

Pengaruh Kedalaman Sedimen Terhadap Emisi Gas Metana (CH₄) di Situ Kuru

Putri Permata Utari Andini^{1,2*}, Zahra Yunisa¹, Armar Riliansyah Tamala¹, Nurul Akhirati Hasanah^{1,2}, Muhammad Indra Maulana Rizki^{1,2}, Megga Ratnasari Pikoli¹, Irawan Sugoro^{1,3}

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta;

²Kelompok Studi *Generation of Microbiology and Molecular (GENOM)*, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

³Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Jakarta Selatan

ABSTRAK

Sedimen perairan situ merupakan salah satu sumber emisi gas metana (CH₄) penyebab efek gas rumah kaca. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi emisi gas metana (CH₄) di Situ Kuru secara *in situ* berdasarkan kedalaman sedimen. Pemilihan lokasi diambil menggunakan teknik *purposive sampling* di 3 tempat yaitu inlet, tengah dan outlet. Sifat fisika dan kimia air yang diukur pada penelitian ini adalah suhu air, pH air, *Total Dissolved Solids* (TDS), konduktivitas, *Dissolved Oxygen* (DO), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅). Analisis sedimen meliputi pH, BO, rasio C/N, VFA parsial, NH₃, dan analisis mikroorganisme. Analisis sampel gas metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂) dilakukan dengan menggunakan *gas analyzer*. Analisis kimia fisik air dan sedimen membuktikan bahwa sedimen Situ Kuru mampu mendukung aktivitas mikroorganisme metanogen. Hasil menunjukkan bahwa sedimen Situ Kuru memiliki potensi untuk menghasilkan emisi gas metana (CH₄) yang berbeda pada setiap daerah inlet, outlet dan tengah. Hasil juga menunjukkan bahwa nilai fluks gas metana (CH₄) dipengaruhi kedalaman sedimen. Hasil fluks gas metana (CH₄) metana tertinggi terdapat pada kedalaman 0-30 cm lokasi tengah sebesar 5,5790 mg/m²/jam. Fluks gas metana (CH₄) dipengaruhi pula oleh keberadaan gas karbondioksida (CO₂). Fluks gas karbondioksida (CO₂) tertinggi terdapat pada kedalaman 0-30 cm lokasi tengah sebesar 2,3910 mg/m²/jam. Berdasarkan penelitian ini maka perlu dilakukan rehabilitasi terhadap Situ Kuru karena turut berperan dalam emisi gas metana (CH₄) dengan kisaran 0,0290-5,5790 mg/m²/jam.

Kata kunci: Gas metana, Lokasi Inlet, Lokasi Outlet, Lokasi Tengah, Sedimen, Situ Kuru

ABSTRACT

Sediment in the waters is one of the sources of methane gas emissions that cause the greenhouse gas effect. The purpose of this study was to determine the potential for methane (CH₄) emissions at Situ Kuru *in situ* based on the depth of the sediment. The location selection was taken using *purposive sampling* technique in 3 places, namely inlet, middle and outlet. The physical and chemical properties of the air measured in this study were air temperature, air pH, Total Dissolved Solids (TDS), conductivity, Dissolved Oxygen (DO), and Biochemical Oxygen Demand (BOD₅). Sediment analysis includes pH, BO, C/N ratio, VFA, NH₃, and microorganism analysis. Analysis of methane gas (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) gas samples was carried out using a gas analyzer. Physical chemistry analysis of air and sediment proved that the Situ Kuru sediment was able to support the activity of methanogenic microorganisms. The results show that the Situ Kuru sediment has the potential to produce different methane (CH₄) emissions at each inlet, outlet and middle area. The results also show that the value of methane gas flux (CH₄) is influenced by the depth of the sediment. The results of the highest methane gas flux (CH₄) of methane were found at a depth of 0-30 cm in the middle location of 5.5790 mg/m²/hour. The flux of methane (CH₄) is also influenced by the presence of carbon dioxide (CO₂) gas. The highest flux of carbon dioxide (CO₂) is found at a depth of 0-30 cm in the middle location of 2.3910 mg/m²/hour. Based on this research, it is necessary to rehabilitate Situ Kuru because it plays a role in methane (CH₄) emissions in the range of 0.0290-5.5790 mg/m²/hour.

Keywords: Central Location, Inlet Location, Methane Gas, Outlet Location, Sediment, Situ Kuru

Sitasi: Andini, P.P.U., Yunisa, Z., Tamala, A.R., Hasanah, N.A., Rizki, M.I.M., Pikoli, M.R., Sugoro, I. (2022). Pengaruh Kedalaman Sedimen Terhadap Emisi Gas Metana (CH₄) di Situ Kuru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 579-587, doi: 10.14710/jil.20.3.579-587

1. Pendahuluan

Perubahan iklim menjadi isu yang sangat penting diperbicangkan secara global, terutama Gas Rumah Kaca (GRK) yang disebabkan oleh aktivitas manusia.

Salah satu faktor yang menyebabkan meningkatnya GRK adalah metana (CH₄). Penyebaran gas metana (CH₄) dapat mencapai lapisan stratosfer dan berpotensi menyebabkan penipisan lapisan ozon (lubang ozon) (Supriatin, 2014). Gas metana (CH₄) dapat dihasilkan

* Penulis korespondensi: putriipermatta@gmail.com

dari kotoran hewan, bendungan, dan sampah. Gas metana (CH_4) lebih berbahaya karena mampu keluar secara alamiah dari permukaan bumi melalui proses dekomposisi mikroorganisme dan mempunyai efek pemanasan 25 kali lebih kuat (Nugraha *et al.*, 2013). Meskipun demikian, gas metana (CH_4) merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas.

Sedimen perairan terutama pada daerah situ (danau berukuran kecil) diperkirakan memiliki kandungan gas metana (CH_4). Indonesia memiliki ribuan situ yang tersebar hampir di seluruh pulau (Pusat Litbang SDA, 2012). Salah satu situ yang terletak di Kota Tangerang Selatan adalah Situ Kuru. Situ Kuru memiliki luas 364 m². Lokasi Situ Kuru berdekatan dengan kampus UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Luas Situ Kuru semula mencapai 5 hektar. Seiring pembangunan Kota Tangerang Selatan dan pembangunan Kampus UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, situ ini mengalami alih fungsi dengan ditimbun dan didirikan bangunan berupa hunian serta tempat usaha.

Aktivitas manusia dan vegetasi di sekeliling situ berpotensi sebagai sumber masuk bahan-bahan organik ke dalam badan perairan. Menurut Hermawan *et al.* (2014), sedimen Situ Kuru dapat memproduksi biogas sehingga dipastikan dapat menghasilkan gas karbondioksida (CO_2) dan gas metana (CH_4). Penelitian tersebut menunjukkan manfaat sedimen situ secara *ex situ*. Namun, penelitian mengenai potensi emisi gas metana (CH_4) di Situ Kuru secara *in situ* belum dilakukan.

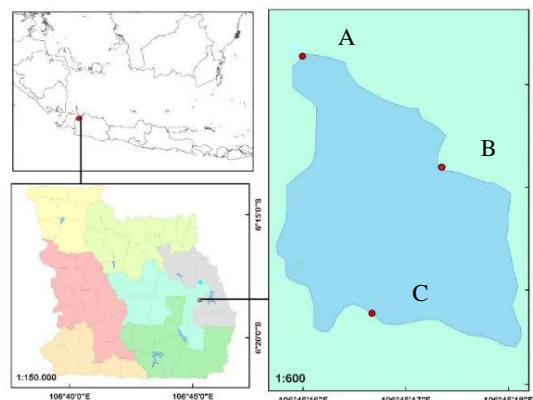
Sedimentasi pada Situ Kuru memiliki kedalaman yang berbeda pada setiap lokasi. Semakin dalam sedimentasi maka keberadaan bakteri anaerob terutama bakteri metanogenik semakin banyak. Bakteri metanogenik yang terdapat pada sedimen akan menjadi penentu besarnya emisi gas metana (CH_4) yang akan dihasilkan. Jenis bakteri yang terlibat dalam proses pembentukan gas metana (CH_4) ini melibatkan bakteri asetonotrof dan propionik (Maryati *et al.*, 2014). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana potensi emisi gas metana (CH_4) pada Situ Kuru berdasarkan tingkat kedalaman sedimen.

2. Metodologi

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di Situ Kuru, Ciputat, Tangerang Selatan. Penelitian dilaksanakan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PAIR BATAN). Penelitian berlangsung pada bulan April 2016 hingga bulan Juni 2016. Stasiun sampling terdiri atas 3 lokasi sebagai perwakilan untuk 3 lokasi yang berbeda (inlet, tengah, dan outlet). Pemilihan lokasi diambil menggunakan teknik *purposive sampling*. Situ Kuru berada pada koordinat 106°45'18.5"E-06°18'29.1"S. Lokasi inlet terdapat pada koordinat 106°45'17.08"E-06°18'29.63"S, untuk tengah terdapat pada koordinat 106°45'17.52"E-

06°18'27.81"S, dan lokasi outlet terdapat pada koordinat 106°45'15.86"E-06°18'27.05"S (Gambar 1.).



Gambar 1. Stasiun sampling Situ Kuru. Keterangan: (A) Lokasi inlet, (B) Lokasi tengah, (C) Lokasi Outlet

2.2. Analisis Sifat Fisika dan Kimia Air Situ Kuru

Sifat fisika dan kimia air yang diukur pada penelitian ini adalah suhu air, pH air, *Total Dissolved Solids* (TDS), konduktivitas, *Dissolved Oxygen* (DO), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD_5). Pada analisis BOD_5 sampel air pada tiga lokasi diambil menggunakan botol *Winkler*, kemudian suhu air dan jam penyimpanan botol *Winkler* juga dicatat. Penentuan oksigen terlarut baik sesaat (DO 0 hari) dan setelah 5 hari (DO 5 hari) menggunakan alat DO meter. Kemudian, kadar BOD dihitung dengan rumus (Salmin, 2005)

Sampel ditimbang sebanyak 2 gram dalam cawan yang sudah disterilisasi, kemudian dibakar dalam oven dan dilakukan pengabuan dalam tanur suhu 55-60 °C. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Persen bahan organik (BO) dihitung dengan rumus penghitungan BO.

2.3. Pengambilan Sampel Gas

Tiga paralon ditancapkan ke dalam lumpur di Situ Kuru pada kedalaman 0-10 cm, 0-20 cm, 0-30 cm. Selang plastik dipasang di atas paralon. Ujung paralon dihubungkan dengan penampung gas. Sambungan antara ujung selang dengan penampung gas diberi vaselin dan parafilm untuk membuat suasana anaerob dan mencegah kebocoran gas. Jumlah gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) diukur setelah 48 jam pemasangan alat. Analisis rasio menggunakan rumus perhitungan rasio C/N (Kasi, *et al.*, 2020).

2.4. Analisis Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil pada kedalaman 0-10 cm, 0-20 cm, 0-30 cm menggunakan *tube* 26 mL. Pengukuran dilakukan dengan pH meter yang sudah dikalibrasi pada hari ke-0 dengan larutan pH 4 dan pH 7. pH meter dimasukkan ke dalam setiap sedimen yang diukur derajat keasamannya (Paena *et al.*, 2014). Kemudian dilakukan analisis kadar nitrogen total menggunakan metode *Kjeldahl*. (Amalia & Fajri, 2020).

Analisis karbon organik dilakukan dengan metode spektrofotometri (Fahmi, 2015). Kadar C-organik dapat diukur dengan rumus penghitungan kadar C-organik (Sulaeman, dkk., 2005). Pengukuran volume gas dilakukan dengan menggunakan prinsip Archimedes. Analisis nilai sampel gas metana (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂) dilakukan dengan menggunakan *gas analyzer*. Fluks gas metana (CH₄) yang dilepaskan ke udara di Situ Kuru dihitung menggunakan rumus (IAEA 1992).

Pengukuran NH₃ dilakukan dengan menggunakan metode mikrodifusi *Conway* (Dhia *et al.*, 2018). Kemudian dititrasi dengan HCl 0,01 N hingga berubah menjadi warna awal (merah muda), dicatat volume HCl yang terpakai dan dihitung konsentrasi NH₃ yang dihasilkan.

Analisis mikroorganisme anaerob diamati dengan mikroskop. Media yang telah dibuat dimasukkan beberapa mL ke dalam erlenmeyer berisi sedimen, kemudian disaring. Cairan yang sudah tersaring lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi media, lalu ditambahkan 14 gram Nutrient Agar (NA) dan 0,07 gram ragi instan. Campuran tersebut disterilisasi selama 2 jam. Sedimen pada kedalaman 10 cm dilakukan 8 seri pengenceran, sedangkan sedimen pada kedalaman 20 cm dan 30 cm dilakukan 6 seri pengenceran. Sedimen pada masing-masing titik diambil sebanyak 0,1 mL, kemudian dimasukkan ke dalam tabung eppendorf yang di dalamnya terdapat larutan pengenceran sebanyak 0,1 mL. Setiap 3 pengenceran terakhir dimasukkan ke dalam cawan petri sebanyak 0,1 mL, kemudian diletakkan di dalam *anaerobic jar* atau kotak anaerob yang diisi dengan gas CO₂ dan didiamkan selama 3×24 jam. Bakteri yang tumbuh dihitung jumlahnya

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Sifat Fisika dan Kimia Air Situ Kuru

Berdasarkan data hasil pengukuran terdapat perbedaan nilai pH yang didapatkan yaitu berkisar 3,8–4,0 (Tabel 1.). Menurut (PP Nomor 22 Tahun 2021) pH tersebut tidak sesuai dengan baku mutu pH badan air, yaitu 6-9. Apabila pH air lebih rendah dari 6 dan lebih tinggi dari 9 mengindikasikan perairan tersebut telah

tercemar sehingga kehidupan biota air akan terganggu dan tidak layak digunakan. Rendahnya kisaran pH perairan Situ Kuru menandakan bahwa perairan Situ Kuru dalam kondisi yang kurang baik atau tercemar. Menurut Labbaik (2018), bahwa pH perairan adalah indikator penting dalam penentuan kualitas air.

Hasil pengukuran selanjutnya mengenai suhu air di Situ Kuru. Suhu air Situ Kuru pada setiap lokasi sampling diperoleh nilai berkisar 28,9° - 31,6°C (Tabel 1.). Menurut (PP Nomor 22 Tahun 2021), suhu air tersebut termasuk dalam kisaran normal sesuai dengan baku mutu suhu badan air, yaitu ±30 °C. Suhu juga memiliki peran penting dalam pembentukan CH₄, karena pada kisaran suhu 30– 35 °C bakteri anaerob dapat bekerja optimal. Untuk itu, suhu di perairan Situ Kuru termasuk dalam kondisi yang optimal bagi bakteri anaerobik pembentuk gas metana (CH₄). Menurut Yulma *et al.* (2017), suhu merupakan parameter fisika yang mempengaruhi sifat fisiologi mikroorganisme yang hidup di lingkungan tersebut.

Hasil pengukuran TDS pada setiap lokasi sampling memiliki kisaran nilai antara 271 – 356 ppm (Tabel 1.). Nilai tersebut termasuk dalam kisaran normal yang berada di bawah baku mutu TDS badan air, yaitu 1000 ppm (PP Nomor 22 Tahun 2021). Nilai TDS yang relatif rendah terjadi karena beban masukan ion-ion anorganik lebih rendah perairan (Bahri *et al.*, 2015). Total Padatan Terlarut atau Total Dissolved Solids (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air (Nicola, 2015). Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik dan industri).

Hasil pengukuran terhadap konduktivitas air memiliki kisaran nilai sebesar 552-734 µs/cm (Tabel 1.). Semakin tinggi konduktivitas, maka semakin tinggi pula kandungan garam pada air. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Bednarik *et al.*, 2015) bahwa Sungai Sitka menunjukkan nilai konduktivitas mulai dari 516,6 µs/cm sudah dapat menghasilkan gas metana (CH₄). Oleh karena itu, hasil nilai konduktivitas pada Situ Kuru termasuk ke dalam nilai yang optimal menghasilkan gas metana (CH₄).

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia air Situ Kuru

Parameter	Nilai			Nilai Standar yang digunakan
	Inlet	Tengah	Outlet	
pH air	4	3,8	3,8	6-9*
Suhu (°C)	30,7	28,9	31,6	±30*
TDS (mg/L)	271	356	275	Maksimal 1000*
DO (mg/L)	6,6	6,8	6,1	Minimal 6*
BOD ₅ (mg/L)	1	0,8	0,6	Maksimal 2*
Konduktivitas (µmhos/cm)	552	734	565	Tidak tercantum

Keterangan: *Sumber Standar: Badan Air, Peraturan Pemerintah atau PP No. 22 Tahun 2021

Hasil pengukuran terhadap DO pada ketiga lokasi sampling di perairan Situ Kuru memperlihatkan kisaran nilai antara 6,1 – 6,8 mg/L (Tabel 1.). Menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 bahwa baku mutu DO pada badan air adalah minimal 6 mg/L. Maka secara umum perairan Situ Kuru memiliki nilai bahan organik yang mudah terurai yang berada pada kisaran normal sebagai badan air. Bahan organik tersebut berasal dari limbah rumah tangga di sekitar Situ Kuru. Oksigen terlarut pula menjadi salah satu penunjang utama kehidupan di laut dan indikator kesuburan perairan. Karena tingginya kelarutan oksigen akan mempengaruhi pula aktivitas bakteri metanogen yang memiliki sifat anaerob obligat. Hal ini disebabkan oksigen yang ada, dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik (Simanjuntak, 2012). Namun, Kadar oksigen terlarut akan semakin menurun seiring meningkatnya limbah organik di perairan.

Hasil pengukuran terakhir mengenai sifat fisik dan kimia air yaitu BOD₅. BOD₅ pada ketiga lokasi sampling memiliki kisaran nilai 0,6 - 1 mg/L (Tabel 1.) BOD₅ tersebut masih dalam kisaran normal baku mutu BOD₅ badan air, yaitu maksimal 2 mg/L (PP Nomor 22 Tahun 2021). Dengan demikian, rendahnya nilai BOD₅ perairan Situ Kuru menunjukkan kebutuhan oksigen yang digunakan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik yang ada di perairan ini rendah pula. BOD₅ merupakan parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan jumlah jumlah bahan organik yang dapat diuraikan secara biologis, yaitu jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan atau mengoksidasi bahan-bahan organik menjadi karbon dioksida dan air.

Dari hasil pengukuran sifat fisika dan kimia yang didapatkan menunjukkan bahwa kualitas air masih dalam kisaran normal, tetapi kondisi pH air cukup rendah dari nilai baku mutu. Rendahnya nilai pH menggambarkan bahwa perairan Situ Kuru telah tercemar limbah yang dapat mempengaruhi ketersediaan sumber nutrisi bagi metanogen.

3.2. Pengukuran Sifat Fisika dan Kimia Sedimen Situ Kuru

Interaksi dari setiap kedalaman dan lokasi menunjukkan bahwa nilai rata – rata tertinggi pada kedalaman >10-20 cm lokasi inlet sebesar 8,81 dan terendah kedalaman >10-20 cm lokasi tengah sebesar 7,43 (Gambar 1A.). Nilai pH yang dihasilkan pada sedimen Situ kuru memiliki distribusi yang normal yang diperkuat dengan uji analisis variansi untuk mengetahui pengaruh dari kedalamannya. Menurut Kusumaningtyas *et al.* (2014), pH optimum yang dibutuhkan untuk mendukung proses anaerobik mikroorganisme pembentuk gas metana (CH₄) adalah 7,2 - 7,4. Tidak semua kedalaman dan lokasi Situ Kuru memiliki nilai optimal untuk proses anaerobik, dari hasil analisis nilai pH sedimen Situ Kuru seperti pada lokasi tengah memungkinkan untuk menghasilkan gas metana (CH₄) dalam jumlah yang besar. Tingginya nilai

pH sedimen dibandingkan nilai pH air Situ Kuru menunjukkan bahwa bakteri perairan belum melakukan proses penguraian seperti pada sedimen. Untuk itu, pH sangat berperan pada ketersediaan nutrisi untuk mikroorganisme yang berada di sedimen untuk mendegradasi bahan – bahan organik yang dilakukan secara anaerob.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap lokasi, presentase BO tertinggi terdapat di inlet, karena lokasi tersebut menjadi lokasi awal buangan sampah rumah tangga dan terlihat banyak tanaman dan pohon sumber sampah dedaunan yang hidup di sekitar hulu Situ Kuru. Adapun dari hasil penelitian berdasarkan kedalaman, persentase BO tertinggi terdapat pada kedalaman >20-30 cm, karena pada kedalaman sedimen tersebut banyak terdapat kandungan unsur-unsur organik yang berasal dari sisa metabolisme, plankton, dedaunan, dan sampah makanan yang terakumulasi di dalam sedimen dan banyak terdapat mikroorganisme yang mengurai unsur organik tersebut dalam proses kimiawi sehingga menghasilkan BO yang lebih banyak. Nilai BO yang dihasilkan pada sedimen Situ Kuru memiliki distribusi yang normal sehingga perlu diperkuat analisis variansi untuk mengetahui pengaruh dari kedalamannya. Menurut Endang *et al.* (2019), bahwa keberadaan bahan organik dalam suatu perairan memiliki peran penting yaitu sebagai sumber nutrisi bagi biota yang berada di perairan tersebut, seperti bakteri penghasil gas metana (CH₄). Banyaknya senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi serta bakteri didalam sedimen menjadi tujuan dalam analisis BO. Semakin tinggi kandungan bahan organik maka laju dekomposisinya juga semakin tinggi.

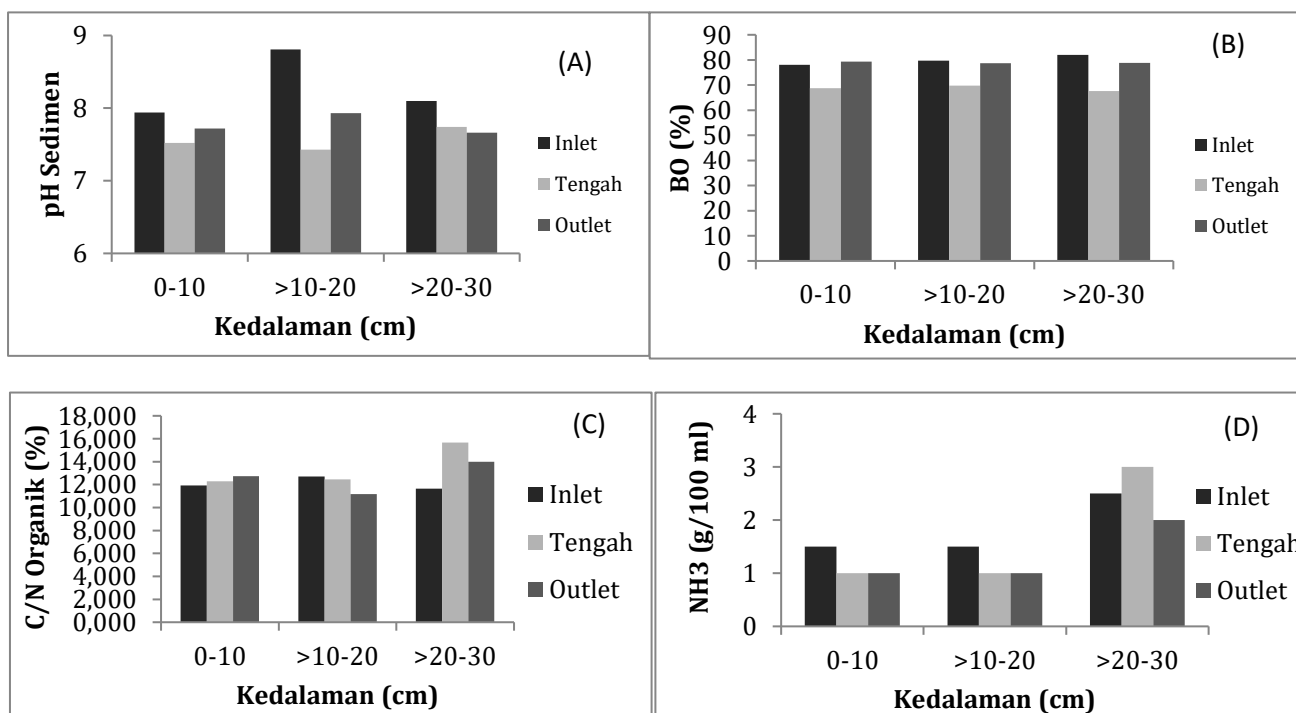
Berdasarkan hasil analisis data pada masing – masing kedalaman dan lokasi terlihat bahwa kadar C/N organik tertinggi terdapat di kisaran kedalaman >20-30 cm pada lokasi tengah dengan nilai rata – rata sebesar 15,6830 % (Gambar 1C.). Semakin tinggi rasio C/N di sedimen, maka semakin tinggi pula perombakan bahan organik. Sementara kadar C/N organik terendah terdapat pada kisaran kedalaman >10-20 cm di lokasi outlet. Keseluruhan hasil memiliki nilai rata-rata >10, sehingga pada setiap kedalaman mendukung pertumbuhan bakteri penghasil gas metana (CH₄). Menurut Ridlo (2017), rasio C/N perlu berada dikisaran 10 untuk mendukung proses pembentukan gas metana (CH₄) yang stabil. Unsur C dan N merupakan dua komponen pokok bahan organik sekaligus makronutrien utama yang dibutuhkan oleh bakteri dalam melakukan metabolisme sel untuk menghasilkan senyawa-senyawa yang penting dalam pertumbuhan bakteri. Materi organik tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi daratan di sekitar Situ Kuru. Unsur N digunakan mikroorganisme untuk membentuk asam nukleat dan protein – protein yang dibutuhkannya. Sementara kandungan C organik digunakan oleh bakteri untuk menghasilkan energi, sehingga penambahan bahan organik akan

meningkatkan populasi bakteri, salah satunya bakteri metanogen (Liu *et al.*, 2016).

Hasil analisis VFA berdasarkan pada setiap kedalaman menunjukkan bahwa nilai asam asetat tertinggi berada pada kedalaman >20-30 cm dengan rata-rata 68,15 mmol/100 ml. Adapun untuk setiap lokasi pecuplikan kandungan nilai asam asetat tertinggi terdapat pada lokasi tengah dengan rata-rata 69,84 mmol/100 ml (Tabel 2.). VFA merupakan asam lemak penting yang dihasilkan seperti asam asetat, butirat dan propionat dari hasil proses perombakan C dan N serta dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi untuk hidup sekaligus dimanfaatkan pula oleh bakteri metanogenik untuk menghasilkan gas metana (CH₄). Asam asetat menjadi perantara utama dalam proses metanogenesis dalam sedimen. Menurut Capreda (2013), besarnya emisi metana tergantung dari konsentrasi asam asetat yang dihasilkan. Hasil analisis kadar NH₃ pada masing-masing kedalaman dan lokasi memiliki nilai yang berbeda nyata (Sig<0,05) dengan hasil kadar amonia tertinggi terdapat pada kedalaman >20-30 cm di lokasi tengah sebesar 3,0 g/100 ml (Gambar 1D.). Tingginya konsentrasi NH₃ pada kedalaman >20-30 cm dipengaruhi oleh endapan BO, C, N, serta asam lemak terbang yang berasal dari permukaan yang lama-kelamaan mengendap ke dalam perairan menuju dasar. Jika terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi amonia yang menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan (Murti *et al.*, 2014). NH₃ mudah terakumulasi dalam sistem perairan, karena merupakan produk sampingan alami metabolisme makhluk hidup di danau. Menurut Pudjiastuti *et al.* (2013), amonia berasal dari

dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur, dekomposisi limbah oleh mikroba pada kondisi anaerobik serta limbah domestik.

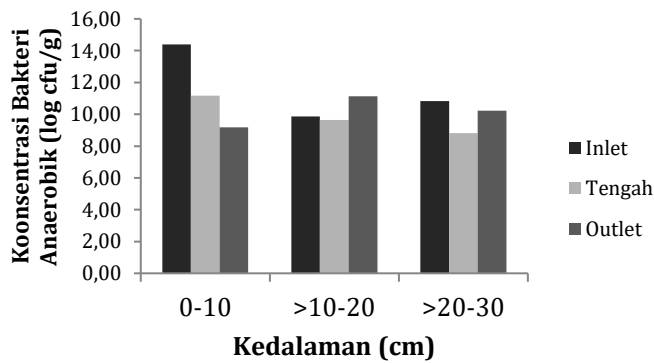
Berdasarkan hasil data analisis VFA pula nilai asam propionat lebih tinggi dibandingkan dengan asam butirat. Sementara itu, asam butirat memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan dengan asam asetat dan propionat (Tabel 2.). Hal ini dikarenakan asam butirat merupakan salah satu asam organik pertama yang diproduksi dari hasil degradasi bahan organik. Asam propionat merupakan prekursor penekan produksi emisi gas metana (CH₄) yang melepaskan H₂ dan CO₂, sehingga mengurangi pembentukan gas oleh bakteri dari kelompok CH₄. Asam propionat ini nantinya akan diubah menjadi asetat pada tahap asetogenesis oleh bakteri asetogenik. Menurut Rahman *et al.* (2013) Konsentrasi asam butirat yang rendah dapat meningkatkan proses metanogenesis, sedangkan konsentrasi butirat yang tinggi dapat menghambat proses metanogenesis. Oleh karena itu, kandungan VFA yang sangat berpengaruh terhadap produksi gas metana (CH₄) adalah asam asetat dan propionat. Berdasarkan hasil penelitian rasio asam asetat dan propionat terlihat bahwa kandungan asam asetat: asam propionat tertinggi dan terendah pada lokasi inlet dan tengah rata-rata 2,04 dan 1,84 mmol/100 ml (Tabel 2.). Nilai rasio asam asetat dan propionat dapat menghambat pembentukan CH₄. Asam propionat yang tinggi dapat menghambat produksi gas metana (CH₄) (Rahman *et al.*, 2013). Hasil VFA parsial yang dijumlahkan nilai keseluruhannya menghasilkan nilai VFA total. VFA total tertinggi dan terendah pada kedalaman >20-30 dan >10-20 cm rata-rata 164,4 dan 152,4 mmol/100 ml. Semakin tinggi VFA total maka semakin tinggi emisi metana yang dihasilkan (Widyasmara, 2015).



Gambar 1. Interaksi Kedalaman dan lokasi. Keterangan (A) pH Sedimen, (B) Presentase BO, (C) Presentase C/N, (D) kadar NH₃

Tabel 2. Nilai VFA Parsial Sedimen Situ Kuru

VFA (mmol/ 100 ml)	Nilai Setiap Kedalaman								
	Inlet			Tengah			Outlet		
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Asam Asetat	68,11	69,19	72,22	62,07	65,91	68,28	58,04	60,22	63,94
Asam Propionat	34,29	39,08	41,18	30,42	32,88	35,01	28,38	29,96	31,08
Asam Butirat	3,17	3,27	3,33	2,74	2,78	2,91	3,02	3,28	3,33
Ratio Asetat: Propionat	2,05	2,01	2,06	1,99	1,77	1,75	2,04	2,00	1,95
VFA Total	162	154,8	165,6	154,8	154,8	162	165,6	147,6	165,6



Gambar 2. Konsentrasi bakteri anaerob sedimen Situ Kuru berdasarkan kedalaman di lokasi inlet, tengah, dan outlet

3.3. Analisis Mikroorganisme

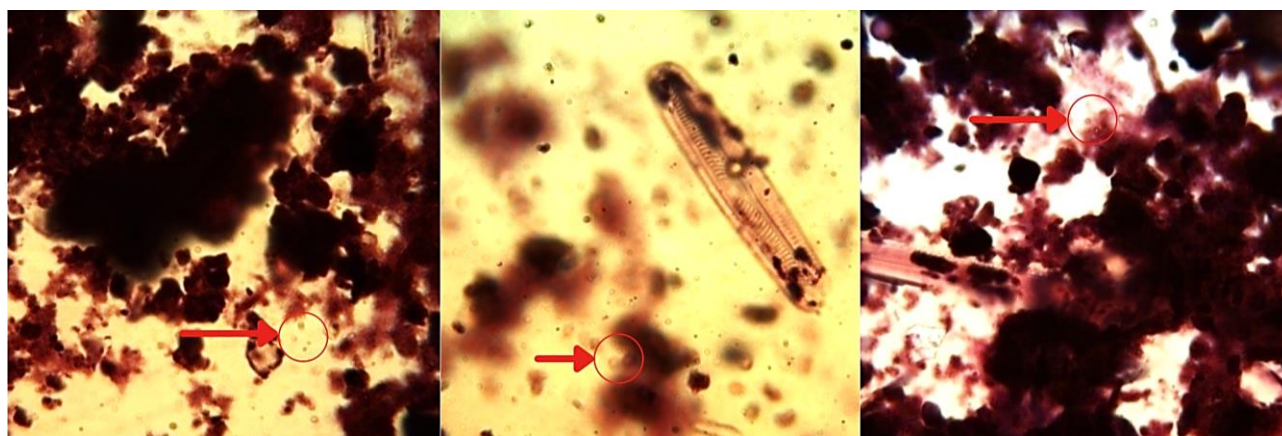
Analisis mikroorganisme pada masing – masing kedalaman dan lokasi memiliki nilai yang berbeda nyata (Sig<0,05). Pada setiap ke dalam dan lokasi baik inlet, tengah maupun outlet menunjukkan nilai tertinggi konsentrasi bakteri anerobik terlihat pada kedalaman 0 – 10 cm lokasi inlet dengan nilai rata-rata sebesar 14,400 log cfu/g dan terendah kedalaman >20-30 cm lokasi tengah sebesar 8,830 log cfu/g (Gambar 2.). Nilai tersebut sesuai dengan sebuah studi yang juga menampilkan jumlah bakteri anaerobik penghasil gas metana (CH₄) tertinggi pada kedalaman kurang dari 10 cm yaitu 5 cm, sementara semakin dalam sedimen jumlah bakteri penghasil gas metana (CH₄) semakin berkurang (Kojima, 2010). Bakteri anerobik berpotensi menghasilkan bakteri metanogenik penghasil gas CH₄. Melalui proses metanogenesis VFA yang merupakan asam lemak terurai menjadi asam lemak dengan rantai lebih pendek, salah satunya adalah asam asetat yang melalui reduksi CO₂ yang dibantu oleh bakteri menjadi CH₄. gas metana (CH₄) dihasilkan dari asetat atau dari reduksi CO₂ oleh bakteri asetatotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen. Keberadaan mikroorganisme metanogen dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu nilai bahan organik dan rasio C/N yang terkandung dalam sedimen.

3.4. Analisis Fluks Gas CH₄

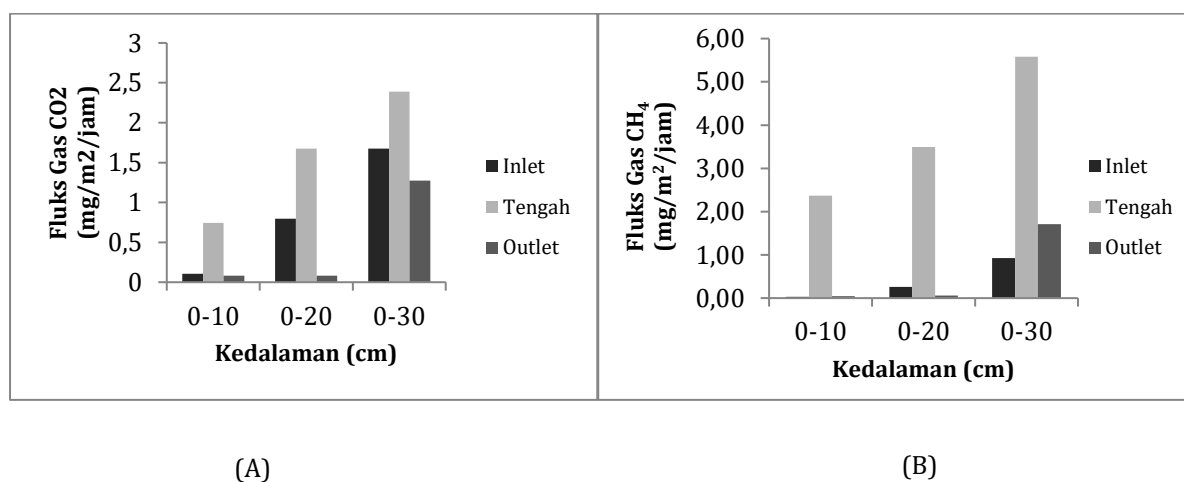
Analisis fluks gas CH₄ pada masing-masing kedalaman dan lokasi memiliki nilai hasil yang berbeda

nyata (Sig<0,05). Dari hasil analisis nilai fluks gas metana (CH₄) selama 48 jam tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi pada kedalaman 0-30 cm lokasi tengah sebesar 5,5790 mg/m²/jam dan terendah kedalaman 0-10 cm lokasi inlet sebesar 0,0290 mg/m²/jam (Gambar 4A.). Meningkatnya nilai fluks gas metana (CH₄) bersamaan pula dengan meningkatnya kedalaman pada penelitian ini. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan pada Sungai Sitka, fluks gas metana CH₄ tertinggi ada pada kedalaman sedimen 0-30 cm daripada kedalaman 0-10 cm (Bednarik *et al*, 2015). Gas metana (CH₄) pada kedalaman 0-10 cm atau bagian dekat permukaan memiliki nilai yang paling rendah, karena terjadi kompetisi dengan pereduksi sulfat. Bakteri pereduksi sulfat dan metanogen memperebutkan asam asetat dan H₂. Persaingan antara kedua bakteri tersebut dalam memperoleh sumber energi menyebabkan pembentukan gas metana akan terhambat. Fluks gas metana (CH₄) merupakan hasil yang menunjukkan jumlah gas metana (CH₄) yang dilepaskan ke udara. Gas metana (CH₄) dihasilkan dengan bantuan bakteri anerobik melalui perombakan asam lemak terbang yang bersumber dari BO di dalam sedimen. Menurut Capareda (2013), gas metana (CH₄) dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen dengan mengubah asam asetat, CO₂ dan H₂ menjadi gas metana.

Analisis fluks gas menunjukkan emisi gas metana (CH₄) yang dihasilkan dari tiap kedalaman dengan kisaran 0-10, >10-20 dan >20-30 cm mengalami penurunan.



Gambar 3. Pengamatan mikroskopik pada sedimen Situ Kuru Keterangan: (A) Kedalaman 0-10 cm, (B) Kedalaman >10-20 cm, (C) Kedalaman >20-30 cm, (D) Bakteri, perbesaran 100×



Gambar 4. Fluks gas. Keterangan (A) gas CH₄ di Situ Kuru selama 48 jam. (B) gas CO₂ di Situ Kuru selama 48 jam

Hasil ini sesuai dengan analisis data VFA parsial yang diperoleh dimana hubungan asam asetat, propionat, dan butirat dengan fluks gas juga menurun. Sedimen Situ Kuru menghasilkan emisi gas metana (CH₄) dengan nilai fluks gas yang berbanding lurus dengan kedalaman sedimen. Sementara, fluks gas metana (CH₄) yang diproduksi dari setiap kedalaman menunjukkan hasil yang berbanding terbalik dengan konsentrasi bakteri anaerobik. Penyebab ini dikarenakan kondisi yang semi anaerob sehingga kemungkinan terdapat bakteri aerob fakultatif pada konsentrasi bakteri anaerob kedalaman 0-10 cm. Lapisan permukaan sedimen (0-10 cm) banyak mengandung nutrisi untuk bakteri, sementara lapisan yang lebih bawah (>20-30 cm) merupakan hasil degradasi.

Hasil BO dan produksi gas metana (CH₄) pada penelitian ini pula terlihat sama tertinggi pada kedalaman 0-30 cm. Kondisi lingkungan memiliki pengaruh penting bakteri dalam perombakan BO yang terkandung dalam sedimen menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sama halnya dengan Hasil C/N dan produksi gas metana (CH₄) pada penelitian ini terlihat

sama tertinggi pada kedalaman 0-30 cm. Rasio C/N dari BO sangat menentukan kegiatan bakteri dan produksi gas. Dimana, unsur C diubah menjadi CO₂ sebagai energi yang digunakan untuk mengaktifkan bakteri, sedangkan N digunakan sebagai penyusun protein bakteri

Fluks gas metana (CH₄) dipengaruhi pula oleh keberadaan gas karbondioksida (CO₂). Hasil analisis fluks gas karbondioksida (CO₂) pada setiap kedalaman dan lokasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi pada kedalaman 0-30 cm lokasi tengah sebesar 2,3910 mg/m²/jam dan terendah kedalaman 0-10 cm serta 0-20 cm lokasi outlet sebesar 0,0800 mg/m²/jam (Gambar 4B.). Analisis fluks gas karbondioksida (CO₂) pada setiap lokasi dilakukan selama 48 jam dengan uji analisis variansi untuk mengetahui pengaruh kedalamannya. Masing-masing kedalaman dan lokasi memiliki nilai yang berbeda nyata (Sig<0,05). Gas karbondioksida (CO₂) sebagai bahan yang akan membantu bakteri anaerobik khususnya CH₄ untuk mengubahnya menjadi gas metana (CH₄) (Schubert *et al.*, 2011). Fluks gas karbondioksida CO₂ merupakan hasil yang menunjukkan jumlah gas CO₂ yang

dilepaskan ke udara. Semakin tinggi nilai fluks gas metana (CH₄) maka semakin tinggi pula nilai fluks gas karbondioksida (CO₂).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa emisi gas metana (CH₄) mengalami peningkatan seiring dengan kedalaman sedimen. Fluks gas metana (CH₄) tertinggi terdapat pada kedalaman 0 – 30 cm di lokasi tengah dengan nilai rata – rata 5,5790 mg/m²/jam. Situ Kuru turut andil dalam emisi gas metana (CH₄) dengan kisaran 0,0290-5,5790 mg/m²/jam, sehingga diperlukan adanya perlakuan rehabilitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D., & Fajri, R. (2020). Analisis Kadar Nitrogen Dalam Pupuk Urea Prill dan Granule Menggunakan Metode Kjeldahl Di PT Pupuk Iskandar Muda. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 28–32. <https://doi.org/10.33059/jq.v2i1.2639>
- Bednařík, A., Čáp, L., Maier, V., & Rulík, M. (2015). Contribution of Methane Benthic and Atmospheric Fluxes of an Experimental Area (Sitka Stream). *Clean - Soil, Air, Water*, 43(8), 1136–1142. <https://doi.org/10.1002/clean.201300982>
- Bahri, S., Ramadhan, F. & Reihannisa, I. (2015). Kualitas perairan Situ Gintung, Tangerang Selatan. *Biogenesis*, 3(1), pp. 16–22. <https://doi.org/10.24252/bio.v3i1.561>
- Capareda. (2013). Introduction to Biomass Energy Conversions. New Yorks: CRC Press: ISBN 9781466513334
- Destinugrainy, P., Cambaba, S., Surya, I. N., & Faisal. (2020). Analisis Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen Pada Tanah Sawah di Kecamatan Seko, Kabupaten Luwu Utara. *Cokroaminoto Journal of Biological Science*, 2(1), 12-16. Retrieved from <https://science.e-journal.my.id/cjbs/article/view/20>
- Endang, H., Sari, L. K., & Setijanto. (2019). Landscaping Mangrove Berdasarkan Kualitas Air (Studi Kasus di Laguna Segara Anakan dan Pulau Meranti). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2(1), 20 – 28. Retrieved from <http://jurnal.lppm.unsoed.ac.id/ojs/index.php/Prosiding/article/viewFile/1023/879>
- Fahmi, M.A. (2015). *Metode Spektrofotometri Untuk Pengukuran Hipoklorit Menggunakan Rhodamin B*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November. Retrieved from <https://repository.its.ac.id/51645/1/undergraduated%20thesis.pdf>
- Hermawan, A.S, M.R. Pikoli & I. Sugoro. (2014). Pemanfaatan Sedimen Situ Kuru dalam Produksi Biogas pada Substrat Limbah Rumah Tangga. *Proceeding Bagian I Seminar Nasional Teknologi Hijau I*. Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Kementrian Perindustrian. Jawa Tengah, 231–234. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3444.1362>
- Kojima, H., Tsutsumi, M., Ishikawa, K., Iwata, T., Mußmann, M., & Fukui, M. (2012). Distribution of putative denitrifying methane oxidizing bacteria in sediment of a freshwater lake, Lake Biwa. *Systematic and Applied Microbiology*, 35(4), 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2012.03.005>
- Labbaik, M., Restu, I. W., & Pratiwi, M. A. (2017). Status Pencemaran Lingkungan Sungai Badung dan Sungai Mati di Provinsi Bali Berdasarkan Bioindikator Phylum Annelida. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2), 304. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02.304-315>
- Liu, H., Fu, M., Jin, X., Shang, Y., Shindell, D., Faluvegi, G., Shindell, C., & He, K. (2016). Health and climate impacts of ocean-going vessels in East Asia. *Nature Climate Change*, 6(11), 1037–1041. <https://doi.org/10.1038/nclimate3083>
- Maryati, A, U. Oktaviana & W.N. Anggraini. (2014). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS*. Surakarta. Retrieved from <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/7650>
- Nicola, F., Mintadi, M., & Siswoyo. (2015). Hubungan antara konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe²⁺ dan Fe Total Pada Air Sumur Gali. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Jawa Timur, 7 Retrieved from <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/65571>
- Nugraha, A.R, A.S. Hermawan, M.R. Pikoli & I. Sugoro. 2013. Pengukuran Gas Metana (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂) yang Dihasilkan oleh Sedimen Danau Situ Gunung, Sukabumi Jawa Barat pada Skala Laboratorium. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains, dan Teknologi* 4, B.39-B.45. Retrieved from http://repository.ut.ac.id/2519/1/fmipa2013_b5_arifraditya.pdf
- Paena, M., Suhaimi, R. A., & Undu, M. C. (2017). Sediment Characteristics Of Coastal Waters Around Intensive Shrimp Ponds During Wet Season In Punduh Bay, Pesawaran District Of Lampung Province. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 221–234. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17937>
- Presiden Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Sekretaris Negara Republik Indonesia
- Pudjiastuti, P., Ismail, B., dan Pranoto. (2013). Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains*, 5(1):59-75. Retrieved from <http://jurnal.pasca.uns.ac.id/index.php/ekosains/article/view/281>
- Md, M. R., Mohamad, A. M. S., Nasrin, S., M, J. K., & Chang, S. R. (2013). Estimation of total volatile fatty acid (VFA) from total organic carbons (TOCs) assessment through in vitro fermentation of livestock feeds. *African Journal of Microbiology Research*, 7(15), 1378–1384. <https://doi.org/10.5897/ajmr12.1694>
- Ridlo, R. (2017, February 10). *Dasar-Dasar Fermentasi Anaerobik*. Pusat Teknologi Daya Energi dan Industri Kimia. Retrieved November 28, 2021, from <https://ptseik.bppt.go.id/artikelilmiah/16-dasar-dasar-fermentasi-anaerobik>
- Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 30(3), 21–26.

- [http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_xxx\(3\)2_1-26.pdf](http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_xxx(3)2_1-26.pdf)
- Sancho Navarro, S., Cimpioa, R., Bruant, G., & Guiot, S. R. (2016). Biomethanation of Syngas Using Anaerobic Sludge: Shift in the Catabolic Routes with the CO Partial Pressure Increase. *Frontiers in Microbiology*, 7(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01188>
- Schubert, C. J., Vazquez, F., Lösekann-Behrens, T., Knittel, K., Tonolla, M., & Boetius, A. (2011). Evidence for anaerobic oxidation of methane in sediments of a freshwater system (Lago di Cadagno). *FEMS Microbiology Ecology*, 76(1), 26–38. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01036.x>
- Setiya Murti, R., & Maria Herry Purwanti, C. (2014). Optimasi Waktu Reaksi Pembentukan Kompleks Indofenol Biru Stabil Pada Uji N-Amonia Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Fenat. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 30(1), 29–34. <https://doi.org/10.20543/mkkp.v30i1>
- Simanjuntak, M. (2012). Sea Water Quality Observed From Nutrient Aspect, Dissolved Oxygen And pH In The Banggai Waters, Central Sulawesi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 290–303. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v4i2.7791>
- Slamet S, L. (2014). Potensi Emisi Metana Ke Atmosfer Akibat Banjir. *Berita Dirgantara*, 15(1), 27–32. <https://majalah.lapan.go.id/index.php/bd/article/view/548/548>
- Widyasmara, L., Pratiwiningrum, A., & Yusiati, L. M. (2012). Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat Dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) Terhadap Karakteristik Biogas Pada Proses Fermentasi. *Buletin Peternakan*, 36(1), 40. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v36i1.1275>
- Yulma, Y., Ihsan, B., Sunarti, S., Malasari, E., Wahyuni, N., & Mursyban, M. (2017). Identifikasi Bakteri Pada Serasah Daun Mangrove yang Terdekomposisi di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) Kota Tarakan. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.22146/jtbb.27173>