

Variabel Kondisi Lingkungan pada Ekosistem Mangrove di Kota Kupang

Claudia Hau Radja¹, Lumban Nauli Lumban Toruan^{1*}, Alexader Leonidas Kangkan¹

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Peternakan, Kelautan, dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adisucipto Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85228. *Email Korespondensi: lumbannauli@staf.undana.ac.id

Abstrak. Mangrove memiliki fungsi sebagai sumber produksi nutrisi yang berguna untuk menyuburkan perairan. Pemanfaatan yang seringkali dilakukan oleh masyarakat sekitar hutan mangrove sebagai tempat wisata, menangkap ikan, dan juga sebagai area tambak garam akan mempengaruhi kualitas air pada ekosistem hutan mangrove. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variabel kondisi lingkungan di ekosistem mangrove pada pesisir Kota Kupang. Penelitian ini dilakukan pada enam stasiun di ekosistem mangrove pesisir Kota Kupang pada Bulan September sampai Bulan Oktober 2021. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel air dilakukan pada saat pasang dan surut. Sampling sedimen dilakukan dengan menggunakan botol berukuran 500 ml dan diletakkan ke dalam plastik yang sudah diberi label. Hasil kajian menunjukkan variabel suhu berkisar 27-30 °C, salinitas 29-33 ‰, pH 8,1-8,4, nitrat 0,0-0,65 mg/l, fosfat 0,02-0,58 mg/l, TSS 33-70 mg/l, fraksi sedimen pasir 82-99 %, kandungan organik 2,60-6,01 % kandungan karbonat 32,85-54,99 %. Parameter fosfat menunjukkan pada seluruh stasiun berada di atas ambang batas kualitas air untuk biota.

Kata kunci : Kota Kupang, variabel, kondisi lingkungan, kualitas air

Pendahuluan

Hutan mangrove merupakan salah satu dari sekian banyak ekosistem hutan yang sangat menguntungkan dan memberikan manfaat yang sangat berpengaruh pada hutan mangrove itu sendiri. Tiga fungsi utama mangrove, yaitu fungsi fisik yang meliputi mencegah abrasi, perlindungan terhadap angin dan ombak, menyimpan cadangan karbon serta penghasil unsur hara. Fungsi biologis menurut Aksornkoae *et al.* (2006) meliputi tempat bertelur dan berkembangbiak biota, tempat burung bersarang, maupun habitat biota laut lainnya; serta fungsi ekonomi seperti sumber penghasil kayu, pertanian, hasil perikanan, bahan baku kertas, dan obat-obatan. Sebagai produsen nutrisi, mangrove berfungsi untuk menyuburkan perairan di mana dalam daun mangrove terdapat unsur hara karbon, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium (Ramdani *et al.*, 2015). Unsur-unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan adalah nitrat dan fosfat karena kedua unsur tersebut tidak dapat digantikan oleh unsur lain. Nitrat (NO₃) dan fosfat (PO₄) adalah nutrisi yang menentukan kestabilan pertumbuhan vegetasi (Hartoko *et al.*, 2013).

Kondisi perairan ekosistem pesisir sangat mempengaruhi produktivitas dan fungsi dari ekosistem tersebut. Perubahan kondisi kualitas air pada suatu daerah merupakan dampak dari buangan penggunaan lahan mangrove yang ada (Poedjirahajoe *et al.*, 2011). Kualitas perairan pada ekosistem mangrove juga mempengaruhi kondisi kesehatan tumbuhan mangrove. Meskipun tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan baik terhadap perubahan salinitas, namun tumbuhan ini juga rentan terhadap perubahan kualitas airnya seperti suhu, pH, dan DO (Schaduw, 2018).

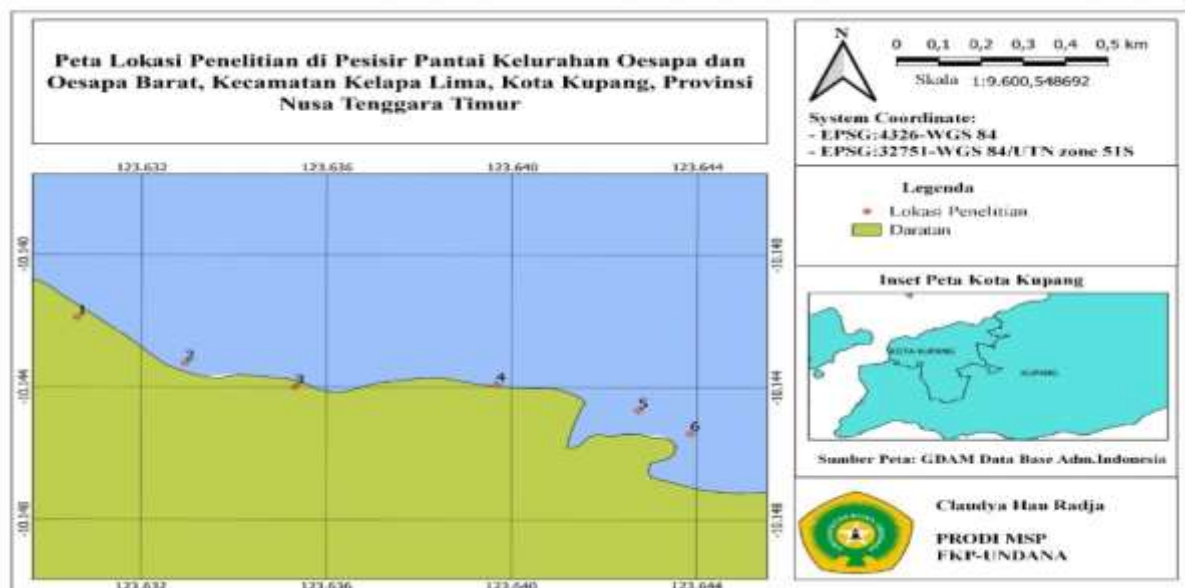
Pencemaran terhadap sumber daya air sudah terjadi sejak lama baik di laut, danau maupun sungai. Situasi tersebut memberikan dampak yang sangat besar terhadap lingkungan pesisir, khususnya dalam penurunan kualitas lingkungan, keanekaragaman hayati, hilangnya suatu habitat, dan pada akhirnya terjadi penurunan kualitas hidup penduduk yang mendiaminya (Herrera-Silveira & Morales-Ojeda, 2009). Terdapat beberapa sumber pencemaran bagi lingkungan perairan yaitu limbah industri dan limbah rumah tangga. Limbah rumah tangga ini akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya penduduk di wilayah tersebut. Air pada limbah domestik dapat meningkatkan organisme patogen, nutrisi, dan beban organik pada ekosistem pesisir sehingga mengurangi kualitas air dan sedimen (Putnam *et al.*, 2010).

Kota Kupang adalah salah satu wilayah di pesisir Teluk Kupang yang memiliki hutan mangrove di sebagian garis pantainya. Hutan mangrove di pesisir Kota Kupang terletak di Kelurahan Oesapa dan Oesapa Barat, Kecamatan Kelapa Lima yang memiliki luas 28,67 ha (Matatula *et al.*, 2019). Pemanfaatan yang seringkali dilakukan oleh masyarakat di sekitar hutan mangrove adalah sebagai tempat wisata, menangkap ikan, dan juga sebagai area tambak garam. Hal ini menjadi dasar bagi peneliti untuk melakukan kajian ini karena kegiatan pemanfaatan hutan mangrove sebagai tempat wisata, penangkapan ikan, dan area tambak garam memiliki dampak

yang kompleks terhadap kualitas air di ekosistem mangrove. Kunjungan wisatawan dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan dan pencemaran air dengan sampah dan limbah. Praktik penangkapan ikan yang merusak dan penggunaan bahan kimia berpotensi mencemari air dengan polutan. Konversi mangrove menjadi tambak garam dapat menyebabkan eutrofikasi dan penurunan oksigen terlarut. Kegiatan tersebut lama-kelamaan akan mempengaruhi kualitas air pada ekosistem hutan mangrove (Damanik *et al.*, 2019).

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kelapa Lima, Kelurahan Oesapa dan Kelurahan Oesapa Barat pada Bulan September dan Oktober 2021. Penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*. Lokasi sampling terdiri dari enam lokasi yang mewakili keadaan sekitarnya dengan memperhatikan kondisi lokasi penelitian seperti akses menuju lokasi, mudah dijangkau, dan mudah diamati pada saat penelitian. Stasiun 1 dan 2 berada pada Pantai Paradiso, Stasiun 3 berada pada Ekowisata Mangrove Oesapa Barat, sedangkan Stasiun 4, 5, dan 6 berada di antara muara sungai Pohon Duri (Gambar 1, Tabel 1). Stasiun 1 pada lokasi penelitian mewakili mangrove bagian kiri dan Stasiun 2 mewakili mangrove bagian kanan dari Pantai Paradiso yang dibatasi oleh aliran air yang masuk dari daratan. Stasiun 3 mewakili mangrove pada bagian Ekowisata Mangrove yang berada di bagian tengah. Stasiun 4 mewakili mangrove yang berada pada bagian kiri dari aliran sungai Pohon Duri, sedangkan Stasiun 5 dan 6 berada pada bagian kanan dari aliran sungai Pohon Duri yang mewakili bagian tersebut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Lokasi Penelitian

Stasiun	Lintang (°)	Bujur (°)
1	-10,141888	123, 630615
2	-10,143268	123, 632952
3	-10,143991	123, 635325
4	-10,149626	123, 642578
5	-10,144592	123, 642787
6	-10,145359	123, 644366

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter; refraktometer; termometer; botol polietilen untuk mengambil sampel air laut; *vacuum pump* untuk menyaring sampel air; kertas saring dengan *pore size* 0,45 μm untuk menyaring sampel air; *colorimeter* untuk mengukur konsentrasi fosfat dan nitrat; botol 500 ml untuk digunakan untuk mengambil sedimen di lapangan, timbangan digital untuk menimbang kertas saring dan juga sedimen; kantong plastik untuk meletakkan sedimen sebelum dijemur; aluminium foil untuk menyimpan sedimen; oven untuk mengeringkan sedimen dengan suhu 60°C selama 24 jam; ayakan sedimen berukuran 2 mm dan 63 μm untuk menyaring dan mengukur fraksinasi sedimen; tanur untuk menganalisa bahan organik pada suhu 550°C selama 4 jam dan juga mengukur kandungan karbonat pada suhu 950°C selama 2 jam (Heiri *et al.*, 2001).

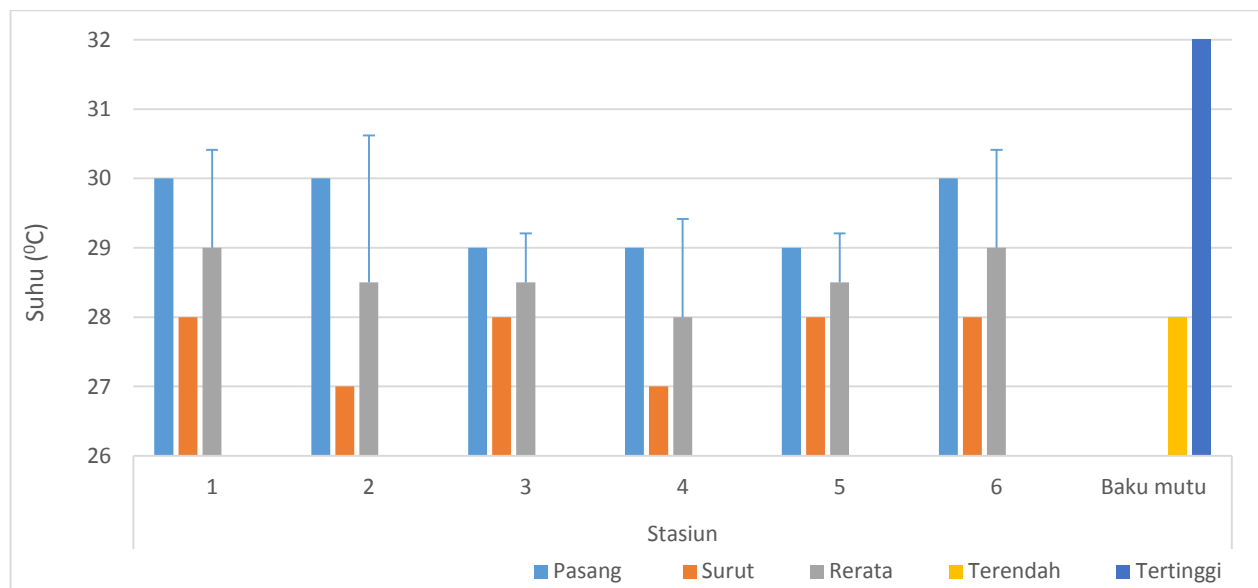
Parameter kualitas air yang diukur terdiri dari suhu, pH, salinitas, nitrat, fosfat, dan TSS. Sampel lain yang diukur pada kajian ini adalah sedimen yang terdiri dari kandungan organik, fraksinasi, dan kandungan karbonat. Parameter kualitas yang diukur secara langsung dilaut adalah suhu, pH, dan salinitas, sedangkan analisis nitrat, fosfat, dan TSS dilakukan di laboratorium. Pengukuran kualitas air dilakukan pada setiap lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan informasi pasang dan surut yaitu pada pukul 13.00-15.00 WITA (pasang) dan pukul 07.00-09.00 WITA (surut). Kegiatan sampling hanya dilakukan satu kali pengambilan sampel saat pasang maupun surut. Pengambilan sedimen dilakukan dengan menggunakan botol berukuran 500 ml. Selanjutnya sedimen dimasukkan ke dalam plastik yang sudah diberi label kemudian sebelum melakukan analisis sedimen dijemur terlebih dahulu agar airnya berkurang. Setelah itu langkah selanjutnya sedimen dimasukan ke dalam aluminium foil untuk menghitung berat basah. Kemudian sampel tersebut dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60°C. Sampel yang sudah dikeringkan dibagi menjadi dua bagian untuk diukur kandungan organik, karbonat serta fraksinasinya (Heiri *et al.*, 2001).

Hasil dan Pembahasan

1. Kualitas air

a. Suhu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pada saat pasang dari seluruh stasiun berkisar antara 29°C–30°C dan surut 27°C–28°C (Gambar 1). Kisaran suhu ini masuk dalam kategori baik dan sesuai dengan baku mutu untuk biota yang ada di ekosistem mangrove. Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 kisaran suhu 28-32 °C memiliki kehidupan yang baik bagi biota dan mangrove.



Gambar 1. Suhu

Stasiun yang memiliki suhu tinggi yaitu pada stasiun yang berada pada daerah perairan laut yang mendapatkan pemaparan sinar matahari secara langsung. Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang menjadi faktor utama dalam mempengaruhi kondisi lingkungan. Suhu sangat mempengaruhi proses fisika maupun kimia perairan, sehingga berperan penting bagi ekosistem perairan khususnya biota yang berada di dalam

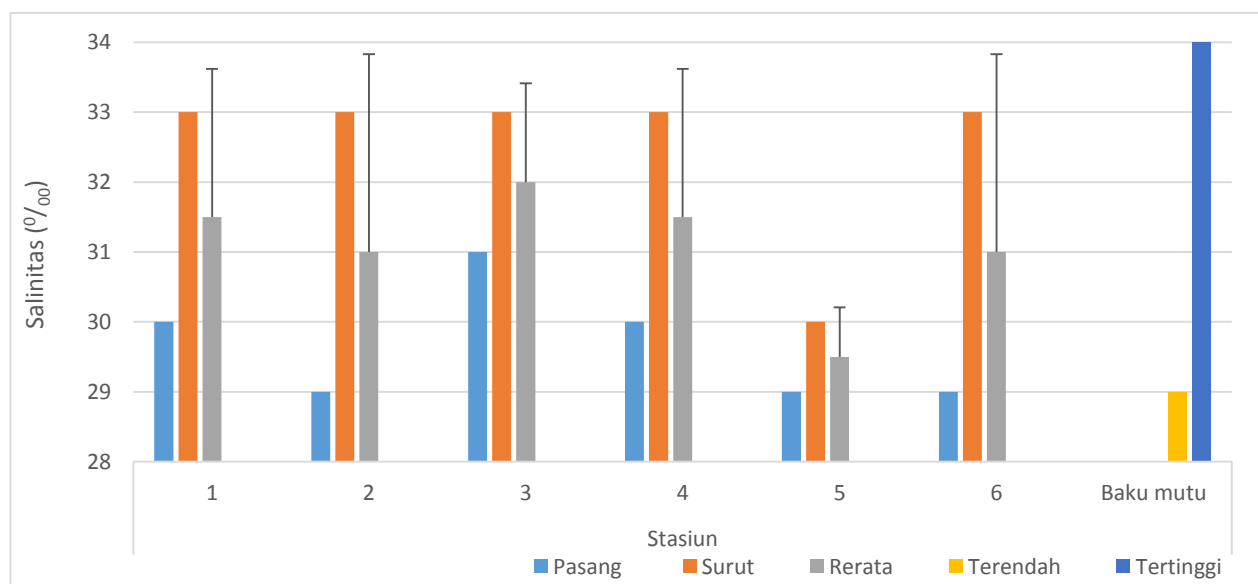
perairan. Menurut Kholifah *et al.* (2022) keberadaan dan aktivitas organisme sangat dipengaruhi oleh suhu, sebab pada umumnya organisme memiliki kisaran suhu tertentu supaya dapat melakukan aktivitas optimalnya.

b. Salinitas

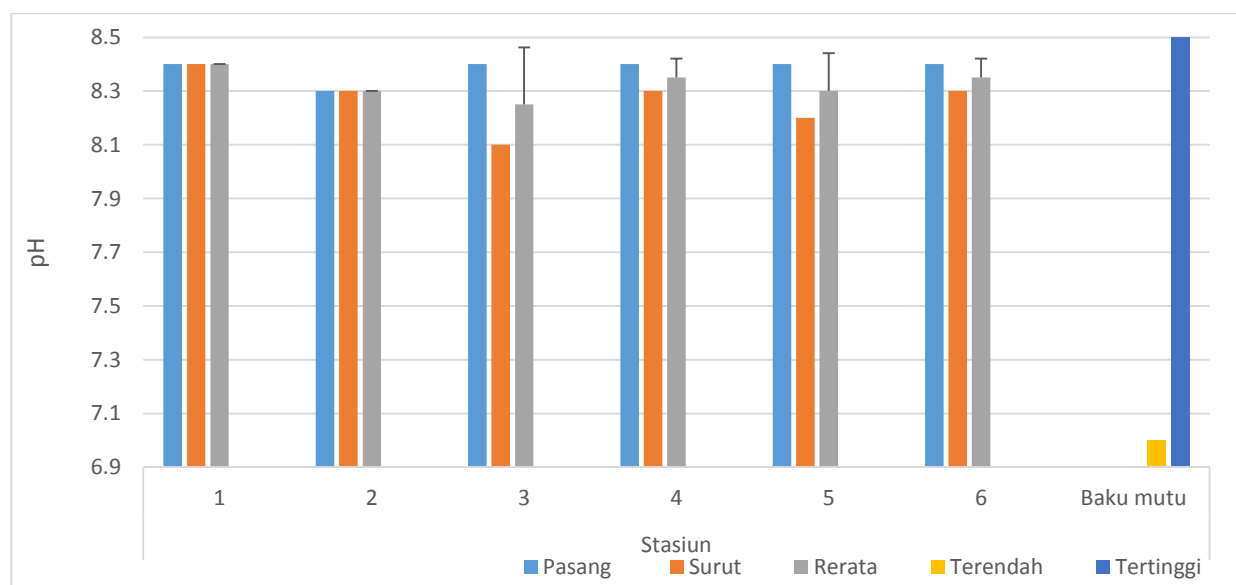
Salinitas saat pasang berkisar 29-31‰ dan pada saat surut 30-33‰ (Gambar 2). Salinitas pada lokasi penelitian berada pada kisaran yang optimum bagi kehidupan mangrove yaitu sampai dengan 34‰ (Peraturan Pemerintah RI No. 22, 2021)

c. pH

Nilai pH pada lokasi penelitian berkisar antara 8,1 – 8,4 (Gambar 3). Berdasarkan baku mutu Peraturan Pemerintah RI No. 22 (2021) nilai pH tersebut masuk kategori baik bagi kehidupan organisme dan mangrove. pH di perairan pesisir sangat fluktuatif tergantung dari masukan air tawar dari darat maupun air laut. pH juga sangat dipengaruhi oleh pasang dan surut air laut. Sebagian besar biota akuatik memiliki sensitifitas yang sangat terhadap pH.



Gambar 2. Salinitas

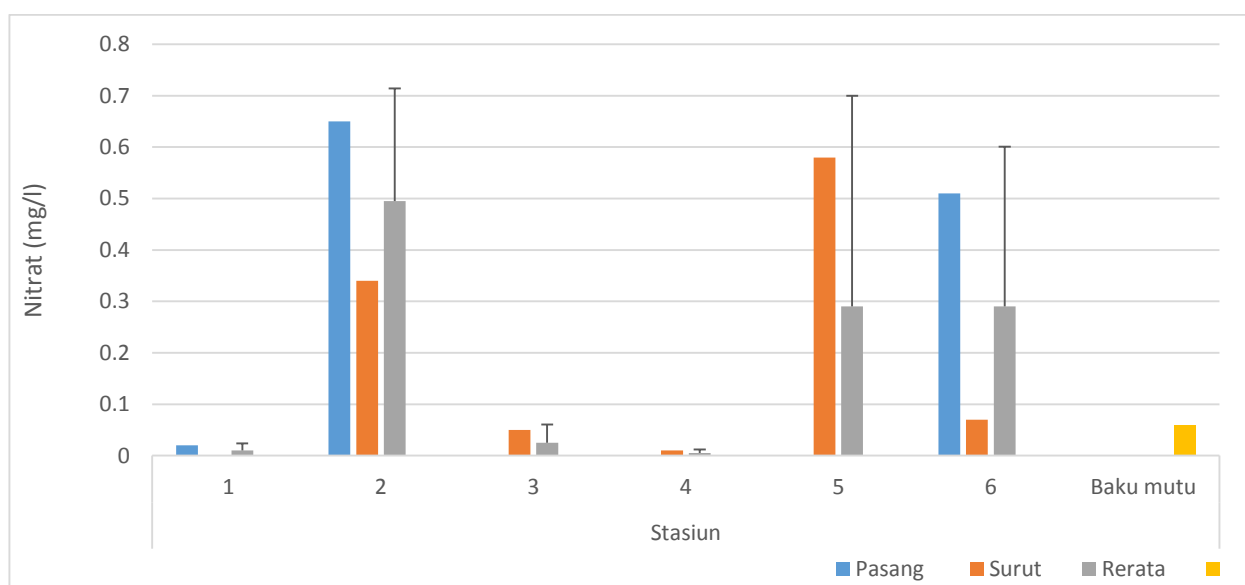


Gambar 3. pH

Hasil penelitian Schaduw (2018) di ekosistem mangrove pulau kecil Taman Nasional Bunaken, dimana nilai pH di lokasi tersebut berkisar antara 8,07 – 8,20. Pada lokasi lainnya seperti pada ekosistem mangrove di Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan nilai pH berkisar antara 7,3-7,5 (Malik, 2013), Desa Basaan I kisaran pH 7-7,3 (Wantasen, 2013) dan nilai rata-rata pH pada ekosistem mangrove di Tuban Denpasar sebesar 7,56. Kajian Ulqodry *et al.* (2010) pada ekosistem mangrove Tanjung Api-api Sumsel pH air berkisar 6,60 – 8,22, sedangkan kajian Arizona and Sunarto (2009) pada ekosistem mangrove di Jayapura kisaran nilai pH dari 7,00 – 7,67. Perbedaan nilai pH pada masing-masing daerah perairan sangat dipengaruhi oleh karakteristik oseanografi dan geomorfologi daerah tersebut. Perairan terbuka cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan tertutup. Pulau kecil memiliki nilai pH yang cenderung basa dan pulau besar dengan banyak aliran sungai cenderung menurunkan nilai pH menjadi asam. Mangrove akan tumbuh dan berkembang dengan baik pada kisaran pH 6,2–8 (Aksornkoae, 1993).

d. Nitrat

Nitrat nitrogen merupakan senyawa yang mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Nitrat merupakan nutrisi utama yang menentukan kestabilan pertumbuhan vegetasi (Hartoko *et al.*, 2013)



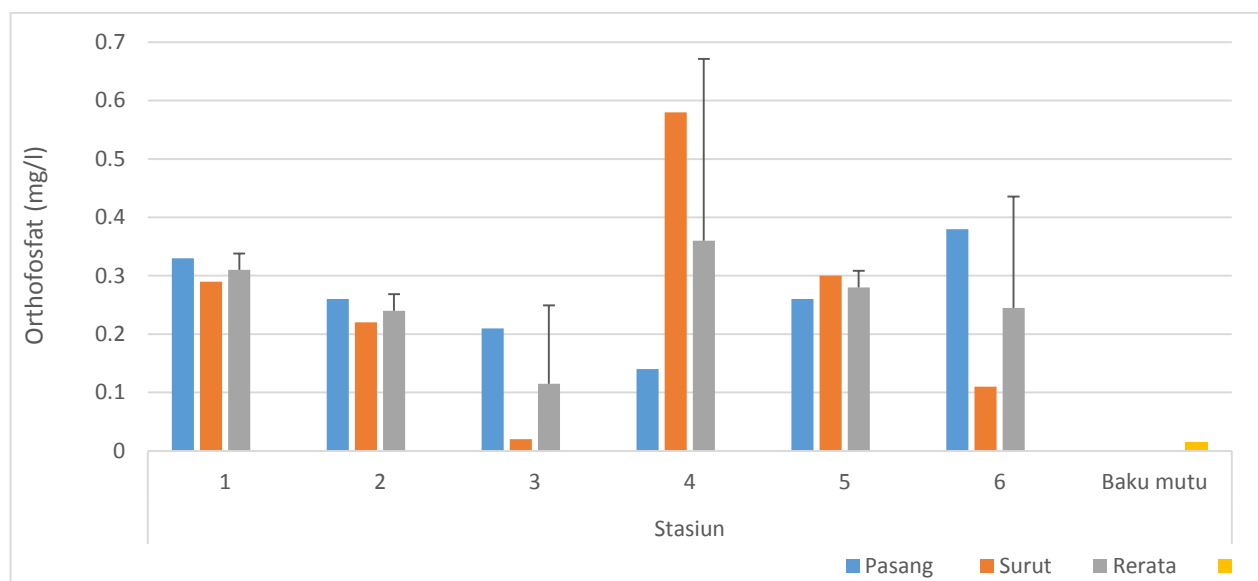
Gambar 4. Nitrat

Hasil penelitian menunjukkan pada saat pasang memiliki konsentrasi nitrat 0,00 – 0,65 mg/L dan pada saat surut sebesar 0,00 – 0,58 mg/L. Tingginya konsentrasi nitrat di stasiun-stasiun tersebut diduga karena banyaknya bahan organik yang ada di stasiun tersebut sebagai akibat buangan limbah dari penduduk berupa berbagai macam sampah organik dan juga sampah lainnya (Ridwan *et al.*, 2018). Pada ekosistem mangrove nitrat selain dihilangkan melalui proses denitrifikasi, juga dimanfaatkan langsung oleh tumbuhan mangrove itu sendiri (Wu *et al.*, 2008).

e. Fosfat

Konsentrasi fosfat pada saat surut berkisar 0,02–0,58 mg/L sedangkan pada saat pasang 0,14–0,38 mg/L (Gambar 5). Berdasarkan standar baku mutu air laut bagi peruntukan biota laut dalam Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 kandungan fosfat maksimum adalah 0,015 mg/L. Menurut Rigitta *et al.* (2015), kandungan fosfat dipengaruhi oleh letaknya yang jauh dari sumber fosfat serta arus yang berada di sekitar stasiun merupakan arus dari laut lepas yang membawa sedikit sumber fosfat sehingga satu-satunya sumber fosfat yaitu dari biota laut yang telah mati dan diuraikan oleh dekomposer. Kondisi $\text{PO}_4\text{-P}$ di perairan ekosistem mangrove Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan lebih kecil dibandingkan pada lokasi penelitian, dengan nilai rata-rata 0,014 mg/l (Malik, 2013), berbeda halnya dengan kondisi $\text{PO}_4\text{-P}$ yang ada di Desa Basaan I, dimana nilainya berkisar 0,013-0,122 mg/l (Wantasen, 2013), sedangkan nilai $\text{PO}_4\text{-P}$ perairan yang cukup tinggi berada di perairan mangrove Tanjung api-api Sumatera selatan dengan kisaran 0,12–0,40 mg/l (Ulqodry *et al.*, 2010) Tumbuhan memanfaatkan fosfat dalam bentuk fosfor dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur

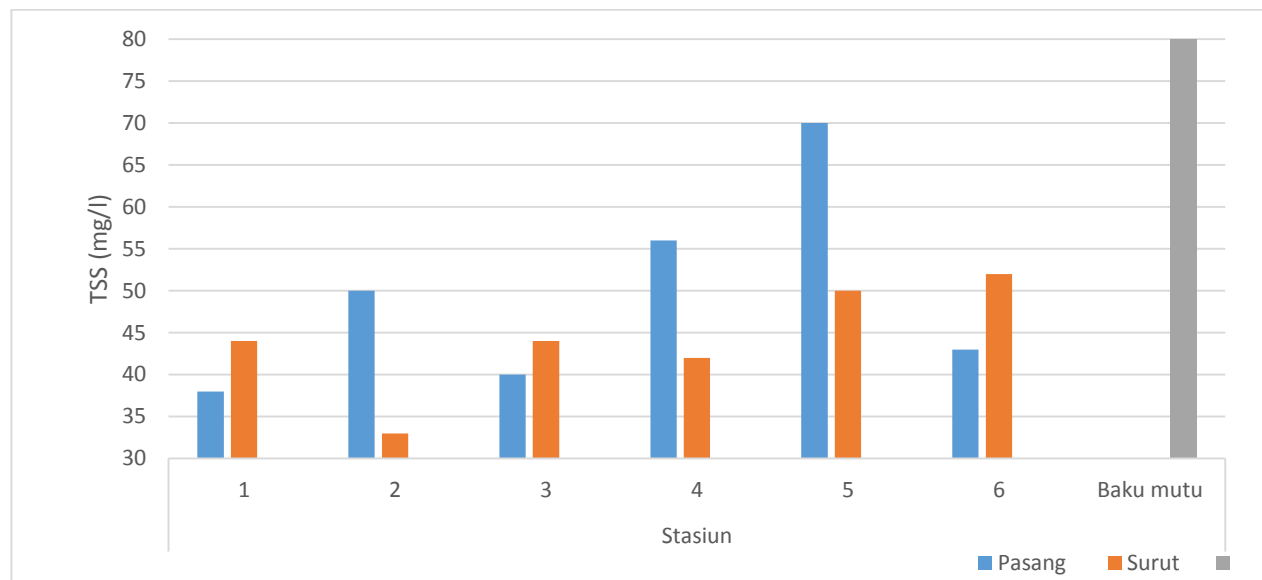
ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi produktifitas perairan. Fosfat banyak ditemukan di perairan apabila perairan tersebut mengalami pencemaran bahan organik, baik yang berasal dari limbah penduduk maupun pertanian yang menggunakan pupuk dalam usaha pertaniannya (Simbolon, 2016; Syawal *et al.*, 2016).



Gambar 5. Fosfat

f. TSS

Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) merupakan padatan dengan diameter $> 0,45 \mu\text{m}$ yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak mengendap secara langsung, yang terdiri dari partikel-partikel yang memiliki ukuran dan berat lebih kecil dari sedimen, seperti tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan lain sebagainya (Ma'arif & Hidayah, 2020). Kadar TSS pada saat surut berkisar antara 33-51 mg/L, dan pada saat pasang 38-70 mg/L. Pada Stasiun 5, kadar TSS lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal ini dapat dijelaskan oleh keberadaan aliran sungai di sekitar stasiun tersebut yang merupakan sumber utama TSS di perairan laut. Aliran sungai membawa partikel-partikel padat dari daratan ke perairan laut, termasuk pasir, lumpur, dan bahan-bahan lainnya. Karena adanya aliran sungai, TSS di perairan laut di sekitar Stasiun 5 menjadi lebih tinggi. Pada stasiun 2, kadar TSS lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya vegetasi mangrove yang baik di sekitar stasiun tersebut. Mangrove memiliki akar-akar yang kuat dan kompleks yang dapat menahan partikel-partikel padat. Vegetasi mangrove membantu menyaring air dan mengurangi aliran permukaan yang membawa TSS ke perairan. Keberadaan mangrove yang rapat dan sehat di sekitar Stasiun 2 membantu menjaga kadar TSS tetap rendah, karena mangrove mampu menahan partikel-partikel yang tersuspensi sebelum mencapai perairan. Nilai TSS ini masuk dalam kategori baik untuk pertumbuhan mangrove dan biota (Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021). Dewanti *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai TSS akan lebih tinggi apabila banyak zat padat tersuspensi di dalam air dan sebaliknya akan rendah apabila sedikit zat padat tersuspensi yang terlarut di dalam air. Penurunan kualitas air yang bersamaan dengan peningkatan nilai TSS akan berdampak langsung dalam menghambat laju fotosintesis tumbuhan perairan sehingga secara langsung pula menurunkan nilai DO dalam perairan yang diakibatkan terhambatnya penetrasi sinar matahari.



Gambar 6. TSS

2. Sedimen

Pengukuran sedimen dilakukan dengan melakukan pengelompokan tipe sedimen, perhitungan kandungan organik, kandungan karbonat (Tabel 2).

Tabel 2. Data Pengukuran Sedimen

Stasiun	Fraksi pasir (%)	Fraksi Lumpur dan Liat (%)	Kandungan organik (%)	Karbonat (%)
1	99	1	2,60	54,99
2	96	4	2,89	50,55
3	94	6	3,00	49,36
4	82	18	6,01	32,85
5	86	14	3,18	37,11
6	92	8	2,80	37,64

Sumber: Data Penelitian, (2021)

a. Fraksinasi sedimen

Berdasarkan hasil pengamatan fraksi sedimen pada enam stasiun pengamatan, fraksi pasir adalah yang tertinggi dibandingkan fraksi lumpur dan liat dengan persentase 83%-99% pada fraksi pasir dan 1%-17% pada fraksi lumpur dan liat (Tabel 1). Banyaknya ukuran partikel pasir di lokasi penelitian diduga dikarenakan tingginya kandungan material substrat pasir yang dibawa oleh air laut ketika pasang dan proses air laut keluar pada saat surut cenderung lambat, sehingga material substrat tersebut mengendap di sekitar ekosistem mangrove (Petra *et al.*, 2012; Samsumarlin *et al.*, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Darmadi *et al.* (2012) di Kabupaten Indramayu menunjukkan pada substrat pasir berlempung ditumbuhi oleh satu jenis yaitu *Rhizophora apiculata* dan pada substrat liat ditumbuhi oleh jenis yang lebih beragam seperti jenis *Rhizophora*, *Avicenia*. Masing-masing jenis mangrove memiliki kerapatan yang berbeda-beda, perbedaan kerapatan ini dikarenakan adanya perbedaan substrat. Berdasarkan hasil analisa fraksi substrat memberikan gambaran bahwa substrat pada keenam stasiun penelitian, didominasi oleh pasir, diikuti liat dan debu. Kandungan pasir dalam substrat lebih dominan dibandingkan kandungan debu dan liat. Berdasarkan hasil penelitian jenis mangrove yang terdapat pada lokasi penelitian adalah *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, dan *Avicennia marina*.

b. Kandungan organik

Hasil pengukuran bahan organik pada setiap stasiun di ekosistem mangrove dimana stasiun 1 memiliki kandungan bahan organik terendah yaitu 2,6% dan yang tertinggi pada stasiun 4 yaitu 6,01% (Tabel 1). Kandungan bahan organik yang rendah pada stasiun 1 dipengaruhi oleh substrat dasar dari stasiun ini yang didominasi fraksi pasir dimana fraksi pasir lebih sedikit mengakumulasi bahan organik yang terbawa oleh aliran air. Menurut Hartoko (2010), sedimen berpasir memiliki kandungan bahan organik rendah. Terjadinya oksidasi diakibatkan oleh adanya *pore water* yang lebih besar, sehingga bahan organik akan cepat habis. Sebaliknya pada jenis sedimen liat yang mempunyai tekstur lebih halus, kandungan bahan organik tergolong tinggi. Masuknya bahan organik disebabkan karena banyaknya serasah yang berasal dari hutan mangrove. Transfer bahan organik dari vegetasi ke dalam tanah sangat membutuhkan produksi serasah dan mangrove. Pertumbuhan mangrove sebagai detritus bagi ekosistem perairan dan estuaria membutuhkan unsur hara yang dihasilkan dari proses dekomposisi serasah di dalam tanah. Hal tersebut membantu menyokong kehidupan berbagai organism akuatik (Simanjuntak & Rifardi, 2020).

c. Karbonat

Kandungan karbonat pada enam stasiun pengamatan menemukan jumlah tertinggi pada stasiun satu dengan jumlah sebesar 54,99 % dan terendah pada stasiun empat dengan nilai 32,85 % (Tabel 1). Kandungan karbonat yang lebih tinggi daripada kandungan organiknya di ekosistem mangrove ditemukan juga oleh Afele *et al.* (2019) di Pesisir Laut Merah antar Mesir dan Afrika. Tinggi dan rendahnya jumlah karbonat di sedimen mangrove menunjukkan bahwa pada sedimen terdapat pecahan cangkang molluska dan kerangka terumbu karang. Hal yang sama juga ditemukan oleh Kusumastuti *et al.* (2020) di pesisir Pulau Simeulue Kabupaten Simeulue, Sumatera yang menyatakan bahwa tingginya kandungan karbonat diindikasikan berasal dari pecahan cangkang. Adanya mikrofauna *foraminifera* pada lapisan sedimen menunjukkan bahwa terdapat material dari laut yang ikut terendapkan. Pembentukan karbonat terjadi akibat proses karbonasi mineral dalam air sehingga terjadi pengendapan pada sedimen. Menurut Hapsari *et al.* (2017) kandungan karbonat mampu mencerahkan warna sedimen yang berarti sedimen dengan tipe fraksi pasir dengan warna yang cerah memiliki kandungan karbonat yang tinggi.

Kesimpulan

Kualitas air pada ekosistem mangrove di Kecamatan Kelapa Lima umumnya sesuai dengan baku mutu kualitas air, kecuali pada parameter fosfat. Fraksi pasir mendominasi kondisi substrat mangrove dibandingkan fraksi lumpur dan liat.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Rizky Bonbalan, Yulin Martis, Komala Dewi, Ellen Fernandez, Jan Tallo, Miaty Selan, Risco Bunga, Ritta Bolla, dan Rut Huky yang telah membantu penulis.

Daftar Pustaka

- Afele, A. A., Abbas, M. S., Soliman, A. Sh., Khedr, A. H. A., & Hatab, E. B. E., 2019. Physical and chemical characteristics of mangrove soil under marine influence. A case study on the Mangrove Forests at Egyptian-African Red Sea Coast. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 23(3), 385-399.
- Aksornkoae S. 1993. *Ecology and management of mangrove* IUCN. The world conservation Union Bangkok.
- Aksornkoae S, Offenberg J, Nielsen M. G, Macintosh D. J, Havanon S. 2006. Weaver ants increase premature loss of leaves used for nest construction in *rhizophora* trees. *Biotropica*, 38(6), 782-785.
<https://doi.org/10.1111/J.1744-7429.2006.00206.X>
- Alamsyah R, Marni M, Fattah N, Liswahyuni A. 2018. Laju dekomposisi serasa daun mangrove di kawasan wisata Tongke-Tongke Kabupaten Sinjai. *Agrominansia*, 3(1), 72-77. <https://doi.org/10.34003/279690>
- Arizona M, Sunarto S. 2009. Kerusakan Ekosistem Mangrove Akibat Konversi Lahan Di Kampung Tobati Dan Kampung Nafri, Jayapura. *Majalah Geografi Indonesia*, 1, 18-39.
<http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=549563&val=6028&title>
- Damanik D, Penkari K, Penkari N. A. 2019. Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove Pantai Oesapa Barat Kota Kupang. *Sainstek*, 4(1), 197-206. <https://www.conference.undana.ac.id/sainstek/article/view/32>
- Darmadi, Lewaru M, Khan A. 2012. Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat Di Muara Harmin Desa Cangkring Kecamatan Cantigi Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan Kelautan*,

- 3(3), 347–358. <http://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/1437>
- Dewanti L, Putra I, Faiqoh E. 2018. Hubungan kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton dengan kelimpahan dan keanekaragaman zooplankton di Perairan Pulau Serangan, Bali. *Bali. Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2), 324–335.
<http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1347946&val=942&title>
- Hapsari R. W, Hendrarto B, Muskananfolo R. 2017. Pemetaan Karakteristik Fisik Sedimen Di Pantai Bermangrove Di Pesisir Desa Timbulsloko, Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources (MAQUARES)*, 6(2014), 283–292.
- Hartoko A. 2010. Oseanografi dan Sumberdaya Perikanan-Kelautan Indonesia. UNDIP Press Semarang.
- Hartoko A, Indrawati A, Soedarsono. 2013. Analisa Klorofil-A, Nitrat Dan Fosfat Pada Vegetasi Mangrove Berdasarkan Data Lapangan Dan Data Satelit Geoeye Di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 2(2), 28–37.
<https://doi.org/10.14710/MARJ.V2I2.4101>
- Heiri O, Lotter A. ., Lemcke G, Bern U, Bern C, E-mail S. 2001. Machine Translated by Google Loss on ignition sebagai metode untuk memperkirakan kandungan organik dan karbonat dalam sedimen : reproduktifitas dan komparabilitas hasil Machine Translated by Google. 101–110.
- Herrera, Silveira J, Morales, Ojeda S. 2009. Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1–3), 72–86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X08005353>
- Kholifah N, Wahyuningsih E, Kresnasari D. 2022. Struktur Komunitas Zooplankton Pada Perairan Mangrove Laguna Segara Anakan Cilacap. *Scientific Timeline*, 2(1), 17–29.
<https://jurnal.unupurwokerto.ac.id/index.php/sciline/article/view/58>
- Kusumastuti Y, Marin J, Putra P.S, Nugroho S. H. 2020. Karakteristik Sedimentologi dan Geokimia Endapan Tsunami di Teluk Busong, Pulau Simeulue. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 3(1), 12.
<https://doi.org/10.14710/jgt.3.1.2020.12-20>
- Ma'arif N. L, Hidayah Z. 2020. Kajian Pola Arus Permukaan Dan Sebaran Konsentrasi Total Suspended Solid (Tss) Di Pesisir Pantai Kenjeran Surabaya. *Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(3), 417–426.
<https://doi.org/10.21107/jjuvenil.v1i3.8842>
- Matatula J, Poedjirahajoe E, Pudyatmoko S, Sadono R. 2019. Spatial Distribution Of Salinity, Mud Thickness And Slope Along Mangrove Ecosystem Of The Coast Of Kupang District, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(6). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200619>
- Peraturan Pemerintah RI. 2021. Undang-undang Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In Sekretariat Negara Republik Indonesia.
<http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id>
- Petra J. L, Sastrawibawa S, Riyantini I. 2012. Pengaruh kerapatan mangrove terhadap laju sedimen transpor di pantai Karangsong Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 3(3), 329–337.
<http://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/1457>
- Poedjirahajoe E, Marsono D, Sastrosumarto S, Dradjat D. M. 2011. Klasifikasi Habitat Mangrove Berdasarkan Kemiringan, Ketebalan Lumpur dan Salinitas di Kawasan Rehabilitasi Pantai Utara Jawa Tengah. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 16(1), 56–62. <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/biota/article/view/59>
- Putnam L, Gambrell R, Rusch K. 2010. CBOD5 treatment using the marshland upwelling system. *Ecological Engineering*, 36(4), 548–559. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857409003486>
- Ramdani D, Liviawaty E, Ihsan Y. 2015. Pengaruh perbedaan struktur komunitas mangrove terhadap konsentrasi N dan P di perairan hutan sancang garut. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 6(2).
<http://journal.unpad.ac.id/jpk/article/view/8774>
- Ridwan M, Suryono, Azizah R. 2018. Studi Kandungan Nutrien pada Ekosistem Mangrove Perairan Muara Sungai Kawasan Pesisir Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(4), 283–292.
- Rigitta A, Mira T, Maslukah L, Yusuf M. 2015. Sebaran Fosfat dan Nitrat di Perairan Morodemak, Kabupaten Demak. *Journal of Oceanography*, 4(2), 415–422.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joce/article/view/8387>
- Samsumarlin S, Rachman I, Toknok B. 2015. Studi zonasi vegetasi mangrove muara di desa umbele kecamatan bumi raya kabupaten morowali sulawesi tengah. *Jurnal Warta Rimba*, 3(2), 148–154.
<http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/WartaRimba/article/view/6362>
- Schaduw J. 2018. Distribusi dan karakteristik kualitas perairan ekosistem mangrove pulau kecil Taman Nasional

- Bunaken. *Majalah Geografi*, 32(1), 40–49. <https://doi.org/10.22146/mgi.32204>
- Simanjuntak N, Rifardi R. 2020. Hubungan Karakteristik Sedimen dan Bahan Organik Sedimen dengan Kelimpahan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanjung Balai Asahan Provinsi. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 25(1), 6–17. <https://jpk.ejournal.unri.ac.id/index.php/JPK/article/view/6711>
- Simbolon, A. R. 2016. Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. *Jurnal Pro-Life*, 3(2), 109-118.
- Syawal, M. S., Wardiatno, Y., & Hariyadi, S. 2016. Pengaruh Aktivitas Antropogenik Terhadap Kualitas Air, Sedimen dan Moluska di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Tropis*. 16(1), 1-14
- Ulqodry T. Z, Bengen D. G, Richardus D, Kaswadji F. 2010. Karakteristik perairan mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan berdasarkan sebaran parameter lingkungan perairan dengan menggunakan analisis komponen. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 1(1), 16–21. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/maspari/article/view/1039>
- Wantasen A. 2013. Kondisi kualitas perairan dan substrat dasar sebagai faktor pendukung aktivitas pertumbuhan mangrove di pantai pesisir Desa Basaan I, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(4), 204–209. <https://pdfs.semanticscholar.org/a023/d963247a40e3ef6747ccbe9dd5cc925160da.pdf>
- Wu Y, Chung A, Tam N, Pi N, Wong M. 2008. Constructed mangrove wetland as secondary treatment system for municipal wastewater. *Ecological Engineering*, 34(2), 137–146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585740800147X>