

ANALISIS KUALITAS AIR PADA PERAIRAN EKOSISTEM SEKITAR MANGROVE DI PLTU SULUT-3 DESA KEMA SATU

Analysis of Water Quality in Ecosystem Waters around Mangroves at PLTU SULUT-3 of Kema Satu Village

Julien A.J. Baura¹⁾, Meldi T.M. Sinolungan²⁾, Zetly E. Tamod²⁾

Email korespondensi: julienbaura032@student.unsrat.ac.id,
email: meldisinolungan@unsrat.ac.id, zetlytamod@unsrat.ac.id

¹⁾Mahasiswa Prodi Ilmu Tanah, ²⁾Dosen Prodi Ilmu Tanah,
Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Unsrat Manado

ABSTRAK

Kualitas air dari *Landfill Ash Yard* PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) terhadap kualitas air pada perairan sekitar ekosistem mangrove melibatkan beberapa pertimbangan latar belakang yang penting seperti sumber pencemaran potensial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air pada perairan ekosistem sekitar mangrove di PLTU Sulut-3 Desa Kema Satu. Penelitian ini menggunakan Metode Survei di lapangan dan analisis laboratorium. Analisis air pada perairan ekosistem mangrove di PLTU SULUT-3 Desa Kema Satu terdiri atas tiga titik pengambilan sampel air perairan mangrove dengan mengukur beberapa parameter sebagai indikator pertumbuhan tanaman mangrove. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air pada perairan ekosistem sekitar mangrove di PLTU Sulut 3 tidak melebihi standar baku mutu sehingga dapat dikatakan air tersebut tidak tercemar.

Kata kunci : Kualitas air, mangrove, PLTU Sulut-3, baku mutu

ABSTRACT

Water quality from the Ash Yard Landfill (Steam Power Plant) to the water quality in the waters around the mangrove ecosystem will involve several important background considerations such as potential pollution sources. Research aims to analyze the water quality in the waters of the ecosystem around mangroves in PLTU North Sulawesi-3, Kema Satu Village. This used field Survey Methods and laboratory analysis. Water analysis in the waters of the mangrove ecosystem at PLTU SULUT-3 Kema Satu Village consists of three points of sampling mangrove water by measuring several parameters as indicators of mangrove plant growth. The results of this study show that the water quality in the waters of the ecosystem around the mangroves at PLTU SULUT-3 does not exceed the quality standard by which it can be said that the water is not polluted.

Keywords : Water quality, mangroves, PLTU SULUT-3, quality standard.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai panjang garis pantai ± 81.000 km. Di kawasan pantai tersebut terdapat berbagai tipe vegetasi, di

antaranya mangrove atau hutan bakau. Mangrove tumbuh lebat di pantai yang berlumpur, delta, muara sungai besar, laguna dan teluk yang terlindung. Luas hutan mangrove di seluruh Indonesia diperkirakan sekitar 4,25 juta ha atau 3,98% dari seluruh luas hutan Indonesia dan 75% masih merupakan hutan mangrove asli yang belum banyak terganggu. Perkiraan luas ini belum mencakup mangrove yang terdapat di pulau-pulau kecil yang belum disurvei. Fungsi dan peranan ekosistem mangrove sangat rumit, begitu pula dalam kaitannya dengan ekosistem lain di sekitarnya terutama ekosistem perairan lepas pantai. Untuk menjaga keseimbangan wilayah pantai dan mempertahankan manfaat gandanya maka mangrove perlu dilestarikan.

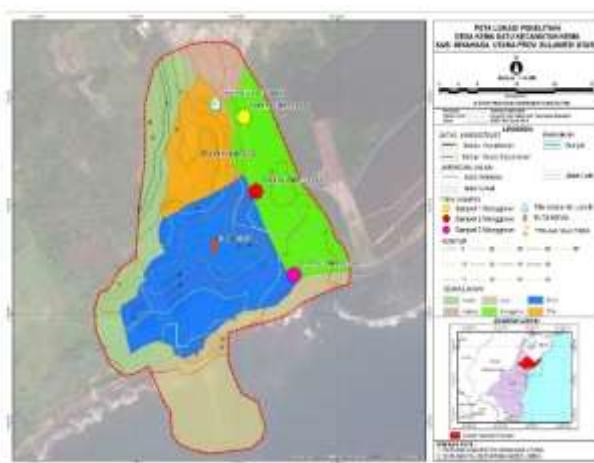
PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah pembangkit menggunakan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. PLTU Sulut-3 merupakan pembangkit yang berkapasitas 2x50 MW. Lokasi PLTU ini berada di Sulawesi Utara, Kabupaten Minahasa Utara di Desa Kema Satu yang memiliki luas wilayah 700 ha dengan jumlah penduduk berkisar 3332 jiwa, dan juga terdapat hutan mangrove seluas 105.61 ha. PLTU sering menggunakan batu bara sebagai bahan bakar dan proses pembakaran tersebut dapat menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan, termasuk air yang digunakan dalam landfill ash yard untuk pengelolaan limbah padat. Keterkaitan antara air dan ekosistem mangrove, air yang tercemar dari *Landfill Ash Yard* PLTU dapat mencemari perairan sekitarnya, termasuk area tempat tumbuhnya mangrove. Karena mangrove sensitif terhadap kualitas air, pencemaran ini dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan mangrove. Perlindungan lingkungan dan konservasi mangrove, mangrove adalah bagian penting dari ekosistem pesisir yang memberikan berbagai manfaat termasuk perlindungan pantai, keanekaragaman hayati, dan penyerapan karbon. Oleh karena itu, penting untuk memahami dampak dari aktivitas manusia, seperti operasi PLTU terhadap keseimbangan ekosistem mangrove, yakni dengan mengetahui dampak air dari Landfill Ash Yard PLTU terhadap pertumbuhan mangrove dapat membantu dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam mengelola limbah dari PLTU serta melindungi ekosistem mangrove yang rentan. Dengan memperhatikan latar belakang tersebut, penelitian ini perlu dilakukan mengingat pentingnya

memahami pengaruh air dari *Landfill Ash Yard* PLTU terhadap air pada pertumbuhan Mangrove dan implikasinya bagi keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat lokal.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PLTU Sulut-3, Desa Kema Satu Kecamatan Kema Kabupaten Minahasa Utara pada bulan April – Mei 2024. Analisis dilakukan di Laboratorium PLTU SULUT-3 Desa Kema Satu. Pengambilan sampel air dilakukan di Perairan Mangrove dan Kolam Landfill.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ATK, Kamera, laptop, botol sampel, kertas label, kertas alumunium foil, tali rapi, meteran, cool box, Thermometer, pH meter, Salinity meter, turbidimeter, kit tes kolorimetri, kertas filter nova, timbangan, oven, kit tes reagen. Bahan yang digunakan adalah air pada kolam Landfill Ash Yard dan air pada perairan mangrove.

Batasan Penelitian

Variabel yang diamati antara lain parameter analisis kualitas air pada kolam landfill dan perairan mangrove, yakni: TSS, Kekeruhan (*turbidity*), pH, Salinitas, Fosfat (PO₄), Zn (Seng) dan Cu (Tembaga).

Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah Metode Survei secara langsung dan Analisis Laboratorium. Lokasi survei pada kolam *Landfill Ash Yard* dan perairan mangrove di PLTU SULUT-3 Desa Kema Satu. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, yaitu menggambarkan kondisi kualitas perairan pertumbuhan tanaman mangrove dengan indikator beberapa parameter pada air hasil uji laboratorium yang dihubungkan dengan pengaruh kualitas air pada landfill dengan air yang pada lokasi pertumbuhan mangrove tersebut.

Pengambilan Sampel dan di Lapangan

- Pengamatan keadaan lokasi dan aktivitas penduduk sekitar lokasi penelitian.
- Pengambilan sampel air pada kolam landfill dan perairan mangrove menggunakan botol sampel.
- Pada perairan mangrove pengambilan sampel air menggunakan metode transek terdiri atas tiga titik sampling dilakukan di bagian hulu, tengah, hilir dan terdapat tiga ulangan dalam pengambilan sampel air pada perairan mangrove.
- Mengukur salinitas air menggunakan alat salt meter (salinometer).
- Hasil pemeriksaan dicatat dalam buku catatan khusus pemeriksaan di lapangan, yang meliputi nama sumber air, tanggal pengambilan contoh, jam, keadaan cuaca, dan nama petugas.

Analisis Laboratorium :

- Sampel air yang di ambil dibawa ke laboratorium.
- Sampel air dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan alat pH meter, sebelum penggunaan bilas elektroda pH dengan air bersih lalu celupkan elektroda pH meter ke dalam sampel air yang diukur dan tunggu beberapa saat sampai pembacaan pada pH meter stabil lalu catat nilai pH yang ditampilkan pada layar pH meter.
- Kemudian sampel air dilakukan pengukuran kekeruhan (turbidity) dengan menggunakan alat turbidimeter, sebelum penggunaan cuci sampel sel (cuvette) dengan air bersih lalu ambil sampel air yang akan diukur dan masukkan ke dalam cuvette yang berisi sampel air ke dalam turbidimeter, tekan tombol pengukuran pada turbidimeter dan tunggu hingga alat memberikan hasil, catat nilai

kekeruhan yang ditampilkan layar turbidimeter. Nilai ini biasanya dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*)

-Kemudian sampel air dilakukan pengukuran fosfat (PO_4) dengan menggunakan kit tes kolorimetri, ambil 5 ml air tungku dan tuangkan ke dalam tabung kolorimetri 25 ml, tambahkan 2,5 ml campuran asam sulfat ammonium molibdat, encerkan hingga 25 ml dengan larutan garam, tambahkan 2-3 tetes larutan stannous klorida 1% dan kocok rata, kemudian bandingkan dengan warna standar fosfat yang dibuat. Biasanya hasil akan dinyatakan dalam mg/L (milligram per liter) atau ppm (parts per million).

-Kemudian sampel air dilakukan mengukur TSS (*Total Suspended Solid*) dengan menggunakan kertas filter nova sebagai penyaringan sampel air yang akan diukur, timbangan analitik untuk menimbang filter, oven untuk mengeringkan filter setelah penyaringan sampel air selama 1 jam, catat hasil berat awal sebelum penyaringan dan berat akhir sesudah penyaringan sampel air, hitung TSS dengan rumus:

$$\text{TSS} = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir} \times 10.$$

Nilai hasil dinyatakan dalam satuan mg/L (milligram per liter).

-Kemudian pada sampel air dilakukan pengukuran Zn (Seng) dan Cu (Tembaga) menggunakan alat uji kit yang mengandung reagen atau larutan yang bereaksi, setelah reaksi selesai bandingkan warna larutan dengan skala warna yang disediakan dalam uji kit lalu catat hasilnya sesuai dengan nilai yang paling cocok dengan warna skala yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Air di Sekitar Ekosistem Mangrove

Analisis air pada perairan ekosistem mangrove di PLTU SULUT-3 Desa Kema Satu terdiri tiga titik pengambilan sampel air perairan mangrove dengan mengukur beberapa parameter sebagai indikator pertumbuhan tanaman mangrove. Kriteria penentuan tingkat kualitas air pada perairan sekitar ekosistem mangrove mencakup parameter fisik: Suhu, Kekuruhan, TSS dan kimia: pH, Salinitas, Fosfat, Zn, Cu, didasarkan baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI kelas 3 dan 4 merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan

mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Lampiran VIII Biota Laut merupakan bagian dari upaya pemerintah Indonesia untuk menjaga kelestarian ekosistem laut dengan melindungi berbagai spesies biota laut yang terancam atau rentan terhadap kerusakan lingkungan

Tabel 1. Hasil Analisis Air pada Parameter Mangrove

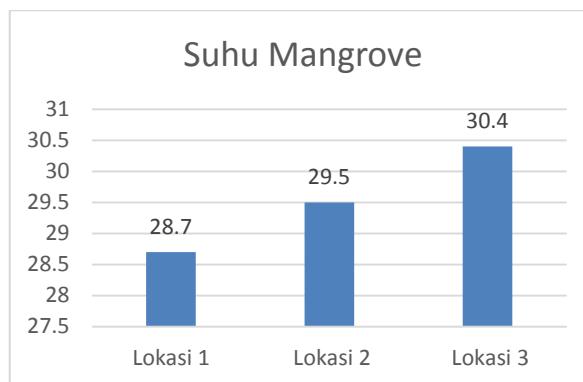
No.	Parameter	Satuan	Titik	Titik	Titik	Baku Mutu PP RI No. 22 Tahunn	
			1	2	3	2021	Lampiran VI Kelas 3 dan 4
1	Suhu	°C	28.7	29.5	30.4	Dev 3	Alami cora: 28-30 Mangrove: 28-32 Lamun: 28-30
2	TSS	mg/L	0.751	0.673	0.129	100-400	-
3	Kekeruhan	NTU	0.9	0.31	0.33	-	5
4	pH	-	7.09	66.99	7.87	6-9	7-8,5
5	Salinitas	mg/L	21.03	19.26	21.23	-	Alami cora: 33-34 Mangrove: s/d 34 Lamun: 33-34
6	Fosfat	mg/L	0	0	0	0,1	0,015
7	Zn	mg/L	0.05	0.05	0.05	0,05	0,05
8	Cu	mg/L	0.008	0.008	0.008	0,02	0,008

Suhu Air Mangrove

Suhu adalah besaran dimana mampu menyatakan derajat panas dingin dari sebuah benda dan sarana yang dipergunakan dalam melangsungkan pengukuran terhadap suhu adalah termometer. Satuan ukur dari Suhu yang paling umum dipergunakan di Indonesia adalah Derajat Celcius (°C) dan di luar negeri adalah Derajat Fahrenheit (Mahardika dkk., 2023).

Sebagai ekosistem yang berada di daerah peralihan antara laut dan darat, mangrove merupakan tipe ekosistem yang pertama terkena pengaruh berbagai dampak yang akan terjadi akibat perubahan iklim global ini. Menurut Field (1995), kebanyakan mangrove di berbagai belahan dunia akan mengalami kondisi peningkatan suhu udara, perubahan rejim hidrologi, peningkatan muka air laut, dan peningkatan besar serta frekuensi bencana badai tropis. Species mangrove mempunyai toleransi yang berbeda terhadap peningkatan suhu udara. Dalam hal ini fotosintesis dan beberapa variabel ekofisiologi mangrove seperti produksi daun yang maksimal terjadi pada tingkat suhu optimal tertentu, di bawah dan di atas suhu tersebut fotosintesis dan produksi daun menurun (Hogarth, 1999). Penelitian

Hutchings dan Saenger (1987) melaporkan bahwa species mangrove Australia umumnya memperlihatkan laju fotosintesis yang maksimum pada suhu 21-28 °C.



Gambar 1. Suhu Air pada Mangrove

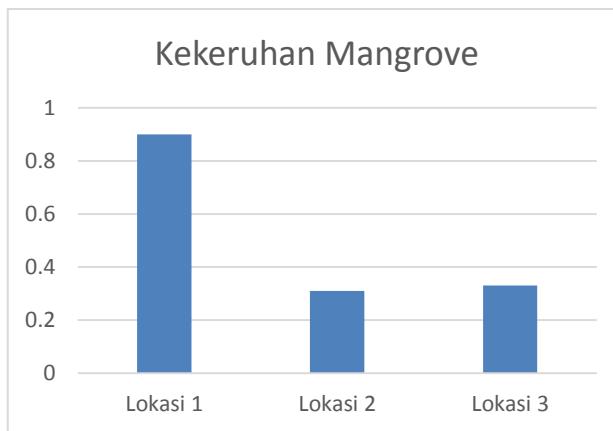
Berdasarkan hasil penelitian suhu pada perairan mangrove yang didapatkan pada titik 1: 28.7 °C, titik 2: 29.5 °C, titik 3: 30.4 °C. Suhu memainkan peran penting dalam pertumbuhan mangrove. Kebanyakan spesies mangrove tumbuh subur di daerah tropis dan subtropis di mana suhu air relatif hangat sepanjang tahun. Suhu air yang optimal untuk pertumbuhan mangrove biasanya berkisar antara 20°C hingga 30°C. Pada titik 1, 2 dan 2 suhu masih dikatakan normal karena masih dalam suhu optimal pada pertumbuhan mangrove (Gambar 1).

Suhu air yang terlalu rendah dapat memperlambat pertumbuhan mangrove dan bahkan menyebabkan kematian pada beberapa spesies yang sensitif terhadap suhu rendah (Suryaperdana dkk., 2012). Di sisi lain, suhu air yang terlalu tinggi juga dapat memiliki efek negatif, seperti memicu stres panas pada tanaman mangrove atau meningkatkan risiko penyakit. Perubahan suhu air yang signifikan, seperti akibat perubahan iklim atau aktivitas manusia dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove. Penting untuk memahami preferensi suhu masing-masing spesies mangrove dan memperhatikan perubahan suhu air yang mungkin terjadi dalam konteks perubahan iklim global. Upaya untuk menjaga keseimbangan suhu air dan lingkungan yang tepat di sekitar habitat mangrove dapat membantu mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup mangrove serta menjaga keberagaman hayati yang ada di ekosistem mangrove (Wardhani, 2011).

Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan merupakan intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh

adanya partikel-partikel suspensi seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton danorganisme lainnya (Mukarromah dkk., 2016). Untuk mengetahui kekeruhan air diperlukan alat yaitu Sensor Turbidity, dimana air dibaca tingkat kekeruannya setelah itu diproses oleh mikrokontoller yang berfungsi sebagai pengontrol dalam sistem ini (Hidayat, 2021).



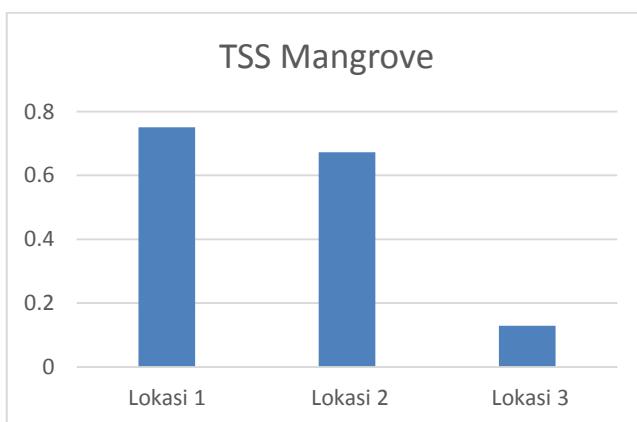
Gambar 2. Kekeruhan Air pada Mangrove

Hasil analisis kekeruhan pada perairan mangrove adalah pada titik 1 = 0.90 NTU, pada titik 2=0.31 NTU, dan pada titik 3=0.33 NTU (Gambar2). Kekeruhan air dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove, meskipun dampaknya dapat bervariasi tergantung pada spesies mangrove dan kondisi lingkungan tempat mereka tumbuh. Kekeruhan air biasanya disebabkan oleh partikel-partikel padat atau organik yang mengambang dalam air, seperti lumpur, tanah, atau sisa-sisa organik (Ariadi dkk., 2024). Kekeruhan yang terlalu tinggi dapat menghalangi cahaya matahari yang diperlukan untuk fotosintesis oleh tanaman mangrove. Kekurangan cahaya matahari ini dapat menghambat pertumbuhan mangrove dan mengurangi produktivitasnya. Namun di beberapa kasus, kekeruhan dapat membantu melindungi mangrove muda dari radiasi UV berlebih dan mempertahankan kelembaban yang diperlukan untuk pertumbuhan awal. Jadi, dampak kekeruhan terhadap pertumbuhan mangrove dapat sangat bergantung pada tingkat kekeruhan, spesies mangrove yang terlibat, dan faktor lingkungan lainnya. Selain itu, kekeruhan air juga dapat berhubungan dengan ketersediaan nutrisi. Partikel yang terlarut dalam air bisa mengandung nutrisi penting seperti nitrogen dan fosfor yang dapat memberikan dukungan tambahan bagi pertumbuhan mangrove. Namun, keberadaan partikel yang terlalu banyak juga

dapat mengganggu ketersediaan nutrisi atau bahkan mengakibatkan penumpukan yang merugikan. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif tentang hubungan antara kekeruhan air dan pertumbuhan mangrove memerlukan penelitian yang lebih mendalam dan pertimbangan terhadap berbagai faktor lingkungan yang saling terkait (Ramadhan dkk., 2023).

TSS (*Total Suspended*) Air Mangrove

Total Suspended Solids (TSS) merupakan partikel tidak larut dan partikel yang sulit mengendap sehingga menyebabkan kekeruhan pada air. Padatan merupakan partikel yang ukuran dan berat lebih kecil dari sedimen, seperti tanah liat, bahan organik tertentu dan bahan kimia yang tidak larut dalam air (Kusniawati & Budiman, 2020). TSS merupakan padatan penyebab kekeruhan pada air. TSS adalah padatan tersuspensi pada air yang menangkap atau memantulkan cahaya sehingga mempengaruhi warna air (Rahadi dkk., 2020).



Gambar 3. TSS Air pada Mangrove

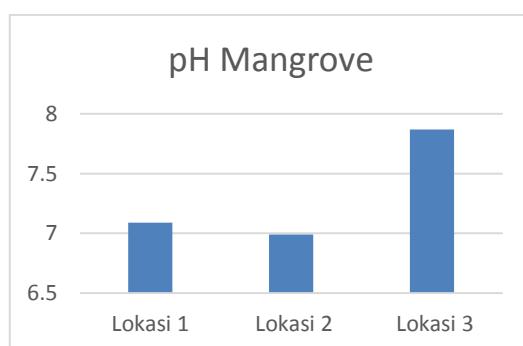
Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan hasil TSS pada titik 1: 0.751 mg/L, titik 2: 0.673 mg/L, titik 3: 0.129 mg/L (Gambar 3). Total Suspended Solids (TSS) mengacu pada partikel padat yang tersuspensi dalam air, seperti lumpur, tanah, atau bahan organik. TSS dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove dalam beberapa cara. Tanaman mangrove membutuhkan cahaya untuk membuat makanan melalui proses fotosintesis. Jika cahaya terbatas, pertumbuhan mangrove dapat terhambat. TSS yang tinggi juga dapat menyebabkan penumpukan sedimen di permukaan substrat mangrove. Penumpukan ini dapat menghambat pertumbuhan akar mangrove dan mengganggu proses penyerapan nutrisi yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. TSS juga bisa

mengandung nutrisi yang dapat menguntungkan mangrove. Meskipun keberadaan nutrisi ini mungkin bergantung pada sumber TSS tersebut, dalam beberapa kasus, sedimen yang terbawa dapat membawa nutrisi seperti nitrogen dan fosfor yang dapat mendukung pertumbuhan mangrove. Kadar TSS yang tinggi juga dapat mengindikasikan pencemaran atau kerusakan lingkungan. Pencemaran yang disebabkan oleh TSS dapat mengakibatkan penurunan kualitas air, yang pada gilirannya dapat memengaruhi pertumbuhan dan kesehatan mangrove serta ekosistem secara keseluruhan (Rahmah, 2022).

Oleh karena itu, TSS dapat memiliki dampak yang kompleks pada pertumbuhan mangrove, tergantung pada berbagai faktor, termasuk konsentrasi TSS, komposisi partikel, dan kondisi lingkungan secara keseluruhan. Menjaga kualitas air dengan mengelola TSS adalah penting untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup mangrove serta ekosistem yang bergantung padanya (Puryono, 2018).

Derajat Keasaman (pH) Air Mangrove

Derajat Keasaman (pH) merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan dan merupakan parameter penting dalam menganalisis kualitas air (Trimurti, 2022). pH air biasanya dimanfaatkan untuk menentukan indeks pencemaran dengan melihat tingkat keasaman atau kebasaan air yang dikaji, terutama oksidasi sulfur dan nitrogen pada proses pengasaman dan oksidasi kalsium pada proses pembasaan. Angka pH 7 adalah netral, sedangkan angka pH lebih besar dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat basa dan terjadi ketika banyaknya kandungan ion-ion karbon. Sedangkan pH lebih kecil dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat asam (Sarman, 2015).



Gambar 4. pH pada Air Mangrove

Berdasarkan hasil nilai yang diperoleh pada perairan mangrove titik 1: 7.09, titik 2: 6.99, titik 3: 7.87 (Gambar 4). Pembatasan pH dilakukan karena mempengaruhi

rasa, korositas air dan efisiensi klorinasi. Bila pH lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,5 dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan. pH air berkisar antara 6,5 – 9,0 dan kisaran optimal adalah pH 7,5 – 8,7.

pH yang tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove secara signifikan. Kebanyakan spesies mangrove tumbuh dengan baik dalam kondisi pH air yang sedikit asam hingga netral, berkisar antara 6 hingga 8. pH air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman mangrove atau bahkan menyebabkan stres pada tanaman tersebut. Setiap spesies mangrove memiliki preferensi pH yang berbeda-beda, sehingga penting untuk memahami spesies mangrove yang tumbuh di wilayah tertentu dan menyesuaikan kondisi lingkungan mereka sebaik mungkin (Muhajir, 2023).

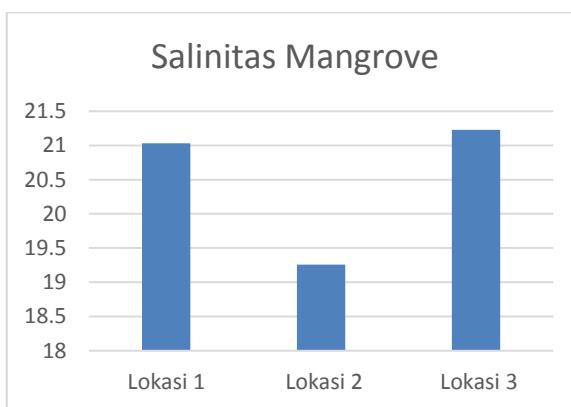
Selain itu, perubahan pH air yang signifikan, misalnya akibat pencemaran atau aktivitas manusia, dapat memiliki dampak negatif pada ekosistem mangrove secara keseluruhan, termasuk pertumbuhan dan kesehatan mangrove serta keanekaragaman hayati di sekitarnya (Perwitasari dkk., 2022).

Salinitas Air Mangrove

Salinitas seringkali diartikan sebagai kadar garam dari air laut, walaupun hal tersebut tidak tepat karena sebenarnya ada perbedaan antara keduanya (Arief, 1984). Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), Klorida (Cl^-), sulfat ($\text{SO}_4^{=}$) dan bikarbonat (HCO_3^-). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (%) (Yulvia dkk., 2012).

Salinitas air di sekitar mangrove sangat beragam dan memainkan peran penting dalam ekosistem mangrove. Salinitas mempengaruhi berbagai aspek kehidupan mangrove, termasuk distribusi spesies mangrove, keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem. Perubahan salinitas akibat aktivitas manusia seperti pembangunan, perubahan aliran sungai, atau pemanasan global dapat berdampak negatif pada ekosistem mangrove. Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam

gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kg air laut jika all semu brom dan yodium digantikan dengan klor dalam jumlah yang setara; semua karbonat diubah menjadi oksidanya dan semua zat organik dioksidaskan. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam % atau ppt yaitu singkatan dari part-per-thousand. Salinitas yang optimal dapat mendukung pertumbuhan mangrove yang sehat. Namun, salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menekan pertumbuhan.



Gambar 5. Salinitas Air pada Mangrove

Berdasarkan hasil penelitian pada perairan mangrove diperoleh nilai pada titik 1:21.03 ppt, titik 2: 19.26 ppt, titik 3: 21.23 ppt (Gambar 5). Salinitas atau kadar garam dalam air, adalah faktor lingkungan yang sangat penting bagi pertumbuhan mangrove. Kebanyakan spesies mangrove tumbuh di wilayah pesisir yang terkena oleh air laut atau air asin. Salinitas yang tepat sangat penting bagi keseimbangan osmotik dan metabolisme mangrove. Salinitas yang tinggi dapat menyebabkan stres osmotik pada mangrove karena air laut memiliki konsentrasi garam yang lebih tinggi daripada sitoplasma sel tanaman. Hal ini dapat mengakibatkan masuknya air dari jaringan tanaman ke lingkungan, yang dapat menghambat pertumbuhan dan kesehatan mangrove, serta menyerap air dan nutrisi. Meskipun banyak spesies mangrove yang dapat mentolerir salinitas yang tinggi, beberapa spesies lebih sensitif terhadap fluktuasi salinitas (Priyono, 2010).

Beberapa spesies mangrove memiliki adaptasi khusus untuk mengatasi salinitas yang tinggi, seperti sistem akar yang mampu menyaring garam atau kemampuan untuk mengeluarkan garam melalui kelenjar khusus pada daunnya. Penting untuk memahami toleransi salinitas masing-masing spesies mangrove dan memastikan

bahwa kondisi lingkungan di sekitar mangrove sesuai dengan kebutuhan mereka (Puryono, 2018).

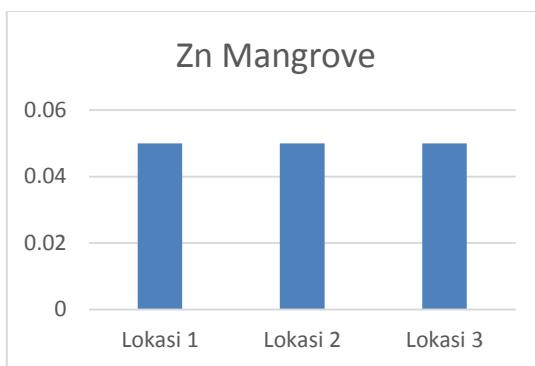
Fosfat (PO_4) Air Mangrove

Salah satu bahan kimia yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sungai yaitu ion fosfat. Bentuk fosfat dalam perairan adalah ortofosfat. Pada umumnya, fosfat yang terdapat dalam suatu perairan dapat berasal dari kotoran manusia atau hewan, sabun, industri pulp dan kertas, detergen. Pada dasarnya makhluk hidup yang tumbuh di perairan memerlukan fosfat pada kondisi jumlah tertentu. Sebaliknya, kandungan fosfat yang berlebihan akan membahayakan kehidupan makhluk hidup tersebut. Kandungan fosfat yang besar dapat meningkatkan pertumbuhan alga yang mengakibatkan sinar matahari yang masuk ke perairan menjadi berkurang (Ngibad, 2019).

Berdasarkan nilai fosfat hasil penelitian pada perairan mangrove relatif sama titik 1,2 dan 3: 0 mg/L. Fosfat adalah salah satu nutrien penting bagi pertumbuhan tanaman, termasuk mangrove. Fosfat diperlukan untuk berbagai proses fisiologis, termasuk pembentukan energi (dalam bentuk ATP), sintesis DNA, dan pertumbuhan akar dan cabang. Hubungan antara fosfat dan pertumbuhan mangrove diuraikan sebagai berikut: ketersediaan fosfat untuk mendukung pertumbuhan vegetatif mangrove, termasuk pertumbuhan daun, cabang, dan akar. Fosfat diperlukan dalam sintesis DNA dan pembelahan sel, yang keduanya penting untuk pertumbuhan yang sehat. Mangrove memiliki sistem akar yang kuat dan kompleks, yang penting untuk menopang pohon-pohon tersebut di lingkungan rawa bakau yang berlumpur dan berair. Fosfat membantu dalam pertumbuhan dan perkembangan akar yang sehat, memungkinkan mangrove untuk menyerap air dan nutrisi dengan lebih efektif. Ketersediaan fosfat juga dapat mempengaruhi produktivitas primer di ekosistem mangrove secara keseluruhan melalui rantai makanan, termasuk keanekaragaman hayati dan produktivitas ekosistem. Ketidakseimbangan fosfat dapat mengganggu dinamika ekosistem dan menyebabkan perubahan dalam komposisi spesies mangrove dan komunitas yang terkait (Latuconsina, 2019).

Zn (Seng) Air Mangrove

Seng (Zn) adalah elemen mikro esensial yang dibutuhkan bagi sel tubuh dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk mangrove (Ismail, 2021). Kekurangan seng sering menyebabkan pertumbuhan tanaman yang kerdil. Tanaman mangrove menunjukkan gejala pertumbuhan yang terhambat, dengan daun yang lebih kecil dan cabang yang kurang berkembang. Kadar seng (Zn) dalam air laut bisa bervariasi tergantung pada lokasi, kondisi lingkungan, dan faktor-faktor lainnya. Seng adalah salah satu unsur mikro yang penting bagi organisme laut, termasuk mangrove, fitoplankton, dan organisme laut lainnya. Meskipun kadar seng dalam air laut biasanya rendah, namun memiliki peran penting dalam berbagai proses biokimia dan biologi (Octarianita, 2017).



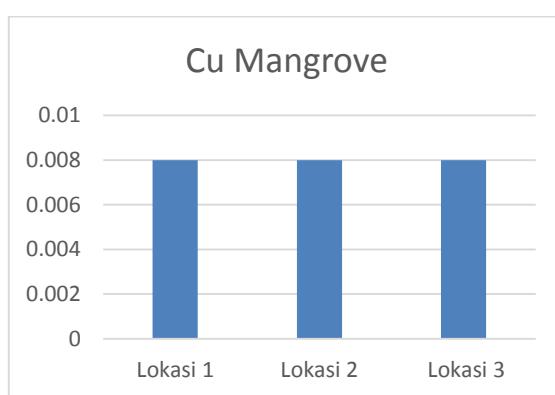
Gambar 6. Seng Air pada Mangrove

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan pada perairan mangrove relatif sama titik 1, 2, dan 3: 0.05 mg/L (Gambar 6). Pemantauan kadar seng dalam air laut penting untuk memahami kondisi lingkungan laut, menjaga kesehatan ekosistem laut, dan melindungi organisme laut serta manusia yang bergantung padanya. Hubungan antara seng dan pertumbuhan mangrove dapat dijelaskan bahwa Seng diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif mangrove, seperti pertumbuhan daun, batang, dan akar. Seng berperan dalam sintesis protein, pembelahan sel, dan metabolisme karbohidrat, yang merupakan proses penting untuk pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Seng juga berperan dalam proses fotosintesis, yang membantu dalam pembentukan klorofil dan enzim-enzim yang terlibat dalam fotosintesis, sehingga mempengaruhi produktivitas dan pertumbuhan mangrove. Seng juga penting untuk sistem pertahanan tanaman, termasuk mangrove. Ini membantu tanaman dalam mengatasi stres lingkungan, seperti kekeringan, kelebihan cahaya, dan serangan penyakit (Sulkan, 2020).

Kekurangan seng dapat mengganggu keseimbangan nutrisi tanaman dan menghambat penyerapan nutrisi lainnya, bahkan jika nutrisi lainnya cukup tersedia. Oleh karena itu, ketersediaan seng yang cukup penting untuk menjaga keseimbangan nutrisi yang tepat bagi pertumbuhan mangrove. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan keseimbangan nutrisi, termasuk seng, dalam lingkungan pertumbuhan mangrove. Pemantauan kualitas air dan tanah serta pengelolaan yang bijaksana dari nutrisi dapat membantu mendukung pertumbuhan mangrove yang sehat dan kelangsungan hidup ekosistem mangrove secara keseluruhan (Harefa dkk., 2023).

Cu (Tembaga) Air Mangrove

Tembaga (Cu) adalah salah satu unsur hara mikro yang penting bagi pertumbuhan tanaman, termasuk mangrove. Namun, kadar tembaga yang tinggi atau terlalu rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman mangrove secara signifikan (Kusumastuti, 2009). Kekurangan tembaga dapat menyebabkan penurunan aktivitas enzimatik yang diperlukan untuk fotosintesis dan respirasi, yang mengarah pada pertumbuhan tanaman yang lambat dan lemah. Kadar tembaga dalam tanah dan air dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia seperti pencemaran industry dan penggunaan pestisida. Mangrove yang tumbuh di daerah dengan pencemaran tembaga tinggi mungkin menunjukkan gejala keracunan dan penurunan pertumbuhan. Logam berat Cu merupakan elemen mikro yang berbahaya bagi makhluk hidup (Santi dkk., 2018).



Gambar 7. Tembaga Air pada Mangrove

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan pada perairan mangrove relatif sama titik 1, 2, dan 3: 0.008 mg/L (Gambar 7). Logam berat Cu dapat menyebabkan keracunan apabila jumlahnya lebih dari baku mutu yang telah ditentukan yaitu

0,02 ppm (Azizah dkk., 2017). Hubungan antara tembaga dan pertumbuhan mangrove adalah bahwa tembaga merupakan komponen dari beberapa enzim yang penting untuk berbagai proses metabolismik dalam tanaman. Ini termasuk enzim-enzim yang terlibat dalam fotosintesis, respirasi, dan metabolisme karbohidrat dan protein. Kehadiran tembaga memfasilitasi proses-proses ini, yang penting untuk pertumbuhan mangrove. Tembaga juga penting untuk pembentukan klorofil, pigmen hijau yang digunakan oleh tanaman untuk fotosintesis. Kekurangan tembaga dapat menghambat produksi klorofil dan memengaruhi kemampuan tanaman untuk menangkap energi matahari dan membuat makanan. Tembaga diperlukan untuk pertumbuhan akar yang sehat dan pembentukan buah pada tanaman (Khairuna, 2019).

Meskipun tembaga penting untuk pertumbuhan mangrove, kelebihan tembaga dalam tanah atau air juga dapat menyebabkan toksitas dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Kadar tembaga yang terlalu tinggi dapat merusak akar, menghambat pertumbuhan, dan menyebabkan gejala toksitas seperti klorosis (daun menguning) atau nekrosis/kematian jaringan (Utami dkk.,2018). Oleh karena itu, penting untuk menjaga keseimbangan nutrisi, termasuk tembaga, dalam lingkungan pertumbuhan mangrove.

Oleh karena itu pemantauan kualitas air dan tanah serta pengelolaan yang bijaksana dari nutrisi dan polutan dapat membantu mendukung pertumbuhan mangrove yang sehat dan kelangsungan hidup ekosistem mangrove secara keseluruhan (Rifaat, 2020).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil transek kualitas air pada perairan ekosistem sekitar mangrove kisaran suhu dari 28.7 sampai 30.4 oC, TSS dari 0.129 sampai 0.751 mg/L, kekeruhan dari 0.31 sampai 0.90 NTU, pH dari 6.99 sampai 7.87, salinitas dari 21.03 sampai 21.23 ppt, fosfat 0 mg/L, seng = 0.05 mg/L, tembaga = 0.008 mg/L. Hal ini menunjukkan masih berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan untuk mengairi tanaman menunjang pertumbuhan mangrove di sekitar PLTU SULUT-3.

Saran

Perlu adanya monitoring dan evaluasi pihak terkait serta pengelola secara bertahap agar aktivitas manusia dapat dikontrol khususnya aktivitas industri PLTU Sulut-3 Desa Kema Satu agar tidak menganggu keadaan lingkungan dan menambah pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, F.R., P. Hiskiawan dan S. Hartanto. 2017. Time-Depth Curve Evaluation Method for Conversion Time to Depth at Penobscot Field, Nova-Scotia, Canada. Jurnal Ilmu Dasar, 17(1): 25-30.
- Field, C.D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. Hydrobiologia 295, 75-81.
- Harefa, M.S., F. Delita, M.S. Restu, N. Berutu, N. Yenny, S. Hidayat dan E. Tuhono. 2023. Pembelajaran Ekosistem Mangrove Tingkat SMA. Selat Media.
- Hidayat, R.N. 2021. Perancangan Sistem Deteksi Kekeruhan Air pada Akuarium Ikan Arwana Berbasis IoT. KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi, 1(2): 391-401.
- Hogarth, P. J. 1999. The Biology of Mangroves. Oxford University Press. New York.
- Hutchings, P. dan P. Saenger. 1987. Ecology of mangroves. University of Queensland Press, St. Lucia.
- Ismail, S.W. 2021. Distribusi Kuantitatif Ion Logam Berat Cu Dan Zn dalam Air, Sedimen Dan Mangrove (Rhizophora Sp.) Disekitar Perairan Pantai Ujung Lero Kecamatan Suppa=Quantitative Distribution of Heavy Metal Ions In Water, Sediment And Mangrove (Rhizophora Sp.) Around Ujung Lero Beach Water, Suppa District (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Khairuna, K. 2019. Diktat Fisiologi Tumbuhan.
- Kusumastuti, W. 2009. Evaluasi lahan basah bervegetasi mangrove dalam mengurangi pencemaran lingkungan (studi kasus di desa kepetingan kabupaten sidoarjo) (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).

- Kusniawati, E. dan H. Budiman. 2020. Analisa Sifat Air Injeksi Berdasarkan Parameter pH, TSS, TDS, DO dan Kesadahan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 11(2): 9-21.
- Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, (2021).
- Latuconsina, H. 2019. Ekologi perairan tropis: prinsip dasar pengelolaan sumber daya hayati perairan. UGM Press.
- Mahardika, I.K., S. Bektiarso, R.A. Santoso, A. Novit, R.B. Saiylendra, dan R.K. Dewi. 2023. Analisis Peran Suhu Pada Pertumbuhan Dan Perkembangan Tanaman Stroberi. *Phydagogic: Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 5(2): 86-91.
- Mukarromah, R., I. Yulianti, dan S. Sunarno. 2016. Analisis Sifat Fisis Kualitas Air di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo. *Unnes Physics Journal*, 5(1): 40-45.
- Muhajir, A. 2023. Pergeseran Mata Pencaharian Masyarakat Terhadap Kerusakan Hutan Mangrove (Studi Kasus Desa Salemba Kecamatan Ujung Loe Kabupaten Bulukumba) Shifts of People's Livelihoods Towards Mangrove Forest Damage (A Case Study On Salemba Village Ujung Loe District Bulukumba Regency) (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Ngibad, K. 2019. Analisis Kadar Fosfat Dalam Air Sungai Ngelom Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(3), 197-201.
- Octarianita, E. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Pada Kerang di Pasar Gudang Lelang dan PPI Dengan Metode ICP-OES.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021. Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia, April, 5–24.
- Puryono, S. 2018. Pelestarian Hutan Mangrove dan Peran serta Masyarakat Pesisir.
- Perwitasari, W.K., F. Muhammad, dan J.W. Hidayat. 2022. Penerapan Silvofishery Untuk Mendukung Ekosistem Mangrove Yang Berkelaanjutan Di Desa Mororejo Kabupaten Kendal (Doctoral Dissertation, Universitas Diponegoro).
- Priyono, A. 2010. Panduan praktis teknik rehabilitasi mangrove di kawasan pesisir Indonesia. Semarang: KESEMAT.
- Ramadhan, R., D.A. Mamahit, M. Yurianto, P. Widodo, H.J. Risma, dan P. Suwarno. 2023. Strategi Pengembangan Hutan Mangrove dan Restorasi

- Terumbu Karang Dalam Pengelolaan Wisata Bahari Guna Mendukung Keamanan Maritim di Banyuwangi Indonesia. Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial, 10(11): 4914-4927.
- Rahmah, S.N. 2022. Pengaruh Penambahan Kompos Pada Perlakuan Sedimen Bakau dalam Reduksi Sulfat pada Air Asam Tambang= The Effect of Addition Compost on Treatment of Mangrove Sediment in Reducing Sulfate in Acid Mine Water (Doctoral dissertation), Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Rahadi, B., A.T.S. Haji, dan A.P. Ariyanto. 2020. Prediksi TDS, TSS, dan kedalaman Waduk Selorejo menggunakan aerial image processing. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 7(2): 65-71.
- Rifaat, M. 2020. Kemampuan Konsorsium Bakteri Dari Sedimen Mangrove Dalam Mereduksi Sulfat Dan Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air Asam Tambang Batubara (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). Makasar.
- Santi, S., V.M. Tiwow, S.T. Gonggo. 2018. Analisis Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pantai Loli Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala. Jurnal Akademika Kimia, 6(4): 241-246.
- Şarman, A.H. 2015. Correlation between master curves obtained from rheology and mechanical testing (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Suryaperdana, Y., Soewardi dan A. Mashar. 2012. Keterkaitan lingkungan mangrove pada produksi udang dan ikan bandeng di kawasan silvofishery Blanakan, Subang, Jawa Barat. Bonorowo Wetlands, 2(2): 74-85.
- Sulkan, M. 2020. Pemanasan global dan masa depan bumi. Alprin.
- Trimurti, F. 2022. Sebaran Spasial dan Struktur Komunitas Fitoplankton yang Berpotensi Menyebabkan Harmful Algae Blooms (HABs) di Perairan Teluk Laikang, Sulawesi Selatan (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). Makasar.
- Utami, R., W. Rismawati, dan K. Sapanli. 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. in seminar nasional hari air sedunia, 1(1): 141-153.
- Wardhani, M. K. 2011. Kawasan konservasi mangrove: suatu potensi ekowisata. Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology, 4(1): 60-76.
- Yulvia, D., M. Yusuf, dan D.N Sugianto. 2012. Karakteristik Arus, Suhu dan Salinitas di Kepulauan Karimunjawa. Journal of Oceanography, 1(2): 186-196.