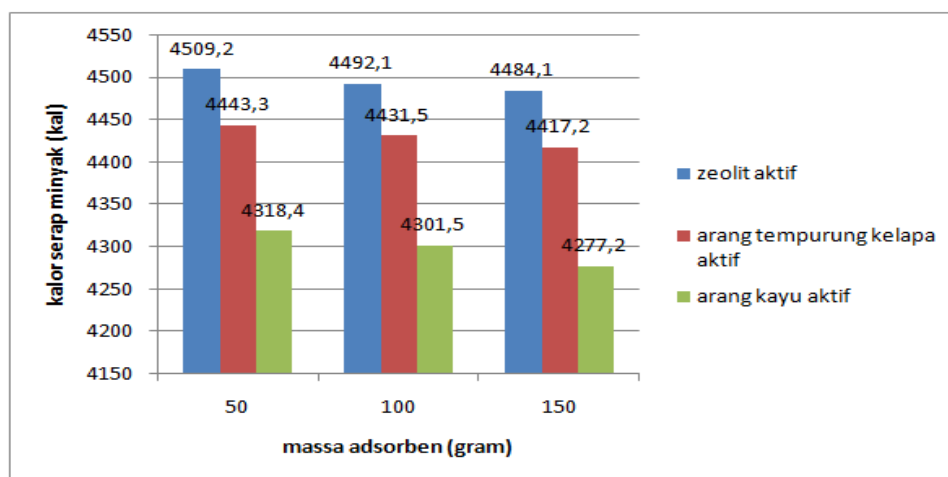
Tabel 1. Tabel Perbedaan Uji Fisis Minyak Bahan Bakar

Sifat fisis	Bensin	Minyak tanah	Solar	Minyak pirolisis kondensor satu	Minyak pirolisis kondensor dua
Viskositas (m^2/s)	0,65	0,29	0,20	0,49	0,49
Densitas (kg/m^3)	715	780	820	772	770

Kalor Serap minyak

Nilai kalor serap minyak ini sebagai alternatif pengganti nilai kalor minyak. Nilai kalor minyak tidak dapat diukur dengan menggunakan tes bom kalorimeter, sehingga sebagai alternatifnya digunakan 25 ml minyak pirolisis sampah plastik yang telah

diadsorpsi oleh adsorben untuk mendidihkan 250 ml air sampai minyak yang digunakan untuk mendidihkan tersebut habis. Berikut grafik pengaruh massa adsorben terhadap kalor serap minyak pada pirolisis minyak sampah plastik yang telah diadsorpsi pada Gambar 2:



Gambar 2. Grafik pengaruh massa adsorben dengan nilai kalor serap minyak kondensor 2

Hasil kalor serap minyak yang didapat menunjukkan minyak yang diadsorpsi oleh zeolit dengan massa 50 g memiliki kalor serap minyak yang

paling besar. Perbedaan tersebut kemungkinan terjadi dari perbedaan komposisi masing-masing minyak yang telah diadsorpsi oleh masing-masing

adsorben dengan jumlah dan waktu adsorpsi yang berbeda-beda. rikan nilai

Banyaknya bahan bakar yang terpakai menunjukkan hubungan bahwa semakin banyak bahan bakar yang dipakai akan memberikan nilai kalor yang semakin kecil dan semakin memperlambat kecepatan pembakaran. Dengan demikian jumlah bahan bakar yang terpakai juga merupakan indikator akan hemat atau borosnya bahan bakar. Semakin banyaknya bahan bakar yang terpakai maka semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan pada suatu proses pembakaran, dan semakin sedikit bahan yang terpakai menandakan semakin hemat bahna bakar yang digunakan dalam proses pembakaran.

Menurut Sri Hartati (2010) semakin tinggi nilai kalor, maka panas yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini sama dengan kalor serap minyak, semakin besar kalor serap, maka nilai kalor dan panas yang dihasilkan semakin lama. sehingga bahan bakar dengan nilai kalor tinggi akan semakin kecil nilai kecepatan pembakaran dan jumlah bahan bakar yang digunakan semakin sedikit.

Jika ditinjau dari segi ekonomis, bahan bakar alternatif minyak pirolisis sampah plastik yang diadsorpsi dengan zeolite yang bermassa 50 gram dapat diajukan sebagai bahan bakar, karna mampu memasak air dalam waktu yang singkat dengan massa bahan bakar yang sedikit.

Analisis GC-MS

Hasil analisis GC-MS didapatkan delapan senyawa. Delapan senyawa tersebut mudah terbakar. Diantara delapan senyawa tersebut, 1,3,5-trimethylcyclohexene merupakan senyawa terbanyak yang terkandung pada minyak pirolisis sampah plastik yang telah diadsorpsi. 1,3,5-trimethylcyclohexene merupakan senyawa mudah terbakar dengan bau tajam, merusak lingkungan dan mudah terbakar (Campbell.2012).

Ketrampilan Berpikir Kritis

Penelitian ini dilakukan sebanyak 4 x pertemuan untuk masing-masing kelas kontrol dan eksperimen, dengan rincian 2 kali pertemuan untuk pretest dan 2 kali pertemuan untuk memberikan perlakuan dan posttest. Peneliti menggunakan dua kelas yang dijadikan sebagai sampel penelitian, yaitu X IPA 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X ipa 4 sebagai kelas kontrol yang ditetapkan sebelum awal penelitian dilakukan. Soal pretest dan posttest memiliki kisi-kisi yang sama namun urutan soal dibedakan untuk menghindari siswa menghafal soal saat pretest.

Kelas X ipa1 sebagai kelas eksperimen yang dalam pembelajarannya menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing . Salah satu yang membedakan pembelajaran antar kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah pada setiap pertemuan siswa diberikan lembar kerja siswa (LKPD) yang sesuai dengan pengembangan ketrampilan berpikir kritis. Pada kelas kontrol peneliti tidak memberikan LKPD namun soal yang diberikan kepada kelas kontrol sama dengan kelas eksperimen.

Pelaksanaan tes untuk mengukur keterampilan berpikir kritis siswa dilaksanakan setelah melakukan proses pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Keterampilan berpikir kritis siswa dapat diukur dan dilihat dari hasil tes posttest yang diberikan. Tingkat keterampilan ini ditinjau berdasarkan keterampilan berpikir kritis melalui indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan. Keterampilan berpikir kritis siswa pada penelitian ini menggunakan 5 indikator keterampilan berpikir kritis yaitu: a) kemampuan memfokuskan masalah, b) menganalisis argumen, c) mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, d) membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi, dan e) mengidentifikasi asumsi. Nilai keterampilan berpikir kritis siswa perindikator dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Nilai keterampilan berpikir kritis siswa perindikator materi pertama

No	Indikator	Skor Ideal	Eksperimen			Kontrol		
			Jumlah Skor Siswa	\bar{x}	%	Jumlah Skor Siswa	\bar{x}	%
1	(<i>Elemntery clarification</i>) Kemampuan memfokuskan pertanyaan	20	445	14,8	74,2	385	12,8	64,2
2	(<i>Elemntery clarification</i>) Menganalisis argumen.	20	355	11,8	59,2	350	11,6	58,3
3	(<i>Basic support</i>) Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber	20	395	13,2	65,3	360	12	60
4	(<i>inference</i>) Membuat Deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	20	355	11,8	59,2	325	10,8	54,2
5	(<i>Advance clarification</i>) Mengidentifikasi asumsi.	20	350	11,6	58,3	295	9,8	49,2

No	Indikator	Skor Ideal	Eksperimen			Kontrol		
			Jumlah Skor Siswa	\bar{x}	%	Jumlah Skor Siswa	\bar{x}	%
1	(<i>Elemntery clarification</i>) Kemampuan memfokuskan pertanyaan	20	505	16,8	84,2	450	15	75
2	(<i>Elemntery clarification</i>) Menganalisis argumen.	20	420	14	70	375	12,5	62,5
3	(<i>Basic support</i>) Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber	20	435	14,5	72,5	415	13,8	69,2
4	(<i>inference</i>) Membuat Deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	20	365	12,2	60,8	360	12	60
5	(<i>Advance clarification</i>) Mengidentifikasi asumsi.	20	340	11,3	56,7	320	10,6	53,3

Tabel 3. Nilai keterampilan berpikir kritis siswa perindikator materi kedua

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan perolehan nilai rata-rata ketrampilan berpikir kritis fisika siswa kelas eksperimen dan kontrol yang ditinjau dari lima indikator berpikir kritis. Pada tabel terlihat bahwa nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis fisika kelas eksperimen

lebih tinggi daripada nilai rata-rata kelas kontrol untuk setiap indikatornya, hal tersebut menunjukkan bahwa siswa pada kelas eksperimen memiliki ketrampilan berpikir kritis fisika yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Dari tabel diatas terlihat nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis siswa dengan

menerapkan indikator keterampilan berpikir kritis melalui model inkuiri terbimbing. Pada materi satu keterampilan berpikir kritis, siswa lemah pada indikator IV yaitu membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi. Hal ini dikarenakan pada tahap tersebut soal keterampilan berpikir kritis berupa diagram yang meminta siswa untuk menganalisis dan meminta siswa memberikan kondisi yang logis dalam diagram serta dapat menginterpretasikan pernyataan yang tepat dari sebuah diagram yang diberikan. Hampir seluruh siswa kurang memahami pembacaan dalam diagram tersebut.

Pada materi kedua keterampilan berpikir kritis, siswa masih lemah pada indikator IV. Siswa kurang bisa mendeduksi dari suatu permasalahan yang diberikan. Selain keberhasilan keterampilan berpikir kritis siswa tergantung dengan kemampuan siswa dalam bersikap mau berpikir secara mendalam tentang hal-hal yang berada dalam jangkauan siswa. Hal ini sesuai dengan definisi keterampilan berpikir kritis yang dikemukakan oleh Glaser dalam Fisher (2009: 3), mendefinisikan berpikir kritis sebagai: a) suatu sikap mau berpikir secara mendalam tentang masalah-masalah dan hal-hal yang berada pada jangkauan pengalaman seseorang, b) pengetahuan tentang metode-metode penilaian dan penalaran yang logis; dan, c) keterampilan untuk menerapkan metode-metode tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisa data terhadap hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas minyak yang telah diadsorpsi untuk kondensor satu bernilai 772 Kg/m^3 dan kondensor dua bernilai 770 Kg/m^3 , nilai viskositas minyak yang telah diadsorpsi dari hasil kondensor satu dan dua bernilai sama yaitu $0,49 \text{ m}^2/\text{s}$, nilai titik kabut minyak yang telah diadsorpsi pada hasil kondensor satu dan dua

bernilai sama yaitu -18°C , nilai kalor serap minyak, warna, bau, dan kepekaan api menunjukkan semakin banyak adsorben dan semakin lama proses adsorpsi maka, kalor serap minyak semakin kecil, warna yang terjadi semakin jernih, bau yang terjadi semakin tidak menyengat, dan kepekaan api semakin kecil.

2. Hasil GCMS minyak pirolisis sampah plastik yang telah diadsorpsi yaitu mengandung delapan senyawa. Senyawa yang terbanyak yaitu 1,3,5-trimethylcyclohexene.

3. Terdapat perbedaan hasil ketrampilan berpikir kritis antara siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing, dengan siswa yang belajar secara konvensional pada pembelajaran fisika di SMAN 3 Bengkulu Tengah tahun pelajaran 2016/2017. Dapat dilihat dari hasil yang diperoleh berdasarkan uji beda pada hasil posttest materi pertama yaitu 0,022 dan pada posttest materi kedua yaitu sebesar 0,047. Nilai tersebut lebih kecil dengan taraf signifikansi 0,05 sehingga terdapat perbedaan hasil ketrampilan berpikir kritis pada kelas kontrol dan eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, F dan Hadist, H. 2012. *Pengaruh Metode Aktivasi Zeolite Alam Sebagai Bahan Penurunan Temperatur Campuran Beraspal Hangat*. Jurnal Pusat Litbang Jalan dan Jembata. Diakses 6 April 2011
- Asmawati, S.Y.K. 2015. *Lembar Kerja Siswa (LKS) Menggunakan Model Guided Inquiry Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Penguasaan Konsep Siswa*. Jurnal Pendidikan Fisika (JPI): 2442-4838
- Campbell, L. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry*. Exxon Chemical Co. doi:10.1002/14356007.a08_209.pu b2

- Fisher, A. 2009. *Berpikir Kritis Sebuah Pengantar*. Jakarta : Erlangga
- Jihad.A dan Haris.A. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Yogyakarta: Multipresindo
- Mahmud. K. 2013. *Fuel Cell and Renewable Hydrogen Energy to Meet Household Energy Demand*. International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 54. Di akses May 2013
- Mandala W.W, Cahyono Sigit M, Ma'arif S, Sukarjo H B, Wardoyo. 2016. *Pengaruh Suhu terhadap Rendemen dan Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik*. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, Vol. 1(2): 2527-3841. Diakses Agustus 2016
- Said M, Prawati W.A, Dan Murenda E. 2008. *Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium*. Jurnal Teknik Kimia, No. 4, Vol. 15. Diakses Desember 2008
- Suhartana. 2012. *Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan*. Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNDIP. Vol. 9, No. 3 Juli 2006, hal. 151-156. ISSN : 1410 – 9662
- Udyani K, dan wulandari Y. 2014. *Aktivasi zeolit alam untuk peningkatan kemampuan sebagai adsorben pada pemurnian biodiesel*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan II 2014 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 978-602-98569-1-0
- Wahyudi, E.L dan Supardi, I.A.Z. 2013. *Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Pada Pokok Bahasan Kalor Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terhadap Hasil Belajar Di SMAN 1 Sumenep*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika. Vol 02 No 02 Hal: 62 – 65

RESPONS MAHASISWA TERHADAP BUKU PANDUAN DAN KEGIATAN PELATIHAN “TEKNIK MONITORING KURA-KURA *Cyclemys oldhamii*”

(Students' response of the Guidebook and Training Activities
"Monitoring Technique of the *Cyclemys oldhamii*" Tortoises)

Annisa Puji Astuti^{1*}, Aceng Ruyani², Wiryono²

¹Mahasiswa Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, 38371

²Dosen Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Bengkulu, 38371

*Email: annisapujiastuti@rocketmail.com

ABSTRACT

This study aimed to know the students's response to the guidebooks and training activities entitled "Monitoring Technique of the *Cyclemys oldhamii* Tortoise " in the *ex situ* conservation area Taman Pintar University of Bengkulu. The results showed that students responded positively to the guidebooks and training activities. Forestry students was very interested in the field practices related to the technique and monitoring activities of the *C.oldhamii* tortoise, while MIPA students was interested in knowledge of the habitat, morphology, and its conservation. Forestry students showed the biggest response to conserve *C.oldhamii* and other tortoises, meanwhile MIPA students was more interested to do the next observations and research about *C.oldhamii* and other tortoises for thesis research. Forestry and MIPA students could explain the benefits and plans after the training activities "Technique Monitoring of the *Cyclemys oldhamii* Tortoise" well.

Key words: Response, Guidebook, Training activities, *Cyclemys oldhamii*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons mahasiswa terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan yang berjudul “Teknik Monitoring Kura-kura Garis Hitam (*Cyclemys oldhamii*)” di area konservasi *ex situ* Taman Pintar Universitas Bengkulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respons positif terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan. Mahasiswa jurusan Kehutanan memiliki ketertarikan yang tinggi terhadap kegiatan praktik lapangan terkait teknik dan kegiatan monitoring kura-kura *C.oldhamii*, sedangkan mahasiswa jurusan MIPA tertarik dengan pengetahuan mengenai habitat, morfologi, dan konservasinya. Mahasiswa jurusan Kehutanan memberikan respons yang besar untuk ikut mengkonservasi kura-kura *C.oldhamii* maupun kura-kura lainnya, sedangkan mahasiswa jurusan MIPA lebih tertarik untuk melakukan observasi dan penelitian selanjutnya mengenai kura-kura *C.oldhamii* maupun kura-kura lainnya untuk penelitian tugas akhir. Mahasiswa jurusan kehutanan dan MIPA Biologi dapat menjelaskan dengan baik mengenai manfaat dan rencana atau tindak lanjut yang akan dilakukan setelah mengikuti kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *Cyclemys oldhamii*”.

Kata kunci: Respons, Buku Panduan, Kegiatan Pelatihan, *Cyclemys oldhamii*

PENDAHULUAN

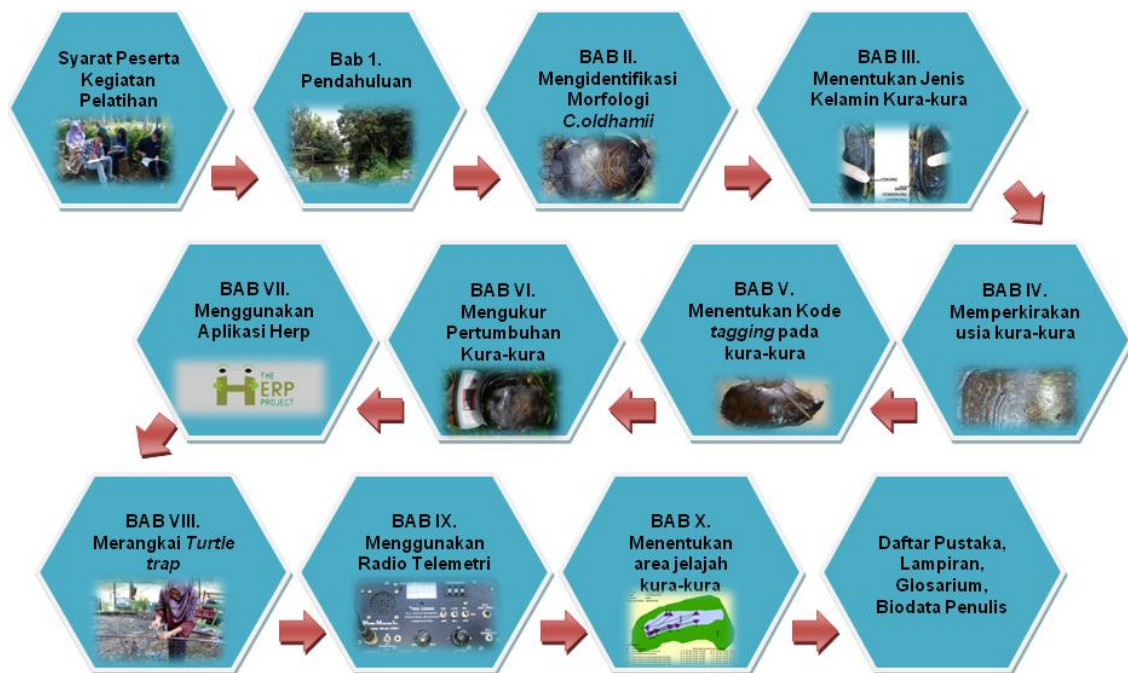
Telah dikembangkan sebuah buku panduan praktik yang berjudul “Teknik Monitoring Kura-kura *Cyclemys oldhamii*”

(Astuti *et al.* 2017). Kura-kura *C.oldhamii* adalah kura-kura semi-aquatik yang dapat hidup dengan baik di darat dan perairan tawar. Kura-kura *C.oldhamii* merupakan

anggota dari genus *Cyclemys* berplastron gelap (Fritz *et al.* 2008) dengan ciri khas pada bagian plastron terdapat garis-garis hitam (Brakels *et al.* 2016) sehingga seringkali disebut sebagai kura-kura garis hitam. Di Provinsi Bengkulu, *C.oldhamii* tersebar di Kabupaten Bengkulu Utara, Kepahiyang, Seluma, dan Mukomuko (Putri *et al.* 2011). Pemilihan kura-kura jenis ini karena berada pada kategori Appendix II (CITES 2016) dan NE atau *Not Evaluated* (IUCN 2013) karena belum dievaluasi akibat kurangnya informasi mengenai taksonomi dan keberadaan *C.oldhamii*, dan tergolong dalam jenis yang belum terancam punah namun jika perdagangan internasional tidak dikontrol maka terdapat kemungkinan terjadinya resiko kepunahan. Sementara itu Universitas Bengkulu khususnya Prodi Pascasarjana Pendidikan IPA telah mengembangkan sebuah danau buatan yang diberi nama area konservasi

ex situ Taman Pintar dengan slogan “UNIB campus, a safe home for turtles”. Di area ini terdapat sekitar 25 individu *C.oldhamii* yang telah diberi *tagging* (Sinaga *et al.* 2016). Perlu dilakukan monitoring dan pengawasan terhadap kura-kura di area ini agar dapat bertahan hidup dengan baik meskipun di luar habitat aslinya.

Buku panduan praktik ini berisikan antara lain: Syarat Peserta Kegiatan Pelatihan, Pendahuluan, Mengidentifikasi Morfologi *C.oldhamii*, Menentukan Jenis Kelamin pada Kura-kura, Memperkirakan usia kura-kura, Menentukan Kode *tagging* pada kura-kura, Mengukur Pertumbuhan Kura-kura, Menggunakan Aplikasi Herp, Merangkai *Turtle trap*, Menggunakan Radio Telemetry, dan Menentukan area jelajah kura-kura. Kerangka buku panduan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *C.oldhamii*” dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Kerangka buku panduan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *C. oldhamii*” (Astuti, et al)

Buku panduan dan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *Cyclemys oldhamii*” ini diadakan dengan tujuan untuk memberikan keterampilan kepada mahasiswa terkait monitoring kura-kura khususnya pada *C.oldhamii* dan menginspirasi mereka untuk melakukan penelitian selanjutnya (tugas akhir atau skripsi). Selain itu kegiatan ini menekankan

pentingnya suatu konservasi dilakukan terhadap hewan yang terancam keberadaannya, dan menyadarkan mahasiswa untuk lebih arif dalam memperhatikan lingkungan sekitar, dalam hal ini kura-kura *C.oldhamii* yang keberadaannya seringkali tidak dipedulikan.

Respons menurut KBBI dapat diartikan sebagai tanggapan atau reaksi atau

jawaban. Sobur (2013) menyatakan bahwa respons mengandung pengertian suatu sikap atau tingkah laku terkait pengaruh atau penolakan, penggambaran rasa suka atau tidak suka terhadap sesuatu. Secara umum, respons dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor (Mulyani 2007), antara lain: a) diri responden yang berusaha memberikan interpretasi terhadap sesuatu yang dilihatnya dan dipengaruhi oleh sikap, motif, kepentingan, dan harapan, b) sifat-sifat responden yang berupa gerakan, suara, ukuran, tindakan, dan ciri lain yang dapat menentukan cara pandang responden, c) faktor situasi yang ikut berperan dalam pembentukan dan tanggapan responden. Dalam penelitian ini, respons diartikan sebagai tanggapan dan reaksi mahasiswa terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan mengenai “Teknik Monitoring Kura-kura *Cyclemys oldhamii*”. Setelah kegiatan pelatihan ini dilakukan maka mahasiswa akan mengisi angket respons yang berisi 15 butir pernyataan terkait buku panduan dan kegiatan pelatihan. Selain itu terdapat 2 butir pertanyaan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terkait manfaat yang didapatkan dan tindak lanjut yang akan dilakukan setelah kegiatan pelatihan ini berlangsung.

METODE

Waktu dan lokasi penelitian

Pengembangan buku panduan dilakukan pada bulan Maret sampai Mei 2017, dan kegiatan pelatihan dilaksanakan pada tanggal 20-21 Mei 2017 di Learning Centre dan area konservasi *ex situ* Taman Pintar Universitas Bengkulu.

Pengumpulan data

Pengumpulan data melalui observasi berpartisipasi (*participant observation*) karena peneliti terlibat langsung dalam

kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *Cyclemys oldhamii*” (Sugiyono 2010), kuesioner menggunakan angket respons mahasiswa terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan, dokumentasi (foto dan rekaman), dan kajian pustaka. Pemilihan responden (mahasiswa) dilakukan dengan menyebarkan poster terkait kegiatan pelatihan dengan beberapa syarat antara lain a) berada pada minimal semester 4 dan maksimal semester 6, b) berasal dari jurusan kehutanan/ MIPA Biologi/ FKIP Biologi/ FKIP PGSD, dan c) telah menempuh mata kuliah minimal Biologi Dasar/ Ilmu Lingkungan/ Zoologi Vertebrata.

Analisis data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengelompokkan jawaban dari angket respons mahasiswa kedalam kategori sangat negatif, negatif, positif, dan sangat positif. Selain itu juga dilakukan pengelompokan respons mahasiswa terkait pertanyaan pendukung mengenai manfaat dan tindak lanjut yang akan dilakukan setelah mengikuti kegiatan pelatihan ini menjadi 2 kelompok berdasarkan asal jurusan dan dihitung persentasenya, kemudian dikelompokkan menjadi beberapa kriteria respons yaitu tidak baik, kurang baik, cukup, baik, dan sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai respons mahasiswa terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *C. oldhamii*” dilakukan dengan memberikan angket respons yang berisi 15 butir pernyataan dan 2 butir pertanyaan pendukung kepada 12 orang mahasiswa setelah kegiatan pelatihan dilaksanakan. Setiap pernyataan angket memiliki 4 kriteria pilihan jawaban yaitu STS (Sangat Tidak Setuju), TS (Tidak Setuju), S (Setuju), dan SS (Sangat Setuju).

Tabel 1. Kriteria respons mahasiswa terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *C. oldhamii*”

No	Interval skor	Kriteria respons
1	15,00 – 26,00	Sangat negatif
2	26,01 – 37,00	Negatif
3	37,01 – 48,00	Positif
4	48,01 – 59,00	Sangat positif

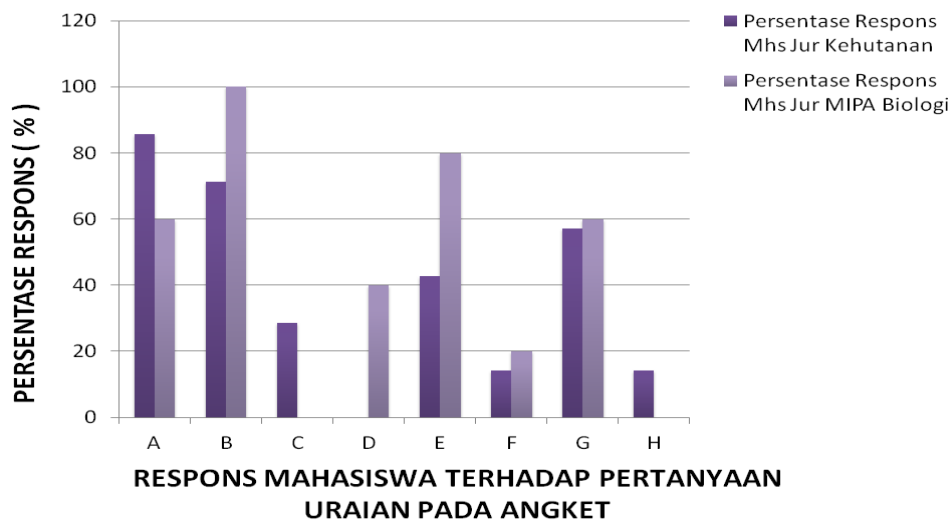
Perhitungan terhadap jawaban angket tersebut didapatkan rata-rata skor respons keseluruhan mahasiswa sebesar 47,41. Berdasarkan Tabel 1, rata-rata skor ini tergolong ke dalam kriteria positif. Maka dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, mahasiswa memberikan respons yang positif terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura *C.oldhamii*”.

Pada angket tersebut terdapat 2 buah pertanyaan pendukung berbentuk uraian yang mengarahkan responden untuk memberikan jawaban sesuai dengan argumentasinya masing-masing. Pertanyaan pertama yaitu : Apa manfaat yang saudara/i dapatkan setelah mengikuti kegiatan “Teknik Monitoring Kura-kura *C.oldhamii*”? Pada pertanyaan ini jawaban dan respons mahasiswa beragam, namun dapat dikelompokkan menjadi 3 aspek jawaban yaitu: a) dapat mengetahui berbagai teknik dalam kegiatan monitoring kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) (kode A), b) dapat menambah pengetahuan tentang habitat, morfologi, dan konservasi kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) (kode B), c) dapat menambah pengalaman (kode C), dan d)

dapat menjaga kelestarian kura-kura (kode D).

Pertanyaan kedua yaitu: Rencana atau tindak lanjut apa yang akan saudara/i lakukan setelah mengikuti kegiatan “Teknik Monitoring Kura-kura *C.oldhamii*”? Respons dan jawaban atas pertanyaan ini beragam dan dapat dikelompokkan menjadi 4 aspek jawaban yaitu a) mempelajari tentang kura-kura garis hitam, sehingga dapat melakukan penelitian skripsi (tugas akhir) dengan tema observasi kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) maupun kura-kura lainnya (kode E), b) jika menemukan kura-kura akan memberitahukannya kepada pihak yang lebih mengerti, misalnya Learning Center Universitas Bengkulu (kode F), c) menghimbau teman-teman, saudara, dan orang-orang terdekat untuk ikut serta dalam kegiatan pelestarian kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) maupun kura-kura lainnya (kode G), dan d) membuat komunitas atau grup belajar dengan tema kura-kura (kode H)

Respons mahasiswa untuk pertanyaan pendukung dapat diuraikan berdasarkan asal jurusan disajikan dalam Gambar 2:



Gambar 2. Grafik persentase respons mahasiswa terhadap pertanyaan uraian pada angket

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada pertanyaan no 1 terkait manfaat yang didapatkan dalam mengikuti kegiatan pelatihan yang dilakukan yaitu sebesar **85,7%** mahasiswa jurusan Kehutanan merespons dapat mengetahui berbagai teknik dalam kegiatan monitoring kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*), sedangkan

100% mahasiswa MIPA Biologi merespons dapat menambah pengetahuan tentang habitat, morfologi, dan konservasi kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*). Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, mahasiswa jurusan Kehutanan memiliki ketertarikan yang tinggi terhadap kegiatan praktik lapangan

terkait teknik dan kegiatan monitoring, sedangkan mahasiswa jurusan MIPA secara keseluruhan memiliki minat terkait pengetahuan mengenai habitat, morfologi, dan konservasinya. Pertanyaan no 2 terkait rencana dan tindak lanjut yang akan dilakukan setelah mengikuti kegiatan pelatihan didapatkan persentase sebesar **57,1 %** mahasiswa jurusan Kehutanan merespons menghimbau teman-teman, saudara, dan orang-orang terdekat untuk ikut serta dalam kegiatan pelestarian kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) maupun kura-kura lainnya, sedangkan **80 %** mahasiswa jurusan MIPA Biologi merespons akan mempelajari tentang kura-kura garis hitam, sehingga dapat melakukan penelitian skripsi (tugas akhir) dengan tema observasi kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) maupun kura-kura lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa jurusan MIPA Biologi lebih tertarik untuk melakukan observasi kura-kura *C.oldhamii* maupun kura-kura lainnya dan melakukan penelitian lebih lanjut khususnya untuk penelitian tugas akhir dibandingkan mahasiswa dari jurusan Kehutanan, dan mahasiswa jurusan Kehutanan memiliki respons yang besar untuk ikut menjaga kelestarian kura-kura garis hitam (*C.oldhamii*) maupun kura-kura lainnya.

Berdasarkan pertanyaan pendukung tersebut dapat dihitung skornya dan didapatkan rata-rata skor sebesar 62,91 dan tergolong dalam kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, mahasiswa jurusan kehutanan dan MIPA Biologi dapat menjelaskan mengenai manfaat dan rencana atau tindak lanjut yang akan dilakukan setelah mengikuti kegiatan “Teknik Monitoring Kura-kura Garis Hitam atau *Cyclemys oldhamii*” dengan baik

KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah mahasiswa memberikan respons positif terhadap buku panduan dan kegiatan pelatihan. Mahasiswa dapat memberikan respons yang baik terkait

manfaat dan tindak lanjut setelah kegiatan pelatihan “Teknik Monitoring Kura-kura Garis Hitam atau *Cyclemys oldhamii*” dilaksanakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini, orang tua, teman-teman, adik-adik mahasiswa jurusan Kehutanan dan MIPA Biologi, semua dosen dan staf Program Studi Pascasarjana Pendidikan IPA Universitas Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti AP, Wiryo, Ruyani A. 2017. *Pedoman Monitoring Kura-kura Semi Akuatik, Studi pada Kura-kura Garis Hitam (Cyclemys oldhamii)*. Bengkulu (ID): Unit Penerbit FKIP Universitas Bengkulu.
- Brakels P, Samban C, Jones C. 2016. Range extension of *Cyclemys atripons* Iverson & McCord 1997 with the discovery of a population in Oddar Meanchey Province, Northwestern Cambodia (KH). *Cambodian Journal of Natural History*. 2016(1): 20–22
- CITES. 2016. *Appendices I, II and III valid from 10 March 2016*.
- Fritz U, Guicking D, Auer M, Sommer RS, Wink M, Hundsdoerfer AK. 2008. Diversity of the southeast Asian leaf turtle genus *Cyclemys*: How many leaves on its tree of life?. *J.Zoologica Scripta*. 2008 (37): 367–390.
- <http://kbbi.web.id/respons>
- IUCN. 2013. *Sixteenth Meeting of the Conference of the Parties, Consideration of Proposals for Amendments to Appendices I and II*. Thailand (TH): Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
- Putri YA, Ruyani A, Muslim C. 2011. Studi Biodistribusi Kura-kura Air Tawar dan Terrestrial di Kabupaten Mukomuko serta Implementasi Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think, Pair, Square (TPSQ)

- dengan Menggunakan LKS pada Siswa SMPN 14 Mukomuko, Bengkulu [Thesis]. Bengkulu (ID). Universitas Bengkulu
- Sinaga M, Ruyani A, Primairyani A. 2016. Studi Adaptasi Kura-kura Garis Hitam (*Cyclemys oldhamii*) pada Kolam Taman Pintar FKIP Universitas Bengkulu sebagai Sumber Belajar Konservasi ex-situ bagi Siswa SMA [Undergraduated Thesis]. Bengkulu (ID). Universitas Bengkulu.
- Mulyani, Sri. 2007. Pengantar Psikologi Sosial, USU Press, Medan
- Sobur A. 2003. *Psikologi Umum*. Pusaka Setia. Bandung
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung (ID): Alfabeta

**STUDI KOMUNITAS NEKTON DI KAWASAN KONSERVASI
KURA-KURA UNIVERSITAS BENGKULU DAN PENGEMBANGAN
PEMBELAJARAN BERBASIS LINGKUNGAN**

**(Study of Nekton Community in Turtle Conservation Area
University Bengkulu and Development
Environment-Based Learning)**

Desi Enersy^{1*}, Bhakti Karyadi², Endang Widi Winarni²

¹Mahasiswa Program Pascasarjana S2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

²Dosen Program Pascasarjana S2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

*Email: desienersy@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study aims to inventory the type of nekton, knowing the structure of the nekton community and measuring the critical thinking skills of students of class VII.1 SMPN 1 Ujan Mas Kepahiang. The results showed that the nekton obtained from the Taman Pintar pond amounted to 7 species and Pipi Putih Pond totaling 4 species. The nekton species in the Taman Pintar pond with the highest KP, KS, and FK values are tin head fish with KP, KR, and FK values respectively 0.102 idv / m², 75.71% and 83%. While on the Pipi Putih Pond is local catfish species with the value of KP, KR, FK of 0.01 idv / m², 39.29% and 25%. Then dominance index (H') in the Taman Pintar pond is 0.61 and C' Pipi Putih pond = 0.76. While the index of diversity of nekton species in both ponds also belonged to very low category with H' value of Taman Pintar Pond = 0.28 and H' of Pipi Putih pond = 0.17. The result of Percentage Of Agreement test showed that environment-based learning tools developed are included in the category highly feasible to be tested. Students' critical thinking ability on the performance aspect shows 33,3 % percentage including critically critical criteria and 66,7 % including critical criteria. While Students' critical thinking ability on the cognitive aspect shows four criteria, that are very critical as 26 %, crittical criteria 40 %, criteria critical enough 27 % and criteria less 7 %

Keywords: Nekton, environment-based learning, critical thinking ability

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi jenis nekton, mengetahui struktur komunitas nekton dan mengukur kemampuan berpikir kritis siswa kelas VII.1 SMPN 1 Ujan Mas Kepahiang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nekton yang diperoleh dari Kolam Taman Pintar berjumlah 7 Spesies dan kolam Pipi Putih berjumlah 4 Spesies. Spesies nekton pada Kolam Pintar yang memiliki nilai KP, KS, dan FK paling tinggi adalah Ikan kepala timah dengan nilai KP, KR, dan FK secara berturut turut yaitu 0,102 idv/m², 75,71 % dan 83 %. Sedangkan pada Kolam Kura-Kura Pipi Putih adalah spesies lele lokal dengan nilai KP, KR, FK sebesar 0,01 idv/m², 39,29 % dan 25 %. Indeks dominansi (H') di Kolam Pintar adalah 0,61 dan C' Kolam kura-Kura Pipi Putih = 0,76. Sedangkan indeks keanekaragaman spesies nekton pada kedua kolam juga termasuk kategori sangat rendah dengan nilai H' Kolam Taman Pintar = 0,28 dan H' Kolam Pipi Putih = 0,17. Hasil uji Percentage Of Agreement menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis lingkungan yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat layak untuk diuji cobakan. Kemampuan berpikir kritis siswa pada aspek kinerja menunjukkan persentase 33,3 % dalam kriteria sangat kritis dan 66,7 % termasuk dalam kriteria kritis, sedangkan kemampuan berpikir kritis siswa pada aspek kognitif menunjukkan empat kriteria yaitu kriteria sangat kritis sebanyak 26 %, kriteria kritis sebanyak 40 %, kriteria cukup kritis sebanyak 27 % dan kriteria kurang kritis sebanyak 7 %.

Kata Kunci: Nekton, pembelajaran berbasis lingkungan, kemampuan berpikir kritis

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati yang berlimpah pada setiap ekosistem tentu saja dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat yang berada di wilayah berbagai ekosistem. Akan tetapi dengan penggunaan sumber daya hayati yang melebihi batas, maka tidak akan menutup kemungkinan bahwa pada suatu saat nanti keanekaragaman hayati yang ada di ekosistem wilayah provinsi Bengkulu juga akan mengalami suatu permasalahan yang besar yaitu mengalami tingkat kepunahan. Oleh karena itu sudah selayaknya masyarakat sebagai warga yang sangat berhubungan dengan keanekaragaman hayati tersebut dapat memikirkan bagaimana cara untuk menyelamatkan keanekaragaman hayati tersebut. Salah satu caranya adalah dengan melakukan suatu kegiatan yang bersifat konservasi. Taman pintar dan Taman Pipi Putih Universitas Bengkulu merupakan salah satu contoh keanekaragaman ekosistem kolam yang dimanfaatkan sebagai wilayah konservasi. Pada Kolam pintar terdapat dua jenis Kura-kura yang di konservasi yaitu kura-kura garis hitam (*Cyclemys oldhamii*). Sedangkan kolam Pipi putih dijadikan area konservasi kura-kura pipih putih (*Siebenrockiella crassicolis*). Berdasarkan hasil penelitian Sinaga (2016) yang menyatakan bahwa laju konsumsi paling tinggi kura-kura jenis *Cyclemys oldhamii* adalah pada pemberian pakan 100 % ikan nila (jenis daging) dari pada tumbuhan, serta hasil penelitian Ningsih (2016) bahwa laju pertumbuhan tertinggi *S. crassicolis* adalah juga pada pemberian pakan 100 % ikan nila, maka sebagai upaya untuk mendukung kegiatan konservasi kedua jenis kura-kura tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang Studi Komunitas Nekton di Kawasan Konservasi Taman Pintar dan Kolam Kura-Kura Pipi Putih. Sedangkan

untuk faktor abiotik (faktor lingkungan yang berupa faktor kedalaman, kekeruhan, suhu, pH, BOD, COD). Pembelajaran IPA (*Sains*) merupakan ilmu yang mempelajari fenomena-fenomena di alam semesta, yang juga memperoleh kebenaran tentang fakta dan fenomena alam melalui kegiatan empirik yang dapat diperoleh melalui eksperimen laboratorium atau alam bebas. Dengan demikian merencanakan pembelajaran IPA yang mengembangkan berpikir kritis merupakan suatu keharusan dalam upaya mencapai tujuan pendidikan. Dengan konsep belajar berpikir kritis maka siswa akan memperlihatkan pikiran-pikiran dan proses diantaranya: (1) Mengajukan pertanyaan seperti “Bagaimana kita tahu”? atau “Apa buktinya”?; (2) Mengalami perbedaan antara observasi dengan kesimpulan; (3) Mengetahui bahwa diperlukan bukti yang cukup untuk menarik kesimpulan; (4) Memberi penjelasan atau interpretasi, observasi, dan prediksi (Winarni, 2012). Pembelajaran berbasis lingkungan merupakan salah satu upaya terciptanya pembelajaran yang menyenangkan, terhindar dari kejenuhan, kebosanan, dan persepsi belajar hanya dalam kelas. Melalui pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan, maka siswa akan diajak untuk berinteraksi langsung dengan sumber belajar dalam hal ini lingkungan, sehingga pada saat kegiatan pembelajaran siswa akan langsung mengamati, bekerja serta menyimpulkan dari hasil kegiatan pembelajaran yang sudah dilalui tersebut serta sehingga pada akhirnya dapat melatih siswa untuk berpikir kritis. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian tentang pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan yang akan digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa.

METODE

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu penelitian tentang studi komunitas nekton dan dilanjutkan dengan penelitian pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan yang dilaksanakan. Penelitian studi komunitas nekton penelitian ini

dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2017, Penangkapan nekton dengan menggunakan metode purposive sampling. langkah penelitian dimulai dengan membagi kolam menjadi 12 plot. Kemudian setiap plot diletakkan alat tangkap Nekton (bubu dan jala). Alat tangkap diletakkan selama 6

sampai 12 Jam. Nekton yang diperoleh selanjutnya dilakukan inventarisasi dan di analisa dengan menggunakan rumus kepadatan populasi, kelimpahan relatif, frekwensi kehadiran, indeks dominansi, dan indeks keanekaragaman (Latupapua, 2011 dan Juanedi, 2014).

Penelitian pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan

Penelitian ini dilakukan dengan model pengembangan research and development dengan menggunakan uji coba skala kecil (Dick and Carey) pada kelas VII.1 SMPN 1 Ujan Mas Kepahiang. Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah Dick and Carey yang meliputi

a. Tahap 1 (Merancang / perencanaan serta pengembangan kegiatan pembelajaran.

Pada tahapan ini akan dilakukan beberapa kegiatan diantaranya meliputi Menentukan Tujuan Pembelajaran, Melakukan Analisis pembelajaran, Mengembangkan Instrumen Penilaian, pengembangan Strategi Pembelajaran, dan Pengembangan Perangkat Pembelajaran

b. Tahap 2 (validasi).

Pada tahap 2 ini akan dilakukan kegiatan validasi terhadap perangkat pembelajaran yang sudah dikembangkan. Kegiatan Validasi ahli (expert judgement) dilakukan oleh guru senior dan dosen. Adapun perangkat pembelajaran yang akan divalidasi adalah Silabus, RPP, LKPD serta instrumen penilaian kinerja siswa.

c. Tahap 3 (revisi).

Pada tahap ini akan dilakukan revisi atau perbaikan terhadap perangkat pembelajaran yang sudah di validasi oleh ahli.

d. Tahap 4. Uji coba skala kecil (uji formatif)

Perangkat pembelajaran yang sudah di revisi pada tahap tiga di atas selanjutnya dilakukan uji coba dalam skala kecil (uji formatif). Uji coba pembelajaran dilakukan di kelas VII.1 SMPN 1 Ujan Mas yang berjumlah

15 orang. Pengambilan skala uji coba sebanyak 15 siswa, Ini sesuai dengan model pengembangan Dick dan Carey bahwa untuk uji coba skala kecil jumlah yang diperlukan hanya delapan sampai dua puluh siswa. Kegiatan Uji Coba ini bertujuan untuk mengukur Kemampuan Berpikir Kritis dari aspek kinerja dan dari aspek kognitif dengan menggunakan dimensi dan indikator menurut Ennis (2011) dalam Winarni (2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian studi komunitas nekton

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada ekosistem kolam taman pintar diperoleh 7 spesies nekton, sedangkan pada ekosistem kolam pipih putih diperoleh 4 spesies nekton. Tujuh spesies nekton yang terdapat di ekosistem kolam pintar tersebut adalah *Oreochromis niloticus* (ikan nila), *Trichogaster trichopterus* (ikan sepat), *Channa striata* (ikan gabus), *Monopterus albus* (belut), *Anguilla marmorata* (sidat/ pelus), *Aplocheilichthys panchax* (ikan kepala timah), dan *Litopenaeus vannamei* (Udang putih). Sedangkan 4 spesies nekton yang diperoleh dari ekosistem kolam pipih putih adalah *Oreochromis niloticus* (ikan nila), *Trichogaster trichopterus* (ikan sepat), *Monopterus albus* (belut), dan *Clarias batracus* (lele lokal).

Tabel 1. Nilai kepadatan populasi (KP), kelimpahan relatif (KR) dan Frekwensi kehadiran (FK)

Jenis Nekton	Ekosistem					
	Kolam Taman Pintar			Kolam Pipi Putih		
	KP	KR	F K	KP	K R	FK
1. Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,0 01	0,5	4	0,0 01	9, 8 2	4
2. Ikan sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	0,0 2	18, 51	7 3	0,0 02	2 5, 9	17
3. Gabus (<i>Channa striata</i>)	0,0 02	1,4 6	6	-	-	-
4. Belut (<i>Monopterus</i>)	0,0 02	1,1 2	1 0	0,0 01	2 5	8

<i>albus</i>)						
5. Pelus (<i>Anguilla marmorata</i>)	0,0 01	0,6 3	6	-	-	-
6. Kepala timah (<i>Aplocheilichthys panchax</i>)	0,1 02	75, 71	8 3	-	-	-
7. Udang putih (<i>Fenneropenaeus indicus</i>)	0,0 03	2,0 9	6	-	-	-
8. Lele lokal (<i>Clarias patracus</i>)	-	-	-	0,0 10	3 9, 3	25

ket: KP: kepadatan populasi, KR: kelimpahan relatif, dan FK: frekwensi kehadiran

Dari Tabel 1 di atas, dapat dinyatakan bahwa hasil penelitian menunjukkan pada ekosistem kolam pintar, spesies ikan yang mempunyai nilai kepadatan populasi, kelimpahan spesies dan frekwensi kehadiran paling tinggi adalah spesies ikan kepala timah. Dari hasil penelitian yang dilakukan sebanyak 4 kali pengulangan, didapatkan rata-rata nilai kepadatan populasi (KP) sebesar 0,102 idv/m², KR (Kelimpahan Relatif) sebesar 75,71 % serta Frekwensi Kehadiran (FR) sebesar 83 % (kategori sangat banyak). Sedangkan spesies yang memiliki tingkatan Kepadatan Populasi, Kelimpahan Relatif dan Frekwensi paling rendah adalah spesies ikan nila. Ini ditunjukkan dengan nilai KP sebesar 0,001 idv/m², nilai KR sebesar 0,50 % . Sedangkan nilai FK adalah 4 % (sangat jarang).

Pada ekosistem Kolam Pipi Putih, dapat dikemukakan bahwa spesies yang mempunyai tingkat kepadatan populasi, kelimpahan relatif dan frekwensi kehadiran paling tinggi adalah spesies ikan lele lokal. Spesies ini memiliki nilai KP, KR, dan FK yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan 3 spesies yang lainnya. Spesies lele memiliki nilai kepadatan populasi sebesar 0,010 idv/m², kelimpahan relatif sebesar 39,29 %, serta frekwensi kehadiran sebesar 25 % (jarang). Untuk spesies yang memiliki nilai kepadatan populasi, kelimpahan spesies dan frekwensi kehadiran paling rendah adalah spesies ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yaitu dengan nilai KP sebesar 0,001 idv/m²,

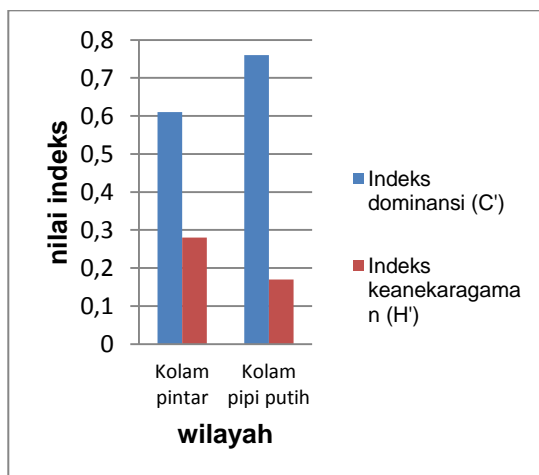
nilai KR sebesar 9,82 % dan FK sebesar 4 % (sangat rendah).

Tingginya nilai kepadatan populasi ikan kepala timah jika dibandingkan dengan kepadatan populasi spesies ikan yang lainnya, kemungkinan disebabkan karena faktor ketersediaan pakan pada kolam tersebut. Ikan kepala timah merupakan jenis ikan yang memakan jentik nyamuk (Riana, 2015). Seperti diketahui di kolam pintar banyak sekali terdapat jentik nyamuk. Selain itu pada ekosistem kolam pintar tersebut sebagian besar wilayahnya terdapat banyak rumput yang juga merupakan makanan dari jenis ikan tersebut. Ikan nila(*Oreochromis niloticus*) merupakan spesies nekton yang memiliki nilai kepadatan populasi paling rendah KP sebesar 0,001 idv/m². Rendahnya nilai kepadatan populasi ikan nila(*Oreochromis niloticus*) pada ekosistem kolam pintar dan ekosistem kolam pipi putih diduga disebabkan karena kalahnya spesies ikan nila berkompetisi dalam hal mendapatkan makanan. Menurut Rukmana (1997) dalam Siagian (2009) jenis makanan yang paling disukai oleh ikan nila(*Oreochromis niloticus*) adalah Fitoplankton (tumbuhan air dan organisme renik yang melayang) dan tumbuhan air. Perbedaan nilai kepadatan populasi spesies nekton yang berada di kawasan konservasi kura-kura ini tidak terlepas dari beberapa faktor yang mempengaruhi. Menurut Iskandar, 2013 " Faktor yang menyebabkan meningkatnya kepadatan populasi diantaranya: natalitas (kelahiran), perpindahan kedalam (imigrasi) serta penyempitan wilayah. Sedangkan faktor yang menyebabkan menurunnya kepadatan populasi diantaranya adalah kematian (mortalitas), perpindahan keluar (emigrasi), serta perluasan wilayah.

Nilai indeks dominansi (C') dan indeks keanekaragaman (H')

Indeks dominansi merupakan nilai yang menyatakan tingkat dominansi suatu spesies yang ada pada suatu ekosistem, sedangkan indeks keanekaragaman shannon merupakan suatu nilai yang menyatakan tingkat keanekaragaman

spesies yang ada pada suatu ekosistem. Dari hasil penghitungan, diperoleh nilai indeks dominansi (C') dan indeks keanekaragaman (H') seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik nilai Indeks dominansi (C') dan Indeks keanekaragaman (H')

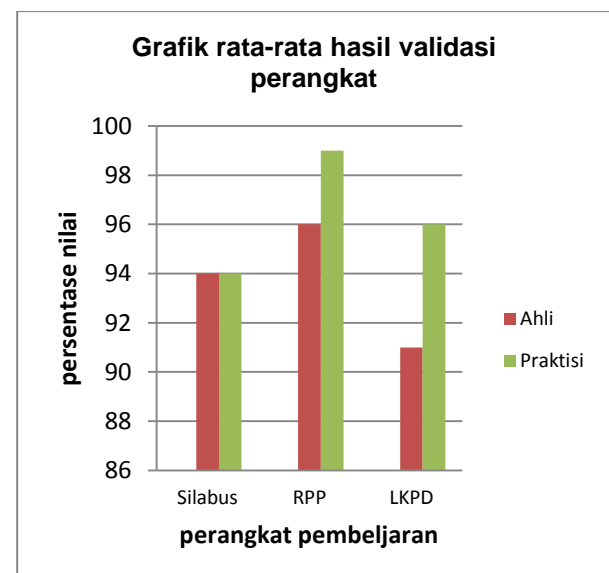
Gambar 1 menunjukkan hasil nilai indeks dominansi dan nilai indeks keanekaragaman nekton pada kedua wilayah ekosistem (baik ekosistem kolam pintar maupun ekosistem kolam pipi putih). Adapun nilai untuk indeks dominansi nekton dari kedua kolam tersebut yaitu pada kolam pintar nilai indeks dominansi (C') sebesar 0,61. Sedangkan pada kolam pipi putih nilai indeks dominansi (C') hanya sebesar 0,76. Selain nilai indeks dominansi nekton, gambar 1 juga menunjukkan nilai indeks keanekaragaman nekton pada kedua wilayah kolam. Adapun hasilnya adalah indeks keanekaragaman (H') pada kolam pintar sebesar 0,28 dan nilai indeks keanekaragaman (H') pada kolam pipi putih sebesar 0,17. Dari hasil dapat disimpulkan bahwa pada kedua kolam tidak ada spesies yang mendominasi. Hal ini ditunjukkan dari nilai indeks dominansi spesies kolam pintar 0,61 dan indeks dominansi di kolam pipi putih 0,76. Menurut Junaidi, dkk.2014” Jika nilai indeks =1 menunjukkan dominansi oleh satu spesies sangat tinggi, sedangkan jika nilai indeks =0 menunjukkan bahwa diantara jenis-jenis yang ditemukan tidak ada yang dominansi.

Berdasarkan analisis hasil penelitian, juga dapat dinyatakan bahwa

keanekaragaman spesies yang ada pada kedua ekosistem (kolam pintar dan kolam pipi putih) adalah rendah. Ini dapat dilihat dari nilai indeks keanekaragaman (H') yang diperoleh di kolam pintar yang hanya 0,28 sedangkan di kolam pipi putih hanya 0,17. Hal ini sesuai dengan pendapat Fachrul, 2007 dan Latupapua, 2011 yang menyatakan bahwa nilai $H' > 3,0$ menunjukkan tingkat keanekaragaman yang sangat tinggi. $H' > 1,5 - 3,0$ menunjukkan tingkat keanekaragaman yang tinggi. $H' > 1,0 - 1,5$ menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang. $H' < 1$ menunjukkan tingkat keanekaragaman rendah.

Penelitian pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan.

Hasil validasi perangkat pembelajaran

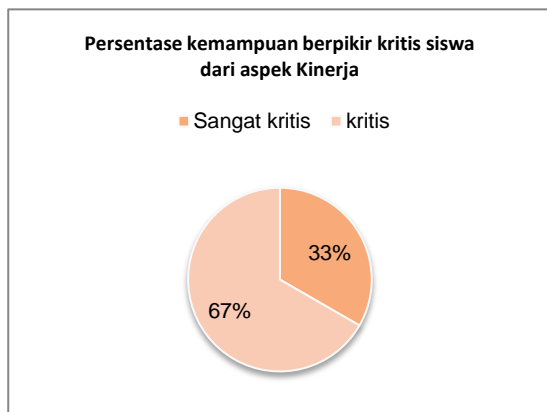


Gambar 2. Grafik Rata-rata Hasil validasi perangkat pembelajaran

Gambar 2 menunjukkan persentase nilai Validasi Perangkat Pembelajaran berbasis lingkungan dari semua Validator. Untuk perangkat silabus diperoleh nilai rata-rata yang sama dari validator ahli dan praktisi yaitu sebesar 94 %. Pada perangkat RPP nilai dari Validator Ahli 96 %, sedangkan Validator Praktisi sebesar 99 %. Sedangkan untuk perangkat LKPD, nilai rata-rata dari Validator Ahli sebesar 91 % dan nilai dari Validator Praktisi sebesar 96 %. Dari hasil Persentase nilai rata-rata yang diperoleh,

maka perangkat silabus termasuk ke dalam kriteria sangat baik/ sangat layak digunakan. Menurut Amarila dkk,(2014) instrumen harus mendapat nilai > 63 untuk dapat digunakan

Hasil pengukuran kemampuan berpikir kritis dari aspek kinerja



Gambar 3 di atas menyatakan persentase kemampuan berpikir kritis siswa dari aspek kinerja pada KD 4.7 menyajikan hasil pengamatan terhadap interaksi makhluk hidup dengan lingkungan sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis dari aspek kinerja yang paling tinggi berada pada kriteria kritis. Hal ini ditunjukkan dengan persentase yang mencapai 67 %. Sedangkan yang termasuk kedalam kriteria sangat kritis mencapai 33 %

Hasil pengukuran kemampuan berpikir kritis dari aspek kognitif



Dari Gambar 4 di atas dapat dijelaskan persentase kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran

pada kompetensi dasar 3.7 menganalisis interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya serta dinamika populasi akibat interaksi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik dari uji coba skala kecil terdiri dari empat kriteria yaitu kriteria sangat kritis (26 %), kriteria kritis (40 %), kriteria cukup kritis (27%), dan kriteria kurang kritis (7 %).

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran kemampuan berpikir kritis peserta didik secara klasikal. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai rata-rata untuk tiap dimensi secara klasikal termasuk dalam kategori kritis. Sama halnya dengan pengukuran kemampuan berpikir kritis dari aspek kinerja, kriteria kemampuan berpikir kritis pada aspek kognitif juga diperoleh dari persentase nilai yang diperoleh. Kriteria kemampuan berpikir termasuk sangat kritis apabila seluruh atau hampir seluruh dari indikator berpikir kritis dapat dipenuhi. Siswa dikatakan termasuk dalam kriteria berpikir kritis ini karena sebagian besar indikator berpikir kritis dapat terpenuhi. kriteria berpikir cukup kritis karena hanya sebagian dari indikator berpikir kritis dapat terpenuhi

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Jenis nekton yang terdapat di kolam pintar terdapat 7 spesies dan kolam pipi putih terdapat 4 spesies nekton
2. Keanekaragaman jenis nekton yang diperoleh dari kawasan area konservasi Universitas Bengkulu termasuk ke dalam kategori Rendah.
3. Kemampuan berpikir kritis peserta didik dari aspek kinerja termasuk kedalam dua kriteria yaitu sangat kritis dan kritis, sedangkan dari aspek kognitif termasuk kedalam empat kriteria yaitu sangat kritis, kritis, cukup kritis dan kurang kritis

B. Saran

1. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem kolam Taman Pintar dan Kolam Kura-Kura Pipi Putih, Maka

disarankan supaya dilakukan penambahan jenis nekton pada kedua ekosistem Kolam tersebut

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengukuran kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan menggunakan indikator-indikator berpikir kritis yang lain seperti memfokuskan pertanyaan, menyimpulkan dengan berpikir secara deduksi, mendefinisikan istilah serta dapat di uji cobakan pada materi IPA yang lain dan pada materi IPA yang lain.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih buat pembimbingku Dr.Bhakti Karyadi,M.Pd dan Prof Endang Widi winarni,M.Pd yang selalu memberikan semangat, motivasi dan bimbingan dalam proses penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarila,R.S.Habibah,N.A.Widiyatmoko,A.
2014.*Pengembangan Alat Evaluasi kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Ipa Terpadu Model Webbed Tema Lingkungan*. Unnes Science Education. April 2014.
Journal.<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/usej>.
- Junaidi, A. Basyuni, M. Muhtadi, A. 2014.
Struktur Komunitas Nekton Di Danau Siombak Kecamatan Medan Marelan Kota Medan. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Jurnal Usu volume 7. no 2 Tahun 2016.
<http://jurnal.usu.ac.id>
- Karyadi,B.Ruyani,A. Susanta,A. 2016.
Pengembangan Model Pembelajaran Di Luar Kelas (Outdoor) Berbasis Lingkungan Alam Bagi Siswa Sd-Sma. Bengkulu:Universitas Bengkulu
- Khasnah. 2015. *Hakikat kemampuan berpikir kritis*.<http://digilib.uinsby.ac.id>.
- Latupapua. 2011. *Keanekaragaman Jenis Nekton Di Mangrove Kawasan Segoro Anak Taman Nasional Alas Purwo*. Politeknik Perdamaian Halmahera–Tobelo. Jurnal Agroforestri Volume VI Nomor 2 Juni 2011.
<http://jurnalee.files.wordpress.com>.
- Ningsih, 2016.*Aklimatisasi Kura-Kura Pipi Putih (Siebenrokiella crassicollis) Di Area Konservasi Kura-Kura Universitas Bengkulu dan Pengembangan bahan Ajar biologi SMA/MA*. [Tesis].Bengkulu. Program Studi Pasca Sarjana Pendidikan IPA. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.Universitas Bengkulu
- Siagian.2009. *Keanekaragaman Dan Kelimpahan Ikan Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Perairan Di Danau Toba Balige Sumatera Utara*.Tesis. Sekolah Pascasarjana. Sumatera Utara.
- Sinaga, 2016. *Studi Adaptasi Kura-Kura Garis Hitam (Cyclemys Oldhamii) Pada Kolam Taman Pintar Fkip Universitas Bengkulu Sebagai Sumber Belajar Konservasi Ex-Situ Bagi Siswa Sma*. [Skripsi].Bengkulu. Program Studi Pendidikan Biologi.Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.Universitas Bengkulu
- Winarni,E,W. 2012. *Inovasi Dalam Pembelajaran IPA*. Bengkulu: FKIP UNIB.

STUDI KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS DI WILAYAH KONSERVASI KURA-KURA UNIVERSITAS BENGKULU SEBAGAI SUMBER BELAJAR IPA

(Diversity of Macrobtentos in the Regional Conservation of Bengkulu University as a Resource Science Learning)

Winda Zulistia^{1*}, Bhakti Karyadi², Agus Susanta²

¹Mahasiswa Pascasarjana S2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

²Dosen Pascasarjana S2 Pendidikan IPA Universitas Bengkulu

*windazulistia@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the diversity of macrobtentos that exist in the turtle conservation pond University of Bengkulu which serve as a source of learning science class VII MTsN 2 Bengkulu City. This research was conducted in February 2017 until May 2017. The sampling of macrobtentos using a quadrant transect measuring 1x1 meter made of 6 quadrants. Based on the results of research conducted obtained 1,086 individuals belonging to macrobtentos belonging to 3 genus namely, *Bellamnya*, *Faunus*, and *Pomaceae*. The data obtained were calculated based on macrobtentos community structure consisting of population density (KP), relative abundance (KR), presence frequency (FK), Diversity Index (H') and dominance index (C). The macrobtentos diversity index found in turtle conservation ponds is below 1.5, with the result it can be said that in both turtle conservation ponds it has low macrobtentos diversity. Development of learning refers to the modified Dick & Carey model. The lessons developed include Syllabus, RPP, LKPD, and performance appraisal instruments that are viewed from the students' process skills. The result of the validation of learning development shows that the teaching materials developed are very feasible in the test try to learners. The results showed that the average of students' process skills from the aspect of the highest performance performance was in good criteria. This is indicated by the percentage that reaches 67%. While the criteria include very good reached 33%. While for the result of measurement of process skill of student which counted by classical which counted on each indicator included into good category and very good.

Keywords: Makrobtentos, Diversity, Student Process Skills

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman makrobtentos yang ada pada kolam konservasi kura-kura Universitas Bengkulu yang dijadikan sebagai sumber belajar IPA kelas VII MTsN 2 Kota Bengkulu. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2017 sampai bulan Mei 2017. Pengambilan sampel makrobtentos dengan menggunakan transek kuadran yang berukuran 1x1 meter yang dibuat sebanyak 6 kuadran. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh 1,086 individu makrobtentos yang tergolong kedalam 3 genus yaitu, *Bellamnya*, *Faunus*, dan *Pomaceae*. Data yang diperoleh dihitung berdasarkan struktur komunitas makrobtentos yang terdiri dari kepadatan populasi (KP), kelimpahan relatif (KR), frekuensi kehadiran (FK), Indeks keanekaragaman (H') dan indeks dominansi (C). Hasil indeks keanekaragaman makrobtentos yang terdapat pada kolam konservasi kura-kura berada di bawah 1,5, dengan perolehan tersebut dapat dikatakan bahwa pada kedua kolam konservasi kura-kura memiliki keanekaragaman makrobtentos yang tergolong rendah. Pengembangan pembelajaran merujuk pada model Dick & Carey yang dimodifikasi. Pembelajaran yang dikembangkan meliputi Silabus, RPP, LKPD, dan instrumen penilaian kinerja yang dilihat dari keterampilan proses siswa. Hasil validasi pengembangan pembelajaran menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan sangat layak di uji cobakan kepada peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata keterampilan proses siswa dari aspek kinerja kinerja yang paling tinggi berada pada

kriteria baik. Hal ini ditunjukkan dengan presentase yang mencapai 67%. Sedangkan yang termasuk kriteria sangat baik mencapai 33%. Sedangkan untuk hasil pengukuran keterampilan proses siswa yang dihitung secara klasikal yang dihitung pada tiap indikator termasuk kedalam kategori baik dan sangat baik.

Kata kunci : Makrobentos, Keanekaragaman, Keterampilan Proses Siswa

PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu merupakan salah-satu provinsi yang memiliki sumber daya alam yang melimpah, baik sumber daya alam yang ada di laut maupun sumber daya alam yang ada di daratan. Dengan melimpahnya sumber daya alam yang ada, provinsi Bengkulu juga memiliki keanekaragaman ekosistem yang sangat tinggi, baik keanekaragaman ekosistem darat maupun keanekaragaman ekosistem perairan.

Konservasi merupakan upaya yang dilakukan suatu pengelola untuk menjaga dan melindungi sumber daya alam agar tidak mengalami kepunahan, menurut undang-undang No.5 tahun 1990 konservasi adalah pengelolaan sumber daya alam hayati serta keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia. Dalam ekologi, konservasi merupakan alokasi sumber daya alam untuk sekarang dan masa yang akan datang. Kegiatan konservasi meliputi konservasi in situ (habitat aslinya) dan konservasi ex situ (bukan habitat aslinya). Salah-satu contoh kegiatan konservasi secara in situ yaitu pada kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam, sedangkan salah satu contoh konservasi secara ex situ yaitu kebun raya, kebun binatang dan tahura (Wiryo, 2012). Universitas Bengkulu merupakan salah satu lembaga yang sangat mendukung upaya konservasi, dengan menjadikan lingkungan kampusnya menjadi kawasan konservasi ex-situ. Dukungan tersebut terlihat pada upaya pelestarian kura-kura dengan menjadikan lingkungan Universitas Bengkulu menjadi wilayah konservasi bagi kura-kura. Salah satu komponen pendukung keberhasilan konservasi kura-kura yaitu tersedianya pakan yang cukup serta habitat yang sesuai. Jenis pakan

yang dibutuhkan kura-kura yaitu daun talas dan ikan. Untuk melihat habitat yang sesuai terhadap kura-kura, perlu adanya bioindikator terhadap perairan tersebut yaitu makrobentos. Makrobentos adalah hewan invertebrata yang dapat dilihat dengan mata telanjang yang hidup didasar dan sekitar bebatuan di dasar perairan.

Makrobentos dapat digunakan sebagai bioindikator suatu perairan, karena habitat hidupnya relatif tetap. Perubahan suhu dan pH air sangat mempengaruhi keanekaragaman makrobentos. Keanekaragaman makrobentos sangat bergantung pada toleransi sensitifitasnya terhadap perubahan lingkungan. Kisaran toleransi makrobentos terhadap lingkungan berbeda-beda. Komponen lingkungan baik hidup (biotik) maupun yang mati (abiotik) mempengaruhi keanekaragaman makrobentos, perairan yang berkualitas baik biasanya memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi dan sebaliknya pada perairan yang buruk atau tercemar. Sejauh ini belum diketahui kepadatan makrobentos dan kualitas perairan kolam unib dan kolam taman pintar sebagai upaya dalam mendukung kegiatan konservasi kura-kura yang dilakukan di lingkungan universitas Bengkulu.

Menurut Utami (2014) dalam Ningsi (2016) konservasi ex-situ yang dilakukan di area kampus UNIB dapat bermanfaat sebagai sumber belajar, dimana sala-satu sumber belajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran IPA adalah dengan memanfaatkan lingkungan sebagai sumber belajar, pembelajaran yang terjadi akan bersifat kongkrit sehingga siswa tidak mengira-ngira objek pembelajaran berdasarkan imajinasinya , siswa dapat mengaitkan antara konsep yang dipelajari dengan kondisi nyata yang ada di lingkungan sehingga akan menguatkan konsep yang menjadikan pembelajaran

menjadi bermakna dan menarik atau tidak membosankan.

Dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, guru diharapkan dapat menggunakan berbagai cara agar pembelajaran dapat bermakna. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan merancang pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada proses pembelajaran dan pemilihan sumber belajar yang sesuai dengan karakteristik materi pembelajaran. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan pembelajaran berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Dengan pengembangan pembelajaran IPA di Sekolah MTsN 2 Kota Bengkulu kelas VII, diharapkan dapat meningkatkan motivasi peserta didik dalam belajar dan meningkatkan keterampilan proses sains dalam mengobservasi, mengukur, interpretasi data, mengkomunikasikan dan menginferensi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan februari 2017 sampai bulan April 2017 di kawasan konservasi kura-kura Universitas Bengkulu, penelitian

pengembangan pembelajaran dilakukan pada bulan april sampai bulan pada bulan februari 2017 sampai bulan April 2017 yang dilakukan di MTsN 2 Kota Bengkulu dan kawasan konservasi kura-kura. Pengambilan sampel makrobentos dilakukan dengan menggunakan metode transek kuadran berukuran 1x1m (Soegianto, 1994).

PROSEDUR PENELITIAN

Lokasi Penelitian dibagi menjadi empat (4) stasiun dengan luas tiap stasiun sama. Dimana keakuratan luas area lokasi penelitian menggunakan *Global Position System* (GPS) dan roll meter. Dimana pada masing-masing terdiri dari 6 plot pengamatan, keseluruhan plot pengambilan makrobentos berjumlah 24 plot dengan ukuran masing-masing plot 1x1m.

PENGUMPULAN DATA MAKROBENTOS

Pengumpulan makrobentos dilakukan dengan menggunakan jaring berbingkai, kemudian makrobentos dikelompokkan berdasarkan genus nya masing-masing.

TEKNIK ANALISIS DATA

Data makrobentos dianalisis dengan menggunakan rumus :

$$1. \text{Kepadatan populasi (K)} \\ K = \frac{\text{Jumlah Individu Suatu jenis}}{\text{Luas Area (11,25m}^2\text{)}}$$

$$2. \text{Frekuensi kehadiran (FK)} \\ FK = \frac{\text{Jumlah Kuadran Yang Di Tempati Suatu Jenis}}{\text{Jumlah Total Kuadran}} \times 100 \%$$

$$3. \text{Indeks keanekaragaman makrobentos}$$

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \log \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

$$4. \text{Indek Dominansi}$$

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

$$5. \text{Kelimpahan relatif} \\ R = \frac{n_i}{N} \times 100\%$$

Pendidikan dengan cara deskriptif kualitatif dengan menggunakan skor yang diperoleh. Jenis data dari serangkaian uji coba berupa data kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif diperoleh dari hasil tes uji coba skala kecil untuk menilai efektifitas dan

nbelajaran.

sedangkan data kualitatif merupakan penilaian, tanggapan, saran-saran yang diperoleh dari hasil reuiu ahli yaitu dosen pembimbing dan guru mata pelajaran IPA MTsN 2 Kota Bengkulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, makrobentos yang berhasil ditemukan pada kedua kolam konservasi

kura-kura dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

No	Kelas	Ordo	Family	Genus
1	Gastropoda	Pulmonata	Liymnacidæ	<i>Bellamnya</i>
2		Mesogastropoda	Potamididae	<i>Faunus</i>
3			Ampullariidae	<i>Pomaceae</i>

Pengukuran struktur komunitas makrobentos berdasarkan hasil penelitian terdiri dari kepadatan populasi (KP),

kelimpahan relatif (KR) dan frekuensi kehadiran (FK).

Tabel 4.2. Kepadatan Populasi (K), Kelimpahan Relatif (KR), Frekuensi Kehadiran (FK)

No	Janis Makrobentos	Ekosistem Kolam Konservasi					
		Kolam Taman Pintar			Kolam Pipi Putih		
		KP Ind/m ²	KR(%)	FK(%)	KP Ind/m ²	KR(%)	FK(%)
1	<i>Bellamnya</i>	0,238	100	77,842	0,018	61,111	71,526
2	<i>Faunus</i>	0,062	79,166	20,276	-	-	-
3	<i>Pomaceae</i>	0,006	22,221	2,889	0,006	30,444	23,776

Berdasarkan data jumlah makrobentos yang diperoleh dari hasil penelitian kolam taman pintar dan kolam pipi putih, maka didapatkan nilai kepadatan populasi (KP), kelimpahan relatif (KR), dan frekuensi kehadiran (FK) seperti tertera pada tabel 4.2 yaitu pada kolam taman pintar nilai kepadatan

tertinggi adalah *Bellamnya* dengan jumlah kepadatan populasi 0,238 ind/m², kelimpahan relatif (KR) 100% dan frekuensi kehadiran (FK) 77,842%. Sedangkan pada kolam pipi putih kepadatan tertinggi adalah *Bellamnya* dengan jumlah kepadatan populasi (KP) 0,018 ind/m², kelimpahan relatif (KR) 61,111%, dan frekuensi kehadiran (FK) 71,526%.

Tabel 4.3. Indeks keanekaragaman (H') dan Indeks dominansi (C)

No	Indeks	Kolam taman pintar	Kolam pipi putih
1	Keanekaragaman H'	0,255	0,244
2	Dominansi C	0,654	0,585

Berdasarkan dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai indeks keanekaragaman (H') dibawah 1,5. Nilai indeks keanekaragaman (H') pada kolam taman pintar yakni sebesar 0,255, sedangkan pada kolam pipi putih indeks keanekaragaman yakni sebesar 0,242, dilihat dari nilai indeks keanekaragaman

kolam taman pintar dan kolam pipi dibawah 1,5 maka dapat dikatakan bahwa tingkat keanekaragaman makrobentos pada masing-masing kolam tergolong rendah. Keanekaragaman yang rendah menunjukan bahwa pada suatu komunitas tidak banyak terjadi interaksi antar jenis makhluk hidup. Menurut Brower *et. al*

(1990) dalam Sinaga (2009) menyatakan bahwa suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman spesies yang tinggi apabila terdapat banyak spesies dengan jumlah individu masing-masing spesies relatif merata. Dengan

kata lain bahwa apabila suatu komunitas hanya terdiri dari sedikit spesies dengan jumlah individu yang tidak merata, maka komunitas tersebut mempunyai keanekaragaman yang rendah.

Tabel 4.4. Faktor abiotik kolam taman pintar dan kolam pipi putih

No	Ekosistem	Parameter yang diukur	Hasil pengukuran
1.	Kolam taman pintar	Kedalaman	2m
		Kekeruhan	1,45
		Suhu	29°C
		Ph	6,5
		COD	0,32 mg/L
		BOD	0,1 mg/L
2.	Kolam pendipa	Kedalaman	1m
		Kekeruhan	8,52
		Suhu	27°C
		pH	6,5
		COD	9,853 mg/L
		BOD	6,904 mg/L

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pengukuran faktor abiotik kolam konservasi kura-kura meliputi : kedalaman, kekeruhan, suhu, pH, COD, dan BOD air kolam. Kedalaman kolam pada kolam taman pintar yaitu 2 meter sedangkan pada kolam pendipa 1 meter. Dengan kedalaman tersebut baik pada kolam taman pintar dan kolam pipi putih tidak mendukung pertumbuhan makrobentos dan juga kurangnya tumbuhan air disekitar kolam yang menyebabkan sumber bahan makanan makrobentos berkurang.

Bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian berupa Silabus, RPP, LKPD dan instrumen penilaian keterampilan kinerja dan keterampilan proses sains siswa. Analisis kurikulum dilakukan dengan cara mengidentifikasi kompetensi yang mengacu pada kurikulum 2013 mata pelajaran IPA kelas VII semester dua. Dari hasil analisis kurikulum dengan melakukan pemetaan kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD), maka hasil penelitian keanekaragaman makrobentos sesuai untuk materi interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya pada sub bab

interaksi dalam ekosistem kelas VII.E MTsN.

Setelah melakukan pemetaan KI, KD, dan analisis materi pembelajaran, tahap selanjutnya yaitu mengembangkan perangkat pembelajaran berupa silabus, Rencana Perangkat Pembelajaran (RPP), LKPD dan Instrumen penilaian meliputi keterampilan proses sains siswa dan penilaian kinerja siswa.

Sebelum melakukan pembelajaran outdoor dilokasi kolam konservasi kura-kura Universitas Bengkulu terlebih dahulu semua perangkat pembelajaran divalidasi terlebih dahulu oleh validator untuk mengetahui kevalidan perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Menurut Borg & Gall (1989) dalam Sugiono (2011), untuk menentukan kelayakan produk dengan menguji keefektifan produk tersebut dengan menggunakan uji validasi untuk memperoleh syaran dan masukan penyempurnaan perangkat pembelajaran tersebut.

Pengukuran keterampilan proses siswa dalam penelitian ini yaitu meliputi keterampilan mengobservasi, keterampilan mengukur, keterampilan

interpretasi data, keterampilan mengkomunikasikan dan keterampilan menginferensi (kesimpulan) yang dilihat

dari aspek kinerja siswa dalam mengerjakan LKPD (Winarni, 2012).



Grafik presentase keterampilan proses siswa dari aspek kinerja

Berdasarkan gambar diatas menunjukan bahwa presentase keterampilan proses siswa dari aspek kinerja pada KD. 4.7 menunjukan bahwa rata-rata keterampilan proses siswa dari aspek kinerja yang paling tinggi berada pada kriteria baik. Hal ini ditunjukan dengan presentase yang mencapai 67%. Sedangkan yang termasuk kriteria sangat baik mencapai 33%. Perolehan presentase ketarampilan kemampuan proses siswa dari aspek kinerja merupakan hasil perolehan dari setiap aspek keterampilan proses siswa. Pengukuran keterampilan proses siswa

juga dinitung secara kiasikal untuk setiap aspek keterampilan proses. Data secara klasikal dari pengukuran keterampilan proses siswa dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih buat pembimbingku Dr. Bhakti Karyadi, M.Pd dan Dr. Agus Susanta, M.Ed yang selalu membimbing , memotivasi dan memberikan arahan dalam menyelesaikan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, A. 2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif: Menciptakan Metode Pembelajaran Yang Menarik Dan Menyenangkan*. Diva Press. Yogyakarta.
- Dorajah, Y. 2005. *Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos Di Ekosistem Perairan Rawapening Kabupaten Semarang*. Semarang. Skripsi.
- Fachrul, F.M. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Pt. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fadillah. N., 2016. *Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai*

Indikator Perubahan Kualitas Perairan Disungai Belawan Kecamatan Pancur Kabupaten Serdang. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Artikel.

- Hasanudin. 2012. *Bengkulu The Land Of Rafflesia*.
- Karyadi., B. 2016. *Pengembangan Model Pembelajaran di luar kelas (outdoor) berbasis lingkungan alam bagi siswa SD, SMP, SMA*. Universitas Bengkulu.
- Ningsi., P., E. 2016. *Aklimatisasi Kura-kura Pipi Putih (Siebenrockiella crassicollis) di area konservasi kura-kura Universitas Bengkulu*

- dan pengembangan bahan ajar biologi SMA/MA.* Bengkulu. Tesis.
- Soegianto., A. 1994. *Ekologi Kuantitatif.* Surabaya. Indonesia.
- Sugiono. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan.* Alfabeta. Bandung.
- Winarni., W., E. 2012. *Inovasi Dalam Pembelajaran IPA.* Unit Penerbitan FKIP UNIB
- Wiryono. 2012. *Pengantar Ilmu Lingkungan.* Portelon Media. Bengkulu.