

Pengembangan Modul Keragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Metro Berbasis *Problem Based Learning*

Jessy Damayanti¹, Sueb¹, Fatchur Rohman¹

¹Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 20-07-2020

Disetujui: 27-10-2021

Kata kunci:

module development;
macrozoobenthos diversity;
problem based learning;
pengembangan modul;
keragaman makrozoobentos;
problem based learning

Alamat Korespondensi:

Jessy Damayanti
Pendidikan Biologi
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: jessy.damayanti.1803416@students.um.ac.id

ABSTRAK

Abstract: This study aimed to develop a macrozoobenthos diversity module as a bioindicator of Metro River water quality based on problem-based learning. This is research and development type with ADDIE models. The assessment instruments used were validation questionnaires for material experts and teaching material development experts, and also practicality questionnaires for teachers and students. The subjects were 62 students of SMPN 15 Malang. The results of validation and practicality by material experts (100%), teaching material development experts (93.35%), teachers (95.67%), and students (83.51%) indicate that modules developed are valid and practical so it's feasible to use as environmental pollution teaching material.

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan modul keragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Metro berbasis *problem based learning*. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE. Instrumen penilaian berupa angket validasi untuk ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar, serta angket praktikalitas untuk praktisi lapangan dan siswa. Subjek uji coba yaitu siswa SMPN 15 Malang sebanyak 62 siswa. Hasil validasi dan praktikalitas oleh ahli materi (100%), ahli pengembangan bahan ajar (93,35%), praktisi lapangan (95,67%), dan siswa (83,51%) menunjukkan bahwa modul berbasis PBL yang dikembangkan valid serta praktis sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan ajaran pencemaran lingkungan.

Pendidikan memiliki peranan dalam mengelaborasi kapabilitas dan membangun karakter peserta didik yang bermutu dan serta berkualitas dalam rangka mencerdaskan kehidupan masyarakat Indonesia (Puspitasari, 2009; Susanti, 2013). Perlunya untuk membentuk watak peserta didik yang bermartabat serta memiliki tanggung jawab tidak lain karena semakin berkembangnya isu atau problematika dalam kehidupan ini (Arthur et al., 2012; Finger, 1994; Omeri, 2015). Salah satu permasalahan yang kerap dibicarakan di media komunikasi yakni mengenai pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Secara langsung kondisi pencemaran lingkungan memberikan dampak dan resiko bencana alam maupun penyakit bagi manusia sendiri. Masalah lingkungan ini perlu diketahui sejak dini oleh peserta didik sebagai insani penerus yang diharapkan mampu mengatasi berbagai masalah yang berkaitan dengan lingkungan di masa depan (Gough, 2008; Jenkins & Pell, 2006; Kuppusamy & Mari, 2017; Rappaport, 2008). Namun, pengetahuan lingkungan yang dimiliki siswa di Indonesia masih tergolong rendah (Angraini et al 2018) sehingga juga akan memengaruhi sikap kepeduliannya terhadap lingkungan (Angraini et al., 2018; Wynveen et al., 2014). Melalui pengenalan masalah lingkungan pada peserta didik akan memengaruhi pengetahuan maupun sikap kepedulian lingkungannya. Penelitian (Zsóka et al., 2013) membuktikan hal tersebut bahwa ditemukan hubungan yang positif antara pendidikan lingkungan dan pengetahuan lingkungannya. Peserta didik yang memiliki pengetahuan lingkungan yang baik akan memengaruhi sikap kepeduliannya terhadap lingkungan (Noor et al., 2012; Rideout, 2013; Sadik & Sadik, 2014; Zereie & Navimipour, 2016).

Sumber daya alam memiliki fungsi penting bagi makhluk hidup termasuk manusia, salah satunya yaitu air (Falkenmark et al., 2004). Air dari sungai mempunyai peranan penting untuk manusia yang tinggal disekitarnya (Akre et al., 2012; Uberoi, 2010) karena digunakan untuk berbagai keperluan rumah tangga (Machdar, 2018; R. Singh et al., 2015). Peran air yang sangat vital dalam memenuhi kehidupan manusia sehingga kualitas airnya harus tetap terjaga (Akre et al., 2012; Rahmat et al., 2017), namun pada kenyataannya manusia sebagian besar masih membuang sampah ke sungai sehingga menyebabkan penurunan kualitas air sungai (Akre et al., 2012; Effendi, 2000; Sumampouw, 2018). SMPN 15 Malang adalah sekolah yang

ada di wilayah sumber daya alam air sungai, yaitu Sungai Metro. Berlandaskan hasil analisis kebutuhan siswa di SMPN 15 Malang menunjukkan bahwa siswa masih membutuhkan bahan ajar pencemaran lingkungan yang kontekstual atau terjadi disekitarnya untuk memudahkan memahami materi dan perlu untuk menerapkannya dalam kegiatan praktikum.

Sungai Metro adalah sungai yang melintasi Kota Malang dengan panjang 54,55 (Ali et al., 2013) yang tetap digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan rumah tangga seperti cucian maupun mandi, di samping itu juga dijadikan sebagai tempat pembuangan limbah kegiatan rumah tangga, limbah kegiatan pertanian, dan limbah kegiatan peternakan. Kegiatan pembuangan limbah dapat memicu penurunan kualitas air (Owa, 2013) sehingga juga akan memengaruhi kehidupan organisme di dalamnya (Bahriyah et al., 2018). Penurunan atau peningkatan keragaman suatu spesies dapat dianggap sebagai bioindikator adanya pencemaran sungai (Markert et al., 2004; Nikinmaa, 2014; Wijayanti, 2007). Keragaman makrozoobentos sering digunakan sebagai bioindikator (Chazanah et al., 2020) karena setiap jenisnya memiliki ketahanan yang berbeda terhadap perubahan lingkungan (Roziati et al., 2017; T. V. V. Singh & Ahmad, 2014) sehingga dapat mempresentasikan kualitas air dengan lebih spesifik (Mahazar et al., 2013; Nurhafizah-Azwa & K., 2016). Hasil penelitian keragaman makrozoobentos yang dilakukan menunjukkan bahwa, makrozoobentos jenis *Erpobdelliae*, *Naididae*, *Tubificidae*, *Chironomidae*, *Parathelphusidae*, dan *Thiaridae* paling banyak ditemukan dengan rata-rata indeks pencemaran air (IPA) sebesar 1,62 yang berarti masuk dalam kategori tercemar sangat berat (Rini, 2011). Berdasarkan hasil yang ditemukan dapat diindikasikan bahwa Sungai Metro sudah tercemar, dan hal ini tentu menjadi permasalahan lingkungan bagi masyarakat sekitar.

Hasil penelitian keragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Metro dapat dirancang menjadi bahan ajar IPA bagi siswa SMPN 15 Malang sebagai bahan ajar pencemaran lingkungan kontekstual. Modul adalah salah satu dari sekian banyak bahan ajar yang disusun dalam bentuk praktis agar lebih mudah digunakan mandiri oleh siswa untuk belajar (Departemen Pendidikan Nasional, 2002). Kegiatan yang dirancang dalam modul memberkan pengalaman belajar yang lebih terkonsep dengan rapi, efektif, dan mandiri (Wibowo et al., 2019; Yulastri et al., 2017).

Kemampuan berpikir tingkat tinggi perlu dimiliki siswa untuk menghadapi problematika kehidupan saat ini, sehingga perlu untuk membangun kemampuan tersebut melalui pendekatan pembelajaran yang mengorientasikan siswa dalam situasi masalah dunia nyata yaitu *Problem Based Learning* (PBL) (Delisle, 1997; Mudlofir & Rusydiyah, 2017; Rusman, 2012; Schwartz et al., 2001). Melalui kegiatan belajar ini siswa menangani perkara kontekstual yang sering dijumpai dalam hidupnya setiap hari dengan maksud membangun rasa percaya diri, menambah pengetahuan, dan membentuk diri yang mandiri dari siswa itu sendiri (Nurdyansyah & Fahyuni, 2016). Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, siswa masih perlu untuk mengetahui permasalahan lingkungan yang terjadi disekitarnya sebagai sumber belajar kontekstual sehingga dilakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Modul Keragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Metro berbasis *Problem Based Learning*”.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan berupa penelitian dan pengembangan (*research and development*). Tipe atau model pengembangan yang dipakai adalah ADDIE dengan tahapan terdiri atas kegiatan analisis (*Analysis*), desain (*Design*), pengembangan (*Development*), penerapan (*Implementation*), dan evaluasi (*Evaluation*). Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembaran angket validasi bagi ahli materi maupun ahli pengembangan bahan ajar, serta lembaran angket praktikalitas bagi praktisi lapangan dan bagi siswa kelas VII SMPN 15 Malang. Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dari nilai hasil validasi dan praktikalitas yang telah dipersentasekan. Keputusan valid dan praktis ditentukan berdasarkan indeks (Akbar, 2016) yang ditunjukkan pada tabel 1.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100\%$$

Tabel 1. Indeks Kriteria Validitas dan Praktikalitas Modul

| Persentase (%) | Keterangan |
|----------------|-------------------------------|
| 90,01—100 | Sangat valid - Sangat praktis |
| 85,01—90 | Valid - Praktis |
| 70,01—85 | Cukup valid - Cukup praktis |
| 50,01—70 | Kurang valid - Kurang praktis |
| 01,00—50 | Tidak valid - Tidak praktis |

HASIL

Hasil yang disajikan dalam penelitian ini berupa hasil analisis kebutuhan, hasil desain modul, hasil validasi, dan hasil praktikalitas yang akan dijelaskan sebagai berikut.

Hasil Analisis Kebutuhan

Hasil analisis kebutuhan siswa di SMPN 15 Malang secara umum ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kebutuhan Siswa SMPN 15 Malang

| No | Komponen | Hasil Analisis | Persentase |
|----|---|--|---|
| 1 | Kondisi belajar IPA siswa SMPN 15 Malang | Siswa masih menganggap bahwa pelajaran IPA merupakan pelajaran hapalan. | Sangat setuju (12,1%) Setuju (55,2%) |
| 2 | Respons atas bahan ajaran tersedia | Siswa setuju pada bahan ajaran yang sudah tersedia. | Setuju (81,03%) |
| 3 | Respons atas pengembangan bahan ajaran baru | Siswa masih membutuhkan bahan ajaran dengan berisi kegiatan praktikum atau penyelidikan. | Sangat setuju (50%) Setuju (46,6%) |
| 4 | Bahan ajar IPA yang dibutuhkan | Materi: Pencemaran Lingkungan | 72% |
| | | Model: <i>Problem Based Learning</i> | 67,2% |
| | | Font: Berlin Sans FD | 74,1% |
| | | Warna: Biru | 79,3% |
| | | Hitam | 50% |

Berdasarkan tabel 2 siswa SMPN 15 Malang masih menganggap bahwa IPA merupakan pelajaran yang bersifat hapalan. Melalui pernyataan ini dapat diambil kesimpulan bahwa pelajaran IPA masih menekankan pada penguasaan konsep ataupun prinsip dengan metode hapalan sehingga kompetensi, rasa ingin tahu, hingga kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah kurang berkembang.

Hasil Desain Modul

Hasil desain awal perancangan modul tersusun dari bagian awalan modul, bagian inti modul, dan bagian akhir modul yang rinciannya seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Desain Awal Pengembangan Modul

| | Komponen | Deskripsi |
|-----------------------|-------------------------------|--|
| Bagian Awal | Cover dan Halaman Judul | Berisi judul modul, informasi nama penulis, dan informasi untuk siapa modul ditujukan. |
| | Daftar Isi, Tabel, dan Gambar | Daftar yang menjabarkan judul, sub judul, dan informasi tabel maupun gambar serta menginformasikan nomor halamannya. |
| | Profil Modul | Berisi deskripsi isi modul dengan menjelaskan kegiatan yang akan dilakukan. |
| | Petunjuk Penggunaan Modul | Berisi panduan menggunakan modul dengan baik dan benar, yang bertujuan memudahkan siswa dalam menggunakan modul. |
| Bagian Inti | Pendahuluan | Berisi latar belakang secara singkat tentang pengembangan modul. |
| | Tujuan Belajar | Berisi kompetensi yang harus diraih siswa setekah belajar. |
| | Kegiatan Belajar 1 | Berisi kegiatan belajar sesuai sintaks PBL dengan tema kegiatan mengidentifikasi pencemaran lingkungan sungai. |
| | Kegiatan Belajar 2 | Berisi kegiatan belajar sesuai sintaks PBL dengan tema kegiatan mengetahui penyebab dan dampak pencemaran air sungai. Pada akhir kegiatan siswa juga diminta untuk menuliskan solusi yang tepat untuk menanggulangi pencemaran air sungai. |
| | Evaluasi | Berisi tes pilihan ganda berjumlah 10 soal pada setiap kegiatan belajar. |
| Bagian Penutup | Informasi Tambahan | Berisi hasil penelitian keragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Metro. |
| | Kunci Jawaban | Berisi kunci jawaban evaluasi agar siswa dapat mengukur kemampuannya sendiri. |

Hasil Validasi Ahli Materi

Modul yang dirancang bertema lingkungan sehingga materi pada modul perlu ditelaah oleh ahli materi pada bidang lingkungan. Hasil validasi serta saran maupun komentar dari ahli materi dapat ditinjau pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi, Komentar, dan Saran dari Ahli Materi

| Komponen Modul | Rerata (%) | Komentar dan Saran |
|-----------------------------------|------------|--|
| Kelayakan isi | 100 | Materi dalam modul sudah benar secara keilmuan dan layak digunakan sebagai bahan ajar. |
| Kelayakan penyajian | 100 | Materi sudah disampaikan dengan konsisten dan runtut |
| Kontekstual | 100 | Materi yang ada pada modul sudah dikaitkan pada kehidupan siswa dan mampu memotivasi siswa untuk menerapkan pemahaman yang didapatkannya pada kehidupan setiap hari. |
| Rerata Nilai Validitas (%) | 100 | Sangat valid |

Berlandaskan tabel 4 menerangkan bahwa aspek dalam penilaian kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kontekstual modul oleh ahli materi menunjukkan nilai rerata 100% sehingga dapat disimpulkan bahwa modul sangat valid.

Hasil Validasi Ahli Pengembangan Bahan Ajar

Modul yang dikembangkan merupakan bahan ajaran dengan format cetak yang memiliki beberapa aspek spesifikasi dari segi grafis, segi konten, dan segi formasi. Semua aspek tersebut perlu ditelaah oleh ahli pengembangan bahan ajar yang telag memiliki pengalaman di bidangnya. Hasil validasi, saran, serta komentar yang diberikan oleh ahli pengembangan bahan ajar secara umum dirujuk pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi, Komentar, dan Saran dari Ahli Pengembangan Bahan Ajar

| Komponen Modul | Rerata (%) | Komentar dan Saran |
|-----------------------------------|--------------|--|
| Kelayakan Kegrafikan | 90,87 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lengkapi warna pada masing-masing tulisan subbab ▪ Tampilan gambar pencemaran lingkungan upayakan dokumen pribadi |
| Kelayakan Bahasa | 95,83 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Penulisan nama spesies lengkapi dengan nama Author ▪ Lengkapi tingkatan kognitif pada tujuan pembelajaran |
| Rerata Nilai Validitas (%) | 93,35 | Sangat valid |

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa aspek penilaian kelayakan grafik dan kelayakan bahasa modul oleh ahli pengembangan bahan ajar menunjukkan nilai rerata 93,35% sehingga dapat disimpulkan bahwa modul sangat valid.

Hasil Praktikalitas Praktisi Lapangan

Modul yang sudah ditelaah oleh ahli materi maupun ahli pengembangan bahan ajar kemudian dinilai secara keseluruhan oleh praktisi lapangan. Praktisi lapangan adalah guru pengajar IPA kelas VII di SMPN 15 Malang. Hasil praktikalitas oleh praktisi lapangan secara umum dapat ditinjau pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Praktikalitas, Komentar, dan Saran dari Praktisi Lapangan

| Komponen Modul | Rerata (%) | Komentar dan Saran |
|--------------------------------|--------------|---|
| Kemudahan Penggunaan | 92,86 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modul sudah menarik karena materi sudah sesuai, selain itu dilengkapi dengan gambar yang relevan. |
| Efektivitas Waktu Pembelajaran | 100 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Waktu pembelajaran yang diatur sudah efektif. |
| Manfaat | 94,44 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unjuk kerja sudah jelas dan mudah dipahami siswa ▪ Pemberian kunci jawaban sebaiknya dipisah dengan modul. |
| Total Rerata | 95,77 | Sangat praktis dan dapat digunakan |

Berdasarkan tabel 6 menunjukkan bahwa aspek penilaian kemudahan penggunaan, efektivitas waktu pembelajaran, dan manfaat oleh praktisi lapangan menunjukkan nilai rerata 93,35%, sehingga dapat dikatakan bahwa modul sangat praktis dan dapat digunakan.

Hasil Praktikalitas Siswa

Modul yang telah ditelaah oleh ahli materi, ahli pengembangan bahan ajaran, praktisi lapangan kemudian diujicobakan kepada siswa SMPN 15 Malang sebanyak 62 partisipan. Hasil uji praktikalitas oleh siswa secara umum dapat ditinjau pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Praktikalitas oleh Siswa SMPN 15 Malang

| Komponen Modul | Rerata (%) | Komentar dan Saran |
|--------------------------------|-------------------|---|
| Kemudahan Penggunaan | 87,24 | ▪ Modul sudah menarik karena materi sudah sesuai, selain itu dilengkapi dengan gambar yang relevan. |
| Efektivitas Waktu Pembelajaran | 81,55 | ▪ Waktu pembelajaran yang diatur sudah efektif. |
| Manfaat | 81,75 | ▪ Unjuk kerja sudah jelas dan mudah dipahami siswa ▪ Pemberian kunci jawaban sebaiknya dipisah dengan modul. |
| Total Rerata | 83,51 | Sangat praktis dan dapat digunakan |

Berdasarkan tabel 6 menunjukkan bahwa aspek penilaian kemudahan penggunaan, efektivitas waktu pembelajaran, dan manfaat oleh siswa menunjukkan nilai rerata 83,51%, sehingga dapat diambil simpulan bahwa modul sangat praktis dan dapat digunakan.

PEMBAHASAN

Masalah pencemaran lingkungan semakin meningkat setiap tahunnya. Hal utama yang menyebabkan pencemaran lingkungan yaitu aktivitas manusia (Dogan & Simsar, 2018; Karuniastuti, 2013; Vatria, 2013). Aktivitas manusia yang seringkali merusak lingkungan karena masih memiliki pengetahuan dan kesadaran lingkungan yang rendah (Waskito & Harsono, 2012). Masalah lingkungan perlu diketahui oleh siswa sebagai generasi penyambung kehidupan yang diharapkan mempunyai rasa tanggung jawab dan kompetensi untuk menyelesaikan masalah lingkungan di masa yang akan datang (Beyaz & Asilsoy, 2019; Kuppusamy & Mari, 2017; Purwanti, 2017).

Pembelajaran IPA merupakan mata pelajaran yang sering dikaitkan pada lingkungan. Melalui pelajaran ini diharapkan menjadi wahana siswa dalam mengetahui masalah lingkungan yang terjadi disekitarnya. Melalui penelitian ini akan dirancang sebuah bahan ajar dalam bentuk modul dengan mengacu pada kompetensi dasar (KD) yang harus dicapai, yakni menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem (KD 3.8) serta membuat tulisan tentang gagasan pemecahan masalah pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan (KD 4.8). Kegiatan yang perlu dilakukan untuk mencapai hal tersebut yakni dengan mengenalkan masalah lingkungan yang terjadi pada sumber daya alam di sekitar siswa.

Air sungai adalah salah satu sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia (Jr et al., 2003; Machdar, 2018) sehingga kualitasnya harus tetap terjaga (Rahmat et al., 2017; Sharma, 2009). Namun aktivitas manusia seperti membuang limbah industri (Ramadhani et al., 2016), limbah pertanian serta limbah cair domestik menjadi penyebab utama terjadi pencemaran air sungai (Adji, 2006; Mahyudin et al., 2015). Sungai Metro salah satunya sumber daya alam yang sudah tercemar. Hasil pengukuran kualitas air Sungai Metro menunjukkan bahwa air sungainya sudah sangat tercemar. Masalah pencemaran air Sungai Metro dapat dijadikan sebagai sumber belajar kontekstual untuk siswa agar lebih baik dalam memahami materi pencemaran lingkungan.

Masalah pencemaran air Sungai Metro dirangkum menjadi bahan ajaran dalam bentuk modul dengan kegiatan belajar berupa penyelidikan yaitu mengukur kualitas air Sungai Metro berdasarkan bioindikator keragaman makrozoobentos. Penelitian (Ardoin et al., 2020; Bergman, 2016; Waliczek & Zajicek, 1999) menyatakan bahwa pendidikan lingkungan tidak efektif jika hanya sekedar mentransfer informasi searah, namun harus dibarengi dengan praktik di lapangan sehingga dapat memaksimalkan peningkatan pengetahuan dan sikap positif manusia terhadap lingkungannya. Beberapa penelitian lain juga menyebutkan bahwa melalui realisasi kegiatan lingkungan yang diterapkan di kelas dapat pula meningkatkan kepedulian lingkungan siswa (Fisman, 2005; Littlelydyke, 2008; Sobri et al., 2017).

Modul yang berhasil dirancang divalidasi ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar. Selain itu, juga direvisi menurut saran perbaikan yang disampaikan. Hasil validasi dari ahli materi menunjukkan nilai rerata 100% sehingga dapat dikategorikan sangat valid. Hasil validasi oleh ahli pengembangan bahan ajar menunjukkan nilai rerata 93,35% sehingga dapat dikategorikan sangat valid. Hasil praktikalitas oleh praktisi lapangan menunjukkan nilai rerata 95,67% sehingga dapat dikatakan bahwa modul sangat praktis. Hasil uji praktikalitas oleh siswa menunjukkan nilai rerata 83,51% sehingga modul dapat dikategorikan sangat praktis dan dapat digunakan.

Modul merupakan bahan ajar yang mengandung pokok bahasan spesifik yang dirancang secara terstruktur, operasional, dan tertata agar dapat digunakan secara mandiri oleh siswa dalam meraih kompetensi yang sudah ditetapkan (Departemen Pendidikan Nasional, 2002; Husgafvel, 2017; Yulastri et al., 2017). Modul juga mampu memudahkan siswa dalam mendeskripsikan sesuatu yang abstrak karena di dalam modul banyak menggunakan gambar, foto, bagan, ataupun skema (Vinokurova et al., 2016).

Pengembangan modul disusun berdasarkan sintaks *Problem Based Learning* (PBL). Pembelajaran dengan tipe ini mampu menstimulasi kemampuan siswa untuk berpikiran tingkat tinggi, karena berfokus pada masalah kehidupan yang terjadi secara nyata (Delisle, 1997; Mudlofir & Rusydiyah, 2017; Rusman, 2012; Schwartz et al., 2001). Melalui kegiatan belajar ini siswa menyelesaikan perkara nyata yang seringkali dijumpai dalam aktivitas setiap hari (Lestari et al., 2017; Nurdyansyah & Fahyuni, 2016).

Modul yang dikembangkan berbasis PBL disesuaikan dengan sintaks PBL menurut (Delisle, 1997), yaitu (1) menghubungkan siswa pada masalah, (2) menyiapkan struktur, (3) menemukan masalah dan meninjau kembali masalah, (4) menghasilkan produk atau kinerja, dan (5) menganalisis dan mengevaluasi proses. Modul berbasis PBL yang dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh siswa secara mandiri karena sudah memiliki susunan sistematis, terarah, serta mengorientasikan siswa pada permasalahan nyata yang dijumpainya sehari-hari. Modul berbasis PBL dapat meningkatkan proses sains siswa (Serevina et al., 2018) dan hasil belajar siswa (Husniati et al., 2016; Khoiriyah & Husamah, 2018). Melalui modul berbasis PBL siswa dihadapkan pada persoalan dan diupayakan agar mampu menemukan ide penyelesaian dari perkara tersebut sehingga siswa yang dalam proses pemecahan masalahnya meningkatkan kemampuan dalam berpikir kreatif. Teori ini telah dibenarkan oleh beberapa hasil penelitian yang melaporkan bahwa kelas yang menggunakan modul berbasis PBL memiliki kemampuan berpikir kreatif yang tinggi dibandingkan kelas tanpa modul (Anjarwati et al., 2018). Penelitian serupa juga menunjukkan bahwa modul berbasis PBL mampu meningkatkan kreativitas siswa dalam menyelesaikan sebuah masalah (Elita et al., 2019; Febriana et al., 2020; Fitriani et al., 2020; Latifah & Karim, 2019; Yuberti et al., 2019) (Ferbiana 2020; Latifah & Karim (2019), Elita, et al. (2019), Yuberti, et al. (2019), dan Fitriani, et al (2020).

SIMPULAN

Kegiatan penelitian dan pengembangan yang telah dilaksanakan menghasilkan bahan ajar baru dengan judul "Modul Keragaman Makrozoobentos sebagai Bioindikator Air Sungai Metro berbasis *Problem Based Learning*" yang dinyatakan valid serta praktis sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan ajaran materi pencemaran lingkungan di SMP.

DAFTAR RUJUKAN

- Adji, T. N. (2006). Kondisi Daerah Tangkapan Sungai Bawah Tanah Karst Gunungsewu dan Kemungkinan Dampak Lingkungannya Terhadap Sumberdaya Air (Hidrologis) Karena Aktivitas Manusia. *Seminar UGK-BP DAS SOP dengan tema: "Pelestarian Sumber Daya Airtanah Kawasan Karst Gunung Kidul"*, 11.
- Akbar, S. (2016). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. PT. Remaja Rosdakarya.
- Akre, B., Brainard, J., Goose, H., Estable, M., & Stewart, R. (2012). Introduction to Environmental Science. In *Introduction to Environmental Science*. UCCP AP Environmental Science Course, WikiBooks.
- Ali, A., Soemarno, & Purnomo, M. (2013). Kajian Kualitas dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 265–274.
- Anggraini, W., Karyanto, P., & Sarwanto. (2018, September). *The Environmental Knowledge and Attitude of Middle-School Students in Five Prominent Green Schools in Indonesia*. International Conference on Teacher Training and Education 2018 (ICTTE 2018). <https://doi.org/10.2991/iccte-18.2018.4>
- Anjarwati, P. G. P., Sajidan, S., & Prayitno, B. A. (2018). Problem-Based Learning Module of Environmental Changes to Enhance Students' Creative Thinking Skill. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(2), 313–319. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v10i2.12598>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Arthur, S. J., Hisrich, R. D., & Cabrera, Á. (2012). The importance of education in the entrepreneurial process: A world view. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 19(3), 500–514. <https://doi.org/10.1108/14626001211250180>
- Bahriyah, N., Laili, S., & Syauqi, A. (2018). Uji Kualitas Air Sungai Metro Kelurahan Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis*, 3(3), 18–25.
- Bergman, B. G. (2016). Assessing impacts of locally designed environmental education projects on students' environmental attitudes, awareness, and intention to act. *Environmental Education Research*, 22(4), 480–503. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.999225>
- Beyaz, Ç., & Asilsoy, B. (2019). Knowledge of Green Buildings and Environmental Worldview among Interior Design Students. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 6, 29–36. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2019.01.004>
- Chazanah, N., Muntalif, B. S., & Sudjono, P. (2020). Macrozoobentos Distribution as a Bioindicator of Water Quality in the Upstream of the Citarum River. *Journal of Ecological Engineering*, 21(3), 10–17. <https://doi.org/10.12911/22998993/116335>

- Dogan, Y., & Simsar, A. (2018). Investigation of Preservice Preschool Teachers' Views on Environmental Problems and Relevant Suggestions of Solution. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 11(2), 151–159.
- Effendi, H. (2000). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Elita, G. S., Habibi, M., Putra, A., & Ulandari, N. (2019). Pengaruh Pembelajaran Problem Based Learning dengan Pendekatan Metakognisi terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(3), 447–458. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v8i3.517>
- Falkenmark, M., Rockstrom, J., & Rockström, J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. Earthscan.
- Febriana, R., Yusri, R., & Delyana, H. (2020). Modul Geometri Ruang Berbasis Problem Based Learning Terhadap Kreativitas Pemecahan Masalah. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), 93–100. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i1.2591>
- Finger, M. (1994). From Knowledge to Action? Exploring the Relationships Between Environmental Experiences, Learning, and Behavior. *Journal of Social Issues*, 50(3), 141–160. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1994.tb02424.x>
- Fisman, L. (2005). The Effects of Local Learning on Environmental Awareness in Children: An Empirical Investigation. *The Journal of Environmental Education*, 36(3), 39–50. <https://doi.org/10.3200/JOEE.36.3.39-50>
- Fitriani, A., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. (2020). The Effects of Integrated Problem-Based Learning, Predict, Observe, Explain on Problem-Solving Skills and Self-Efficacy. *Eurasian Journal of Educational Research*. <https://eric.ed.gov/?q=the+effect+problem+based+learning+modul+on+problem+solving+skill&id=EJ1242444>
- Gough, A. (2008). Towards More Effective Learning for Sustainability: Reconceptualising Science Education. *Transnational Curriculum Inquiry*, 5(1), 32–50.
- Husgafvel, R. (2017). Development of A Study on and Pedagogical Approaches to Industrial Environmental Engineering and Sustainability in Mozambique. *International Journal of Learning in Higher Education*, 6(2), 50–58.
- Husniati, A., Suciati, S., & Maridi, M. (2016). Pengembangan Modul Berbasis Problem Based Learning (Pbl) disertai Diagram Pohon Pada Materi Fotosintesis Kelas VIII SMP Negeri 1 Sawoo. *Inkuiri*, 5(2), 30–39. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v5i2.9470>
- Jenkins, E. W., & Pell, R. G. (2006). “Me and the Environmental Challenges”: A survey of English secondary school students' attitudes towards the environment. *International Journal of Science Education*, 28(7), 765–780. <https://doi.org/10.1080/09500690500498336>
- Jr, J. L. W., White, G. E., White, G. F., & Jr, P. and H. J. L. W. (2003). *Water for Life: Water Management and Environmental Policy*. Cambridge University Press.
- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan. *Swara Patra*, 3(1), 6-14.
- Khoiriyah, A. J., & Husamah, H. (2018). Problem-Based Learning: Creative Thinking Skills, Problem-Solving Skills, and Learning Outcome of Seventh Grade Students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 4(2), 151–160. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v4i2.5804>
- Kuppusamy, S., & Mari, T. S. (2017). *Relationship between environmental awareness and environmental knowledge using “AKASA” model among architecture students in private universities, Klang Valley, Malaysia*. 2nd. International Conference on Knowledge Engineering and Application, London, United Kingdom. <https://doi.org/10.1109/ICKEA.2017.8169920>
- Latifah, M. N., & Karim, A. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa. *Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 5(1), Article 1. <http://proceeding.unindra.ac.id/index.php/DPNPMunindra/article/view/591>
- Lestari, H. N., Suganda, O., & Widiantie, R. (2017). Hubungan Antara Pengetahuan Metakognitif dengan Kemampuan Pemecahan Masalah melalui Model Problem Based Learning (PBL) pada Konsep Pencemaran Lingkungan di Kelas X. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 9(02), 23–31. <https://doi.org/10.25134/quagga.v9i02.745>
- Littledyke, M. (2008). Science education for environmental awareness: Approaches to Integrating Cognitive and Affective Domains. *Environmental Education Research*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/13504620701843301>
- Machdar, I. (2018). *Pengantar Pengendalian Pencemaran: Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Kebisingan*. Deepublish.
- Mahazar, A., Shuhaimi-Othman, M., & Kutty, A. A. (2013). Benthic Macroinvertebrate as biological indicator for water quality in Sungai Penchala. *AIP Conference Proceedings*, 1571(1), 602–607. <https://doi.org/10.1063/1.4858720>
- Mahyudin, M., Soemarno, S., & Prayogo, T. B. (2015). Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 6(2).
- Markert, B. A., Breure, A. M., & Zechmeister, H. G. (2004). *Bioindicators & Biomonitors: Principles, Concepts, and Applications*. Elsevier Science Ltd.
- Mudlofir, A., & Rusydiyah, E. F. (2017). *Desain Pembelajaran Inovatif: Dari Teori ke Praktis*. Rajawali Press.
- Nikinmaa, M. (2014). *An Introduction to Aquatic Toxicology*. Elsevier Inc.

- Noor, N. A. M., Jamil, C. Z., Mat, N., Kasim, A., Muhammad, A., & Salleh, H. S. (2012). The Relationship Between Environmental Knowledge, Environmental Attitude and Subjective Norm on Malaysian Consumer Green Purchase Behavior. *Malaysian Journal Science*, 15(1), 1–20.
- Nurdiansyah, & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran Sesuai Kurikulum 2013*. Nizamia Learning Center.
- Nurhafizah-Azwa, S., & K., A. A. (2016). Biodiversity of Benthic Macroinvertebrates in Air Terjun Asahan, Melaka, Malaysia. *AIP Conference Proceedings*, 1784(1), 060037. <https://doi.org/10.1063/1.4966875>
- Omeri, N. (2015). Pentingnya Pendidikan Karakter dalam Dunia Pendidikan. *Manajer Pendidikan*, 9(3), 464–468.
- Owa, F. D. (2013). Water Pollution: Sources, Effects, Control and Management. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(8), 65.
- Purwanti, D. (2017). Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan dan Implementasinya. *Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik*, 1(2), 11–20. <https://doi.org/10.20961/jdc.v1i2.17622>
- Puspitasari, D. E. (2009). Dampak Pencemaran Air terhadap Kesehatan Lingkungan dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). *Mimbar Hukum - Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 21(1), 23–34. <https://doi.org/10.22146/jmh.16254>
- Rahmat, A. N., Suwondo, & Fauziah, Y. (2017). Kualitas Perairan Sungai Subayang Ditinjau dari Bioindikator Makrozoobentos. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu 2017*, 1–6.
- Ramadhani, E., Dra. Alif Noor Anna, M. S., & Drs. Munawar Cholil, M. S. (2016). *Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar*. Skripsi tidak diterbitkan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rappaport, A. (2008). Campus Greening: Behind the Headlines. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 5(1), 6–17.
- Rideout, B. E. (2013). The Liberal arts and Environmental Awareness: Exploring Endorsement of an Environmental Worldview in College Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 9, 59–76.
- Rini, D. S. (2011). *Ayo Cintai Sungai: Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai dan BIOTILIK*. Ecoton.
- Roziati, E., Kusumadani, A. I., & Aryani, I. (2017). *Biologi Lingkungan*. Muhammadiyah University Press.
- Rusman. (2012). *Model – Model Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sadik, F., & Sadik, S. (2014). A Study on Environmental Knowledge and Attitudes of Teacher Candidates. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 116, 2379–2385.
- Schwartz, P., Mennin, S., & Webb, G. (2001). *Problem Based Learning: Case Study, Experience, and Practice*. Kogan Page Publishers.
- Serevina, V., Sunaryo, Raihanati, Astra, I. M., & Sari, I. J. (2018). Development of E-Module Based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to Improve Student’s Science Process Skill. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 17(3), 26–36.
- Sharma, V. A. (2009). Sustainability and Water. *AIP Conference Proceedings*, 1157(1), 128–137. <https://doi.org/10.1063/1.3208015>
- Singh, R., Singh, S., Parihar, P., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Arsenic Contamination, Consequences and Remediation Techniques: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 247–270. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.009>
- Singh, T. V. V., & Ahmad, W. (2014). *Nematodes as Bio-indicator of Soil Ecosystem*. Lambert Academic Publishing.
- Sobri, K. M., Hanum, F., Zulnadi, H., Ahmad, A. R., & Alfitri. (2017). A comparative study of school environment for students’ skills development in Malaysia and Indonesia. *Kasetsart Journal of Social Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.10.002>
- Sumampouw, J. O. (2018). *Indikator Pencemaran Lingkungan*. Deepublish.
- Susanti, R. (2013). Penerapan Pendidikan Karakter di Kalangan Mahasiswa. *Al-Ta lim Journal*, 20(3), 480–487. <https://doi.org/10.15548/jt.v20i3.46>
- Vinokurova, N. F., Martilova, N. V., Krivdina, I. Y., Badin, M. M., & Efimova, O. E. (2016). Master’s Program Module “Environmental Issues—Decision Making Experience” as Precondition for Implementation of Education for Sustainable Development for Professional Training of Teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(15), 8628–8636.
- Waliczek, T. M., & Zajicek, J. M. (1999). School Gardening: Improving Environmental Attitudes of Children Through Hands-On Learning. *Journal of Environmental Horticulture*, 17(4), 180–184. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-17.4.180>

- Waskito, J., & Harsono, M. (2012). Green Consumer: Deskripsi Tingkat Kesadaran dan Kepedulian Masyarakat Joglosemar terhadap Kelestarian Lingkungan. *JDM (Jurnal Dinamika Manajemen)*, 3(1), 29-39. <https://doi.org/10.15294/jdm.v3i1.2457>
- Wijayanti, H. (2007). *Kajian Kualitas Perairan Kota Bandar Lampung berdasarkan Komunitas Hewan Makrobentos*. Universitas Diponegoro.
- Wynveen, C. J., Kyle, G. T., & Sutton, S. G. (2014). Environmental Worldview, Place Attachment, and Awareness of Environmental Impacts in a Marine Environment. *Environment and Behavior*, 46(8), 993–1017. <https://doi.org/10.1177/0013916513484325>
- Yuberti, Latifah, S., Anugrah, A., Saregar, A., Misbah, & Jermisittiparsert, K. (2019). Approaching Problem-Solving Skills of Momentum and Impulse Phenomena Using Context and Problem-Based Learning. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1217–1227.
- Yulastri, A., Hidayat, H., Ganefri, Islami, S., & Edya, F. (2017). Developing an Enterepreneurship Module by Using Product Based Learning Approach in Vocational Education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 12(5), 1097–1109.
- Zereie, B., & Navimipour, N. J. (2016). The Impact of Electronic Environmental Knowledge on the Environmental Behaviors of People. *Elsevier: Computers in Human Behavior*, 59, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.025>
- Zsóka, Á., Szerényi, Z., Széchy, A., & Kocsis, T. (2013). Greening due to environmental education? Environmental knowledge, attitudes, consumer behavior and everyday pro-environmental activities of Hungarian high school and university students. *Journal of Cleaner Production*, 48, 126–138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.030>