

RANCANGAN *E*-POSTER MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN BIOLOGI SMA BERBASIS PENELITIAN ANALISIS TINGKAT KESUBURAN PERAIRAN PESISIR DUMAI

Ashifa Putri Zirly¹⁾, Sri Wulandari²⁾

¹⁾Email: ashifa.putri0724@students.unri.ac.id

²⁾Email: sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id

¹⁾²⁾Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau

ABSTRACT

This study aims to design an e-poster on environmental change in senior high school biology study material based on the analysis of the fertility rate of the Dumai Coastal Waters. The benefits of this research are to provide information to academics regarding the utilization of research data on the fertility rate of the Dumai Coastal Waters using the chlorophyll-a concentration parameter and to produce learning media for environmental change in high school biology based on research. This research was conducted in the coastal waters of Dumai and at the Fisheries Product Technology Laboratory, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau from March to April 2022 and at the Biology Education Study Program, University of Riau from April to May 2022. This research is using descriptive quantitative with survey method and designing e-posters using the ADDIE model.. The analysis was divided into two stages, the first stage was an analysis of the fertility level of the Dumai Coastal Waters using the parameter of chlorophyll-a concentration using Sentinel-2A satellite imagery and the second stage was designing an e-poster material for environmental change in senior high school Biology from research. Based on the results of the study, it was found that the fertility level of the coastal waters of Dumai was low (oligotrophic), which was only in the range of 0.171 – 0.672 mg L⁻¹ and the e-poster of chlorophyll-a concentration could be used as a biology subjects learning media on environmental change material in senior high school grade 10th.

Keywords: *E-Poster; Concentration; Chlorophyll-a; Biology*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *e*-poster materi perubahan lingkungan Biologi Sekolah Menengah Atas (SMA) berbasis penelitian analisis tingkat kesuburan Perairan Pesisir Dumai. Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi kepada akademisi terkait pemanfaatan data hasil penelitian tingkat kesuburan Perairan Pesisir Dumai menggunakan parameter konsentrasi klorofil-a serta menghasilkan media belajar pada materi perubahan lingkungan Biologi SMA berbasis hasil penelitian. Penelitian ini dilaksanakan di perairan pesisir Dumai dan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau pada bulan Maret hingga April 2022 dan di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Riau pada bulan April hingga Mei 2022. Jenis Penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dengan metode *survey* dan perancangan *e*-poster menggunakan model ADDIE. Analisis terbagi dalam dua tahap, tahap pertama yaitu analisis tingkat kesuburan Perairan Pesisir Dumai menggunakan parameter konsentrasi klorofil-a menggunakan citra satelit Sentinel-2A dan tahap kedua perancangan *e*-poster materi perubahan lingkungan Biologi SMA dari hasil penelitian. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ditemukan tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai tergolong rendah (oligotrofik) yaitu hanya berkisar antara 0,171 – 0,672 mg L⁻¹ dan *e*-poster konsentrasi klorofil-a dapat dijadikan media belajar pada materi perubahan lingkungan mata pelajaran biologi SMA kelas X.

Kata Kunci: E-Poster; Konsentrasi; Klorofil-a; Biologi

PENDAHULUAN

Perairan pesisir merupakan laut yang berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh dua belas mil diukur dari garis pantai. Perairan ini menghubungkan pantai dan pulau-pulau, estuari, teluk, perairan dangkal, rawa payau, dan laguna. Sedangkan ekosistem ialah suatu kesatuan komunitas dari tumbuhan, hewan, organisme dan non-organisme yang proses penghubungannya membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas (Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 Cipta Kerja tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil). Salah satu perairan pesisir terpadat yang ada di Provinsi Riau adalah perairan pesisir Dumai. Perairan ini adalah jenis tipologi ekosistem yang memiliki potensi sumber daya perairan vital untuk keberlangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lain di sekitarnya.

Perairan pesisir Dumai merupakan tipologi ekosistem yang memiliki potensi sumberdaya perairan sangat penting dalam kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Perairan ini merupakan habitat bagi komunitas daerah peralihan, seperti plankton, ikan, udang, dan organisme serta memiliki sumberdaya penting yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aspek seperti pelabuhan, perikanan, pemukiman, industri, dan sebagainya (Irfandinata et al., 2018).

Aktivitas di sekitar perairan telah banyak menghasilkan limbah yang menyebabkan perubahan lingkungan. Salah satu dampak perubahan lingkungan adalah perubahan tingkat kesuburan perairan. Kesuburan pada tingkatan tertentu menyebabkan kualitas perairan menurun. Sebagai daerah yang memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, perlu dilakukan penjagaan terhadap kualitas perairan pesisir Dumai, salah satunya melalui pemantauan tingkat kesuburan (Merian et al., 2016).

Kesuburan perairan dapat dinilai dari tinggi rendahnya produktivitas primer yang dihasilkan. Produktivitas primer perairan ialah jumlah zat organik yang berasal dari proses fotosintesis oleh organisme fitoplankton dalam satuan waktu dan volume tertentu. Dalam kegiatan fotosintesis yang dilakukan, fitoplankton dibantu oleh klorofil-a (Mattei et al., 2021; Pakpahan, 2017). Klorofil-a sering dimanfaatkan dalam menghitung biomassa fitoplankton dalam proses pemantauan tingkat kesuburan perairan (Ratnaningsih, 2017).

Sebagai kawasan yang memiliki peran penting bagi ekosistem dan kelangsungan hidup manusia, diperlukan upaya pemantauan untuk menjaga potensi sumberdaya dan ekosistem perairan dari degradasi lingkungan perairan pesisir lebih parah, salah satunya menggunakan indikator konsentrasi klorofil-a. Saat ini perkembangan teknologi telah memungkinkan pemantauan tingkat kesuburan perairan menggunakan citra satelit dengan citra satelit. Metode ini mampu menangkap

panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh klorofil-a dalam badan air. Data citra satelit dapat digunakan untuk mendeskripsikan konsentrasi klorofil-a pada suatu wilayah (Alianto & Hamuna, 2020; Ma et al., 2014).

Berdasarkan hasil angket pra-survey yang disebarkan kepada siswa kelas X di SMA Negeri 1 Pekanbaru menunjukkan bahwa dari 34 orang siswa yang mengisi angket, 21 orang diantaranya menyatakan kesulitan memahami konsep perubahan lingkungan yang dinilai sangat kompleks. Hal ini juga diperkuat dengan hasil bahwa 21 orang siswa tidak memenuhi KKM sebesar 75 dalam hasil penilaian harian pada kompetensi dasar tentang perubahan lingkungan. Menurut Rivaldo et al., (2019) kurangnya pengetahuan siswa dalam pemahaman konsep perubahan lingkungan disebabkan oleh belum tersedianya bahan ajar yang khusus membahas konsep perubahan lingkungan khususnya di perairan. Perancangan media pembelajaran yang memuat konsep perubahan lingkungan perlu dilakukan agar siswa memahami dampak negatif dari aktivitas manusia di perairan pesisir Dumai dan menyadari urgensi upaya menjaga lingkungan. Berdasarkan hasil analisis Kurikulum 2013 revisi 2018, pemahaman mengenai tingkat kesuburan perairan yang tercemar aktivitas manusia merupakan sub materi pada KD 3.11 tentang Perubahan Lingkungan mata pelajaran Biologi SMA kelas X. Data-data hasil penelitian tentang tingkat kesuburan perairan pesisir dengan indikator klorofil-a dapat digunakan sebagai pengayaan dalam proses pembelajaran (Putri & Kurniawan, 2015).

Mayoritas Siswa di Indonesia merupakan *visual learner*. Indra visual bertanggung jawab atas 90% dari stimulasi otak. Dalam pembelajaran, transfer pengetahuan adalah kunci keberhasilan dalam kegiatan belajar-mengajar. E-poster merupakan media untuk menyampaikan informasi dimana semua informasi yang relevan ada dalam satu halaman yang disimpan dalam bentuk dokumen digital. E-poster yang dikombinasikan dengan presentasi singkat dapat memfasilitasi diskusi informasi antara guru dan siswa (Alev Dogan et al., 2020; Aziz et al., 2021; Mohd Nizam Haron & Ahmad Hanafi Sulong, 2017).

Pengembangan e-poster perubahan lingkungan berbasis penelitian analisis tingkat kesuburan Perairan Pesisir Dumai dapat dijadikan media belajar pada materi perubahan lingkungan perlu dilakukan untuk mendukung proses belajar mengajar. Media ini digunakan sebagai bahan pengayaan untuk membantu siswa memahami konsep perubahan lingkungan dan akibatnya. Kegiatan ini juga dapat menjadi implementasi pemanfaatan muatan lokal sesuai dengan isu nasional dan pemanfaatan media belajar digital sebagai bagian dari program sekolah penggerak oleh Kemendikbud (Sulistiyowati et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di perairan pesisir Dumai dan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau pada bulan Maret hingga April 2022 dan perancangan e-poster program studi Pendidikan Biologi Universitas Riau pada bulan April hingga Mei 2022. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode survey untuk mendapatkan data tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai menggunakan indikator konsentrasi klorofil-a. Proses penelitian ini terbagi dalam dua tahap yaitu analisis data tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai dengan indikator konsentrasi klorofil-a dan tahap perancangan e- poster.

Analisis tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai dengan indikator konsentrasi klorofil-a meliputi penentuan stasiun pengambilan sampel, pengukuran faktor oseanografi di lapangan, pengukuran dan analisis konsentrasi klorofil-a di lapangan (ground check) dan analisis konsentrasi klorofil-a citra satelit. Pengambilan sampel pada stasiun yang telah ditentukan menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan karakteristik lingkungan. Pengukuran faktor oseanografi perairan pesisir Dumai meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan, pH, salinitas, dan Dissolved Oxygen (DO). Pengambilan sampel air untuk analisis klorofil-a ground check menggunakan water sampler dan analisis konsentrasi klorofil-a dalam air laut menggunakan Spectrophotometer UV-VIS untuk pengukuran nilai absorbansi klorofil-a pada Panjang gelombang 665 nm dan 750 nm. Kemudian perhitungannya mengacu pada rumus De Mots (1965) dalam Laily et al., (2015), yaitu:

$$\text{Klorofil-a} = (13,7 \times A_{665 \text{ nm}}) - (5,76 \times A_{750 \text{ nm}})$$

Analisis klorofil-a menggunakan citra satelit Sentinel-2 dilakukan melalui tahapan *cropping*, *resampling*, *masking*, algoritma klorofil-a, klasifikasi nilai klorofil-a, uji akurasi citra, dan *layout* peta konsentrasi klorofil-a. Prosedur *masking* dilakukan melalui menu *band math* dan masukkan rumus Normalized Difference Water Index (NDWI) yang mengacu pada Syam'ani, (2021):

$$\text{NDWI} = \frac{B3 - B11}{B3 + B11}$$

Keterangan:

B3 = Kanal Hijau Citra Sentinel-2

B11= Kanal shortwave infrared 1 Citra Sentinel-2

Algoritma klorofil-a yang digunakan untuk membedakan konsentrasi klorofil-a pada citra mengacu pada algoritma Arif dan Laksmi (2006) dalam Qanita & Subiyanto, (2019) pada menu “*band math*” dengan rumus:

$$\text{Klorofil a} = 17.912 \times \left(\frac{B2 - B3}{B2 + B3} \right) - 0.3343$$

Keterangan:

B2 = Kanal biru (Kanal 2 Sentinel-2)

B3 = Kanal Hijau (Kanal 3 Sentinel-2)

Perancangan *e*-poster Biologi SMA menggunakan model ADDIE, metode ini memiliki lima tahapan yang terdiri atas: *Analyze, Design, Development, Implementation* and *Evaluation*. Penelitian dilakukan sampai tahap *draft 1 development* dimana produk yang telah dibuat tidak dilakukan validasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Perairan pesisir Dumai berada di sebelah timur daratan Sumatera. Secara geografis, perairan ini berbatasan langsung dengan Selat Rupa. Perairan ini memiliki tipe pasang surut campuran semidiurnal yang artinya dalam waktu 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Terdapat 5 stasiun penelitian pada perairan ini yaitu stasiun I di Kecamatan Rupa, stasiun II di Kecamatan Sungai Sembilan, stasiun III di Kecamatan Dumai Timur (Kelurahan Buluh Kasap), stasiun IV di Kecamatan Dumai Timur (Kelurahan Tanjung Palas) dan stasiun V di Kecamatan Medang Kampai. Peta stasiun penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta stasiun penelitian di perairan pesisir Dumai

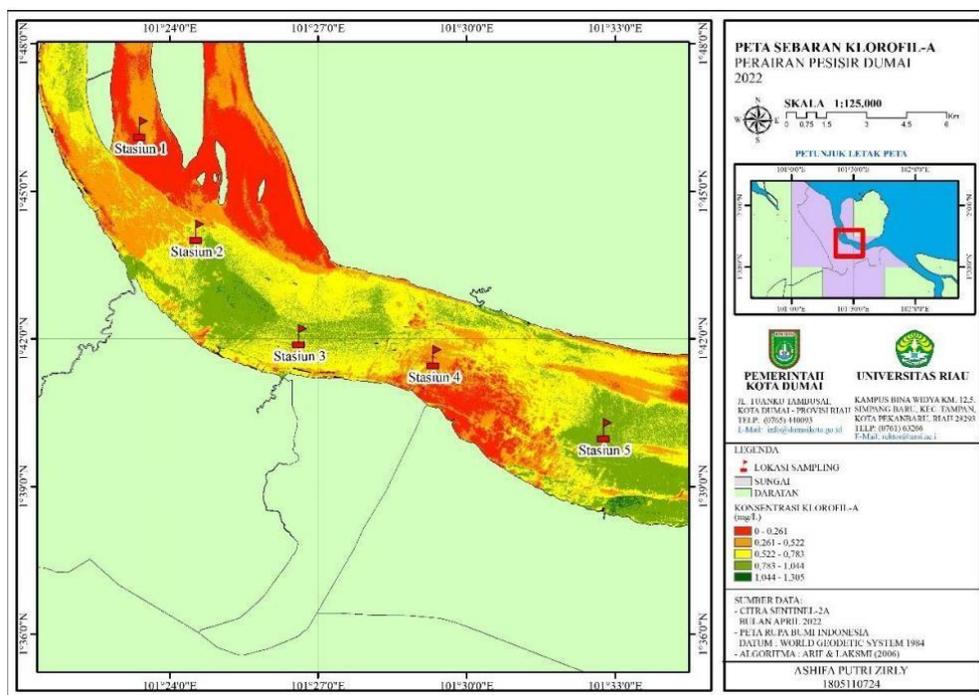
Konsentrasi Klorofil-a Hasil Analisis *Ground Check*

Hasil analisis konsentrasi klorofil-a pada sampel dari perairan pesisir Dumai (*ground check*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Konsentrasi Klorofil-A Hasil Analisis *Ground Check*

| Stasiun | Koordinat | Klorofil-a (mg L^{-1}) |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| I (Hutan bakau) | 01°46.270'LU 101°23.418'BT | 0,171 |
| II (Muara sungai) | 01°44.178'LU 101°24.557'BT | 0,272 |
| III (Pelabuhan) | 01°42.051'LU 101°26.632'BT | 0,694 |
| IV (Kawasan Industri) | 01°41.627'LU 101°29.349'BT | 0,589 |
| V (Kawasan Wisata) | 01°40.143'LU 101°32.791'BT | 0,450 |

Konsentrasi Klorofil-a Hasil Analisis Citra Satelit



Gambar 2. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Perairan Pesisir Dumai dari Citra Sentinel-2A

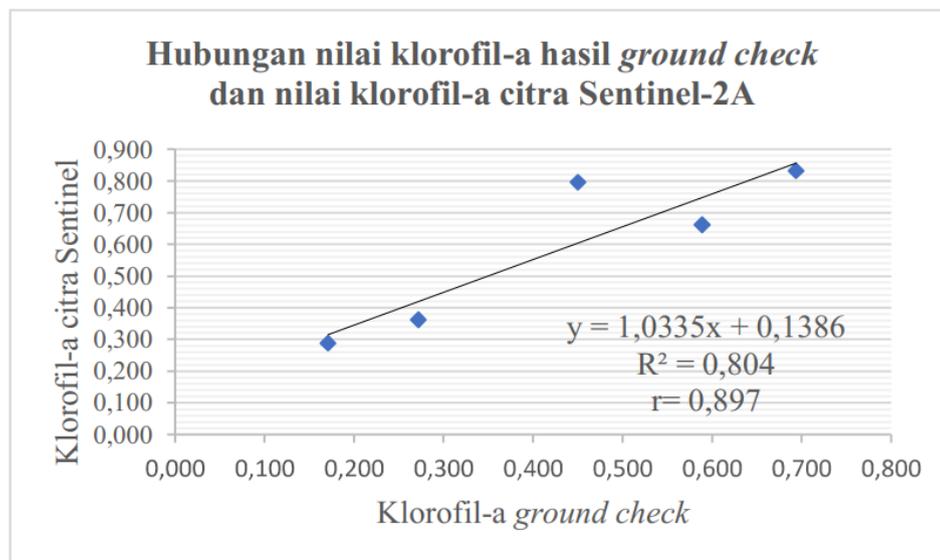
Gambar 2 menunjukkan gambar perbedaan konsentrasi konsentrasi klorofil-a pada beberapa lokasi perairan pesisir Dumai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurnianingsih *et al.*, (2017) yang menjelaskan bahwa ekosistem perairan pesisir memiliki kondisi lingkungan yang dinamis sehingga dapat menyebabkan perbedaan karakteristik lingkungan pada lokasi yang berbeda. Konsentrasi klorofil-a yang berkisar antara 0 – 0,261 mg L^{-1} pada peta ditandai dengan warna merah, konsentrasi klorofil-a yang berkisar antara 0,261-0,522 mg L^{-1} pada peta ditandai dengan warna jingga, konsentrasi klorofil-a yang berkisar antara 0,522 – 0,783 mg L^{-1} pada peta ditandai dengan warna

kuning, konsentrasi klorofil-a yang berkisar antara 0,783 – 1,044 mg L⁻¹ pada peta ditandai dengan warna hijau muda, sedangkan konsentrasi klorofil-a yang berkisar antara 1,044– 1,305 mg L⁻¹ pada peta ditandai dengan warna hijau, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1. Data konsentrasi klorofil-a dari citra satelit dan *ground check* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Konsentrasi Klorofil-a di perairan pesisir Dumai

| Stasiun | Koordinat | Klorofil-a (mg/L ⁻¹) | |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------|
| | | <i>Ground check</i> | Citra Satelit |
| I (Hutan Bakau) | 01°46.270'LU 101°23.418'BT | 0,171 | 0,289 |
| II (Muara Sungai) | 01°44.178'LU 101°24.557'BT | 0,272 | 0,363 |
| III (Pelabuhan) | 01°42.051'LU 101°26.632'BT | 0,694 | 0,832 |
| IV (Kawasan Industri) | 01°41.627'LU 101°29.349'BT | 0,589 | 0,662 |
| V (Kawasan Wisata) | 01°40.143'LU 101°32.791'BT | 0,450 | 0,796 |

Hasil uji akurasi nilai konsentrasi klorofil-a hasil analisis citra dan nilai konsentrasi klorofil-a hasil *ground check* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan hubungan nilai klorofil-a hasil *ground check* dan nilai klorofil-a citra Sentinel-2A

Berdasarkan Gambar 3, diketahui hasil regresi sederhana dari kedua data dimana koefisien determinasi (R^2) bernilai 0,804 atau kedua variabel memiliki hubungan yang sangat kuat yaitu sebesar 80,4%. Perbedaan nilai konsentrasi klorofil-a pada kedua data terjadi karena penangkapan gelombang cahaya yang dipantulkan permukaan air terganggu oleh beberapa faktor, seperti tutupan awan, bayangan topografi, unsur atmosfer seperti ozon, uap air dan aerosol dan resolusi citra. Nilai koefisien korelasi (r) bernilai 0,897 yang artinya kedua variabel memiliki hubungan positif.

Hasil Analisis Tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai

Hasil analisis citra satelit maupun *ground check* menunjukkan konsentrasi klorofil-a pada perairan ini bernilai kurang dari 1 mg L⁻¹. Berdasarkan pengelompokan tingkat kesuburan (*trofik*) Vollenweider dalam (Linus *et al.*, 2017) , tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai tergolong rendah (*oligotrofik*).

Hasil Pengukuran Faktor oseanografi perairan pesisir Dumai

Hasil pengukuran faktor *oseanografi* perairan pesisir Dumai pada tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Parameter *Oseanografi* Perairan Pesisir Dumai

| Stasiun | Koordinat | Kecerahan (cm) | Suhu °C | Salinitas ppm | Kec. Arus m/s | pH | DO (mg/L) |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|---------|---------------|---------------|------|-----------|
| I (Hutan bakau) | 01°46.270'LU 101°23.418'BT | 80,5 | 32 | 31 | 0,24 | 6,09 | 4,76 |
| II (Muara sungai) | 01°44.178'LU 101°24.557'BT | 87,5 | 31,5 | 30 | 0,19 | 6,13 | 4,79 |
| III (Pelabuhan) | 01°42.051'LU 101°26.632'BT | 95 | 30 | 29 | 0,06 | 6,11 | 5,31 |
| IV (Kawasan Industri) | 01°41.627'LU 101°29.349'BT | 94 | 31 | 29,4 | 0,11 | 6,05 | 5,01 |
| V (Kawasan Wisata) | 01°40.143'LU 101°32.791'BT | 93 | 30,8 | 29 | 0,07 | 6,07 | 5,23 |

Berdasarkan Tabel 3 diketahui dari 5 stasiun penelitian, kecerahan tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu 95 cm, sedangkan kecerahan terendah yaitu pada stasiun I yaitu 80,5 cm. Tingkat kecerahan menunjukkan kemampuan cahaya matahari menembus air untuk proses fotosintesis. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kecerahan perairan yang meliputi kandungan partikel tersuspensi di dalam air akibat aktivitas yang terjadi di sekitar perairan, cuaca dan waktu pengukuran (Irfandinata *et al.*, 2018). Tingkat kecerahan yang tinggi mendukung terjadinya proses fotosintesis oleh fitoplankton di dalam air sehingga dapat meningkatkan konsentrasi klorofil- a dalam perairan.

Suhu perairan tertinggi terdapat pada stasiun I yaitu 32°C, sedangkan suhu perairan terendah terdapat pada stasiun III yaitu 30°C. Perbedaan suhu pada tiap stasiun dipengaruhi oleh tingkat kecerahan. Suhu berperan dalam pengaturan reaksi kimia enzimatik dalam proses pembentukan klorofil-a. Suhu tinggi menjadikan kerja enzim tidak stabil dan mengakibatkan denaturasi enzim, akibatnya proses pembentukan klorofil-a menurun (Sianturi, 2021). Salinitas tertinggi perairan terdapat pada stasiun I yaitu 31 ppm, sedangkan stasiun III dan stasiun V memiliki tingkat salinitas terendah yaitu 29 ppm. Perbedaan nilai salinitas disebabkan oleh pengacauan (*mixing*) oleh gelombang

akibat tiupan angin. Nilai salinitas yang rendah terjadi akibat pencampuran antara air laut dengan air tawar dari muara sungai (Aruan, 2020).

Kecepatan arus menyebabkan pencampuran antara massa air yang kaya akan zat hara dengan massa air yang miskin zat hara, hal tersebut akan meningkatkan produktivitas primer fitoplankton (Muhtadi, 2017). Dari hasil penelitian ditemukan kecepatan arus tertinggi terdapat pada stasiun I sebesar 0,24 m/s, sedangkan kecepatan arus terendah terdapat pada stasiun III sebesar 0,06 m/s. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, kecepatan arus pada perairan pesisir Dumai termasuk tinggi, akibatnya arus ini akan memindahkan partikel tersuspensi yang belum sempat mengendap dari sumber pencemar menuju lokasi lain. Stasiun I memiliki kecepatan arus tertinggi disebabkan oleh masuknya aliran air pasang dari arah Selat Malaka menuju pesisir Dumai, aliran air tersebut telah menggerus substrat hutan bakau sehingga menyebabkan air menjadi sangat keruh. Pada stasiun II, kecepatan arus menyebabkan masuknya aliran air yang membawa limbah industri dari bagian utara kota Dumai yang menyebabkan perairan menjadi keruh. Stasiun III, stasiun IV dan stasiun V memiliki kuat arus yang cukup rendah sehingga tidak terjadi banyak perpindahan partikel tersuspensi di daerah tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yuliana & Mutmainnah (2018) bahwa kandungan klorofil-a semakin tinggi menuju muara sungai akibat limpasan zat hara dari lapisan dalam maupun dari aktivitas di daratan.

pH tertinggi terdapat pada stasiun II yaitu 6,13 dan hasil pengukuran pH terendah terdapat pada stasiun III yaitu 6,05. Berdasarkan hasil pengukuran dari kelima stasiun penelitian ditemukan nilai pH pada tiap stasiun tergolong tidak produktif. Aktivitas di sekitar perairan telah menyumbang CO₂ melalui proses difusi pada permukaan air laut sehingga konsentrasi CO₂ dalam air menjadi tinggi. *Dissolved Oxygen* (DO) atau konsentrasi oksigen terlarut tertinggi perairan terdapat pada stasiun V sebesar 5,31 mg/L, sedangkan yang terendah terdapat pada stasiun I yaitu sebesar 4,76 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa perairan pada stasiun III tergolong subur, sedangkan pada stasiun I perairan tergolong tidak subur. Nilai DO yang tinggi mengindikasikan proses fotosintesis yang berjalan baik, hal ini dapat dilihat dari konsentrasi klorofil-a yang cenderung tinggi. Semakin tinggi kandungan oksigen maka kualitas air semakin baik (Ariani *et al.*, 2021; Aruan, 2020). Stasiun III banyak menerima nutrisi dari aliran muara sungai yang berfungsi sebagai *fertilizer* pertumbuhan fitoplankton sedangkan stasiun V banyak menerima nutrisi dari aktivitas di darat.

Pada saat pasang, aliran air dari Selat Malaka masuk ke perairan pesisir Dumai dan menghanyutkan limbah industri yang belum sempat mengendap. Pada saat surut, aliran air membawa partikel tersuspensi sungai-sungai dari pantai di Riau kemudian mengendapkan partikel-partikel tersebut di pantai Dumai. Pertamina and PPLH dalam (Arifin *et al.*, 2019) menyatakan bahwa, gerakan polutan yg masuk ke Selat Rupa hanya mengikuti arus yang bergerak bolak-balik kemudian

mengendap tanpa sempat keluar menuju Selat Malaka. Akibatnya, limbah-limbah tersebut terakumulasi di dalam perairan dan mencemari perairan.

Rasmiati *et al.*, (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik di dalam air maka kelimpahan fitoplankton akan semakin menurun, penurunan kelimpahan ini akan berdampak konsentrasi klorofil-a. Selain bahan organik perairan pesisir Dumai juga menampung limbah minyak dari industri minyak bumi di sekitar perairan dan dari tumpahan minyak kapal. Minyak yang tumpah ke atas permukaan air cenderung untuk menyebar ke arah luar sehingga membentuk lapisan yang tipis. Tumpahan minyak ini dapat dilihat pada stasiun IV yang mana merupakan kawasan industri dengan banyak aktivitas kapal, tumpahan minyak dari kapal tersebut menciptakan lapisan minyak pada permukaan air. Hal ini menyebabkan interaksi antara laut dan atmosfer seperti pertukaran gas, panas dan transfer energi menjadi terganggu.

Tumpahan minyak merupakan salah satu penyebab utama perubahan konsentrasi klorofil-a. Rantai hidrokarbon minyak bumi mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi plankton, akibatnya intensitas fotosintesis fitoplankton berubah secara drastis dan konsentrasi klorofil-a dalam perairan menurun. Namun, akibat jangka panjang dari tumpahan minyak di perairan ini adalah *blooming* alga, yaitu pertumbuhan fitoplankton yang terlalu tinggi hingga menyebabkan perairan menjadi keruh. Hal ini terjadi karena tumpahan minyak membunuh zooplankton yang merupakan predator utama fitoplankton. Apabila jumlah predator menurun, maka akan terjadi ledakan populasi fitoplankton (Tang *et al.*, 2019; Tarigan *et al.*, 2014).

Pada dasarnya perairan pesisir memiliki tingkat kesuburan yang tinggi, hal ini disebabkan oleh lokasinya yang berdekatan dengan daratan yang banyak memberi masukan nutrisi dan unsur hara ke dalam perairan (Situmorang *et al.*, 2021). Pada dasarnya perairan pesisir Dumai tergolong tercemar ringan, akan tetapi pembuangan limbah aktivitas antropogenik secara terus-menerus ke dalam badan air menyebabkan terjadinya penurunan kesuburan perairan.

Berdasarkan hasil analisis tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai dengan indikator konsentrasi klorofil-a, diketahui bahwa perairan ini termasuk kategori oligotrofik atau perairan yang memiliki kesuburan rendah. Irfandinata *et al.*, (2018) yang juga menyatakan bahwa perairan pesisir Dumai memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah sehingga termasuk ke dalam golongan perairan tidak produktif. Nilai konsentrasi klorofil-a yang rendah mengindikasikan tingkat kesuburan perairan tersebut rendah. Menurut Ariani *et al.*, (2021) perairan pesisir Dumai telah tercemar akibat masuknya polutan dari pabrik secara terus-menerus ke dalam air.

Rancangan E-Poster dari Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan mengenai analisis tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai dengan indikator konsentrasi klorofil-a dapat digunakan dalam perancangan media pembelajaran berupa *e*-poster pada materi perubahan lingkungan Biologi SMA kelas X. Proses perancangan media ini dibagi dalam beberapa bagian, sebagai berikut:

1) Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis kurikulum, diperoleh materi yang sesuai untuk digunakan sebagai isi konten *e*-poster yaitu terdapat pada KD (Kompetensi Dasar) 3.11 mata pelajaran biologi kelas X SMA. KD 3.11 tentang Perubahan lingkungan yaitu menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan dengan uraian materi berupa perubahan lingkungan dan kerusakan lingkungan akibat zat pencemar atau *eutrofikasi*.

Data konsentrasi klorofil-a yang diperoleh dapat digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan perairan di perairan pesisir Dumai yang mengalami perubahan lingkungan akibat masuknya limbah dari berbagai aktivitas antropogenik di sekitar perairan. Oleh karena itu, hasil penelitian memiliki potensi untuk dijadikan rancangan media pembelajaran berbentuk *e*-poster materi perubahan lingkungan.

2) Hasil Desain

Berdasarkan hasil analisis kompetensi dasar Kurikulum 2013 revisi 2018 yang paling sesuai dengan hasil penelitian adalah pada KD 3.11 yang berisi tentang upaya menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan. Materi perubahan lingkungan dalam *e*-poster diambil dari hasil penelitian tentang perubahan lingkungan, khususnya tentang perubahan tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai. Tahap perancangan *e*-poster dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

a. Hasil Rancangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa latar belakang dari penelitian ini berasal dari fenomena pencemaran air di perairan pesisir Dumai yang menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan. Oleh karena itu, model pembelajaran yang cocok untuk digunakan dalam rencana program pembelajaran ini adalah model *Problem Based Learning* (PBL). Model *Problem Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran berbasis masalah atau kasus yang diberikan kepada peserta didik untuk mereka diskusikan bersama secara progresif menemukan solusi dari permasalahan yang ada sehingga saling memberikan informasi dan membangun pengetahuan mereka sendiri dari proses tersebut (Daryanes et al., 2016). Model pembelajaran ini memiliki ciri berupa pembelajaran yang berorientasi kepada permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Model pembelajaran ini terdiri atas lima

fase yang meliputi: (1) orientasi Siswa pada masalah, (2) mengorganisasi siswa untuk menyelidiki masalah, (3) membantu investigasi secara mandiri dan berkelompok, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, (5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.

b. Hasil Rancangan *E-Poster*

Perubahan Lingkungan Pada penelitian hasil penelitian diintegrasikan dengan materi perubahan lingkungan kemudian dituangkan ke dalam bentuk *e-poster* sebagai media pembelajaran. Desain rancangan *e-poster* terdiri atas beberapa komponen, yaitu:

1. Judul *e-poster*

Judul berisikan informasi untuk memberitahu pembaca mengenai isi *e-poster*. Dalam rancangan *e-poster* ini, judul disesuaikan dengan isi materi. Judul terletak di bagian atas poster dan memiliki ukuran serta warna *font* yang mencolok.

2. Pendahuluan *e-poster*

Pendahuluan berisi latar belakang dilakukannya penelitian dan pengenalan terhadap objek yang akan dibahas di dalam *e-poster*.

3. Isi *e-poster*

Isi *e-poster* mengandung materi singkat tentang penelitian, hasil penelitian yang telah dikaitkan dengan Kompetensi pembelajaran dan ilustrasi serta dokumentasi hasil penelitian.

4. Daftar Pustaka

Daftar pustaka berisi daftar sumber literatur yang digunakan penulis dalam proses pembuatan *e-poster*.

c. Hasil Pengembangan *E-Poster* Perubahan Lingkungan

Konten dalam *e-poster* telah disesuaikan dengan Indikator pada KD 3.11, yaitu mengidentifikasi kasus perubahan lingkungan, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab perubahan lingkungan, menjelaskan macam-macam limbah, menjelaskan dampak pencemaran lingkungan bagi manusia. Materi yang disajikan menggunakan kalimat sederhana dan tepat sasaran. Pemberian *E-Poster* dalam pembelajaran juga dapat memberikan peluang untuk meningkatkan kreatifitas guru dalam mengajar. Sangat perlu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif guru (Daryanes & Putra, 2022). *E-poster* juga dilengkapi dengan ilustrasi, diagram alir, ilustrasi serta *link* video animasi yang menjelaskan tentang penyebab dan dampak perubahan tingkat kesuburan perairan (*Eutrofikasi*), yang dapat dilihat pada Gambar 4.

E-POSTER PERUBAHAN TINGKAT KESUBURAN PERAIRAN PESISIR DUMAI DENGAN INDIKATOR KONSENTRASI KLOROFIL-A
 ASHIFA PUTRI ZIRLY (1805110724)

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI (IPK)
 3.11.1 Mengidentifikasi Kasus Perubahan Lingkungan
 3.11.2 Mengidentifikasi Faktor-Faktor Penyebab Perubahan Lingkungan
 3.11.3 Menjelaskan Sumber Limbah
 3.11.4 Menjelaskan Dampak Pencemaran Lingkungan Bagi Manusia

PENDAHULUAN

Eutrofikasi adalah masalah lingkungan berupa perubahan tingkat kesuburan perairan akibat masuknya bahan organik seperti nitrat dan fosfat dari limbah aktivitas manusia kedalam air yang mengakibatkan air menjadi keruh dan tercemar. Kandungan bahan organik ini mempengaruhi pertumbuhan alga fotosintetik dalam air, sehingga pemantauan konsentrasi klorofil pada alga tersebut dapat dijadikan salah satu metode pemantauan peristiwa eutrofikasi pada lingkungan perairan. Untuk pemahaman lebih lanjut tentang perubahan tingkat kesuburan perairan silahkan tonton video pada link berikut ini: <https://s.id/19G2U>

Perairan Pesisir Dumai merupakan perairan padat aktivitas manusia yang ada di provinsi Riau. Pemantauan tingkat kesuburan pada perairan ini perlu dilakukan untuk mengetahui dampak limbah terhadap kesuburan perairan.

ISI

Aktivitas Manusia



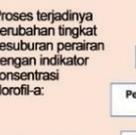
Transportasi Air



Wisata



Pelabuhan



Muara Sungai



Industri

Proses terjadinya perubahan tingkat kesuburan perairan dengan indikator konsentrasi klorofil-a:

```

    graph TD
        A[Aktivitas Manusia] --> B[Limbah]
        B --> C[Pencemaran]
        C --> D[Perubahan Konsentrasi Klorofil]
        D --> E[Tingkat Kesuburan]
    
```

DAFTAR PUSTAKA

Irfandiwa, D., Qaib, M., & Elbas, E. 2018. "Mapping Of Chlorophyll-A Distribution Using Landsat 8 Imagery In Dumai Waters West Of Dumai City Riau Province". Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pendidikan Dan Ilmu Kelautan 5, no. 2: 1-11. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOM/PAPER/BA/ArticleView/23424>

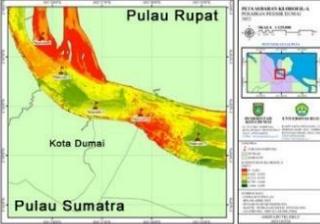
Afriani, F., Effendi, N., & Suntharin, S. 2021. "Analisis Beban Dan Tingkat Pencemaran Di Perairan Dumai, Provinsi Riau, Jurnal Pengkajian Lingkungan Berkelanjutan". Journal Of Environmental Sustainability Management 4, no. 2: 486-497. <https://doi.org/10.30613/jelb.v4i2.486-497>

Linus, Y., Sahyuh, & Irawati, N. 2017. "Status Kesuburan Perairan Berdasarkan Kandungan Klorofil-A Di Perairan Bungkokoko Kota Mandau". Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan 2, no. 1. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/JMSP/ArticleView/24985/sustainability>

Tabel lokasi penelitian di perairan pesisir Dumai

| Stasiun | Keterangan | Konsentrasi Klorofil-a (mg L ⁻³) |
|---------|--|--|
| 1 | Selat antara dua Pulau (Sepi Penduduk) | 0,289 |
| 2 | Hutan Bakau | 0,363 |
| 3 | Muara Sungai Dumai dan Pelabuhan | 0,832 |
| 4 | Kawasan Industri | 0,662 |
| 5 | Kawasan wisata pantai Koneng | 0,796 |

Peta hasil analisis konsentrasi klorofil-a di perairan Pesisir Dumai



Konsentrasi klorofil-a yang rendah pada peta ditandai dengan warna merah sedangkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada peta ditandai dengan warna hijau.

Faktor Oseanografi di Perairan Pesisir Dumai

| Stasiun | Kecerahan (cm) | Parameter Oseanografi | | | | |
|---------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------|-----------|
| | | Suhu (°C) | Salinitas (psu) | Kuat Arus (m/s) | pH | DO (mg/L) |
| 1 | 80,5 | 32 | 31 | 0,24 | 6,09 | 4,76 |
| 2 | 87,5 | 31,5 | 30 | 0,19 | 6,13 | 4,79 |
| 3 | 95 | 30 | 29 | 0,06 | 6,11 | 5,31 |
| 4 | 94 | 31 | 29,4 | 0,11 | 6,05 | 5,01 |
| 5 | 93 | 30,8 | 29 | 0,07 | 6,07 | 5,23 |

Berdasarkan data diatas, diketahui bahwa tingkat kesuburan perairan pesisir Dumai tergolong rendah (*Oligotrofik*). Terdapat perbedaan konsentrasi klorofil-a pada tiap stasiun penelitian. Hal tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor oseanografi. Kesuburan perairan dipengaruhi tingkat kecerahan, suhu, salinitas, kuat arus dan pH. Perairan yang subur menyebabkan proses fotosintesis oleh alga semakin meningkat, sehingga kandungan oksigen terlarut (DO) tinggi.

Gambar 4. Pengembangan e-poster tentang perubahan lingkungan dari data hasil penelitian

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tingkat kesuburan perairan dengan indikator konsentrasi klorofil-a pesisir Dumai tergolong rendah (*oligotrofik*) dan e-poster konsentrasi klorofil-a dapat dijadikan media pemer kaya pada materi perubahan lingkungan mata pelajaran biologi SMA kelas X. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah E-poster yang telah ada di penelitian ini yaitu tentang kesuburan perairan pesisir agar dapat dilakukan penelitian lanjutan pada tahap *development* yaitu validasi sehingga dapat diterapkan sebagai bahan ajar materi perubahan lingkungan mata pelajaran Biologi SMA kelas X.

DAFTAR PUSTAKA

- Alev Dogan, Mustafa Sarıkaya, & Emine Kahraman. (2020). Examination of prospective science teachers' achievement on basic geography topics and effectiveness of poster-based teaching for learning these topics | *International Journal of Curriculum and Instruction*. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 12(2), 245–262. <http://ijci.wcci-international.org/index.php/IJCI/article/view/399>
- Alianto, A., & Hamuna, B. (2020). Spatial-Temporal Variability of Chlorophyll-a Concentration in Cenderawasih Bay and Surrounding Waters. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(2), 343–349. <https://doi.org/10.30871/jagi.v4i2.2003>
- Ariani, F., Effendi, H., & Suprihatin, S. (2021). Analisis beban dan tingkat pencemaran di Perairan Dumai, Provinsi Riau. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 4(2), 486–497. <https://doi.org/10.36813/jplb.4.2.486-497>
- Arifin, N., Siregar, S. H., & Nasution, S. (2019). Determination of Water Quality in Physic and Chemical Use Storet Index and Pollution Index in Coastal Waters Dumai Riau Province. *Aquasains*, 8(1), 743–752. <https://doi.org/10.23960/aqs.v8i1.p743-752>
- Aruan, R. K. (2020). Kelimpahan Fitoplankton dan Hubungannya dengan Faktor Fisika dan Kimia di Perairan Desa Selotong Kecamatan Secanggang Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Aziz, A. A., Vojayaratnam, P., & Vesudevan, M. (2021). View of The Utilization of E-Poster in Teaching and Learning. *Journal of Social Transformation and Education*, 1(3), 193–202. <http://journals.theapra.org/index.php/jste/article/view/46/35>
- Daryanes, F., & Putra, R. A. (2022). Creative Thinking Ability of Biology Teachers at State Senior High Schools in Pekanbaru. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(4), 5383–5392. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i4.1377>
- Daryanes, F., Sriyati, S., & Priyandoko, D. (2016). Implementasi Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Habits of Mind ,Emotional Intelligence, dan Penguasaan Konsep. *Seminar Nasional Dan Saintek*, 570–578.
- Irfandinata, D., Galib, M., & Elizal, E. (2018). Mapping of Chlorophyll-A Distribution Using Landsat 8 Imagery in Dumai Waters West of Dumai City Riau Province. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 5(2), 1–11. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERIKA/article/view/23424>
- Kurnianingsih, T. N., Sasmito, B., Prasetyo, Y., & Wirasatriya, A. (2017). Analisis Sebaran Suhu Permukaan Laut, Klorofil-A, dan Angin Terhadap Fenomena Upwelling di Perairan Pulau Buru

dan Seram. *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 6(1).

- Laily, P. &, Kandungan, A., Gandasuli, K., Pratama, A. J., & Laily, A. N. (2015). Analisis Kandungan Klorofil Gandasuli (*Hedychium gardnerianum* Shephard ex Ker-Gawl) pada Tiga Daerah Perkembangan Daun yang Berbeda Analysis of Chlorophyll Content of Gandasuli Leaves (*Hedychium gardnerianum* Shephardex Ker-Gawl) at Three Different Develop. *Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, 216–219.
- Linus, Y., Salwiyah, & Irawati, N. (2017). Status kesuburan perairan berdasarkan kandungan klorofil-a di Perairan Bungkutoko Kota Kendari. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 2(1), 1–11. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/JMSP/article/view/2498>
- Ma, S., Tao, Z., Yang, X., Yu, Y., Zhou, X., Ma, W., & Li, Z. (2014). Estimation of Marine Primary Productivity from Satellite-Derived Phytoplankton Absorption Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(7), 1–9. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2298863>
- Mattei, F., Scardi, M., & Mattei, F. (2021). Collection and analysis of a global marine phytoplankton primary production dataset. *Earth System Science Data*. <https://doi.org/10.5194/essd-2021-230>
- Merian, R. D., Mubarak, M., & Sutikno, S. (2016). Analisis Kualitas Perairan Muara Sungai Dumai ditinjau dari Aspek Fisika, Kimia dan Biologi. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 3(2), 107–112. <https://doi.org/10.31258/dli.3.2.p.107-112>
- Mohd Nizam Haron, & Ahmad Hanafi Sulong. (2017). Application of e-Poster in Teaching and Learning. In Najwa Hayaati Mohd Alwi & Hishamuddin Abdul Wahab (Eds.), *Proceedings of The International University Carnival On E-Learning (Iucel) 2017* (pp. 354–355). Centre for Global Open Access Learning - Immersive Technology & Quality Assurance (GOAL-ITQAN) Universiti Sains Islam Malaysia (USIM).
- Muhtadi, A. (2017). *Produktivitas primer perairan* (Issue December). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18131.07203>
- Pakpahan, A. G. (2017). Laju Produktivitas Primer Di Perairan Danau Siombak Kecamatan Medan Marelan Kota Medan. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Putri, D. P., & Kurniawan, D. T. (2015). Pengembangan Desain Poster Edukasi Ekologi sebagai Upaya Meningkatkan Wawasan Lingkungan Wisatawan Hutan Mangrove Karangsong Kabupaten Indramayu Developing Ecology Educative Poster Design as The Effort to Improve The Insight of Mangrove Forest Tourist Are. *Proceeding Biology Education Conference*, 14, 258–262.
- Qanita, H., & Subiyanto, S. (2019). Analisis Distribusi Total Suspended Solid Dan Kandungan Klorofil-a Perairan Banjir Kanal Barat Semarang Menggunakan Citra Landsat 8 Dan Sentinel-2a. *Jurnal*

Geodesi Undip, 8(1), 435–445.

- Rasmianti, E., Nedi, S., & Amin, B. (2017). Analysis of Total Organic Matter and Fitoplankton Abundance in The Dumai River Estuary Waters of Riau Province. *JOM FAPERIKA UR*, 4(2). <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERIKA/article/view/15079/14626>
- Ratnaningsih, R. Y. (2017). Analisis Distribusi Spasial dan Temporal Parameter Kualitas Perairan Darat Menggunakan Data Sentinel-2A (Studi Kasus: Danau Matano dan Towuti, Sulawesi Selatan). In *Departemen Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*.
- Rivaldo, D. O., Fauziah, Y., & Suwondo, S. (2019). Analisis Komposisi dan Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Indragiri untuk Rancangan Handout pada Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 6(2), 496–508. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFKIP/article/view/26230>
- SIANTURI, E. S. B. (2021). Struktur Komunitas Fitoplankton sebagai Bioindikator Kualitas Air di Aliran Sungai Deli Kota Medan. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Situmorang, N. S., Rifardi, R., & Siregar, Y. I. (2021). Analysis of Total Suspended Solid Distribution and Its Effect To The Fertility of Marine Waters Around Fish Auction Place (TPI) Dumai. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(1), 36–42. <https://doi.org/10.31258/JOCOS.2.1.36-42>
- Sulistiyowati, T. I., Rahmawati, I., Utami, B., & Budiretnani, D. A. (2021). Poster Sebagai Media Edukasi Konservasi Capung Dan Kupu-Kupu Bagi Pengunjung Kawasan Wisata Irenggolo Kediri. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 8(1), 40–43.
- Syam'ani. (2021). Potensi Pemanfaatan Teknologi Citra ESA Sentinel-2 MSI untuk Pemantauan Kualitas Air. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6.
- Tang, D., Sun, J., Zhou, L., Wang, S., Singh, R. P., & Pan, G. (2019). Ecological response of phytoplankton to the oil spills in the oceans. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 853–872. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1549110>
- Tarigan, T. A., Prasetyawan, I. B., & Wulandari, S. Y. (2014). Studi Pola Sebaran Tumpahan Minyak Dengan Aplikasi Model Hidrodinamika Dan Spill Analysis Menggunakan Software Mike 21 Di Perairan Selat Rupa, Provinsi Riau. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 347–356.
- Yuliana, Y., & Mutmainnah, M. (2018). Kandungan Klorofil-A dalam Kaitannya dengan Parameter Fisika-Kimia Perairan di Teluk Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kemaritiman Dan Sumber Daya Pulau-Pulau Kecil*, 2(1), 206–213. <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/ksppk/article/view/652>