



Hubungan Kepadatan Jenis Lamun dengan Emisi CO₂ di Perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah

(*The Relationship between Seagrass Density and CO₂ Emissions in Negeri Waai Waters, Salahutu District, Central Maluku Regency*)

More Siahaya^{1,*}, Charlothia I. Tupan², Rahman Rahman³

Received: 3 11 2023 / Accepted: 20 12 2023

ABSTRAK

Masyarakat pesisir menghasilkan limbah domestik anorganik maupun organik. Limbah tersebut sebagian tertahan dan terendapkan pada ekosistem lamun dan terdekomposisi yang menyebabkan pelepasan gas CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis emisi CO₂ pada beberapa jenis lamun dan hubungan kepadatan lamun dengan emisi gas CO₂ yang ada di pesisir Negeri Waai, Kabupaten Maluku Tengah. Metode penelitian menggunakan sungkup silinder dan analisis emisi gas mengacu pada hasil analisa kromatografi gas (GC-MS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO₂ terbesar pada stasiun I ditemukan pada spesies *C. rotundata* yaitu 55.91 mg/m²/jam dan yang terendah pada spesies *E. acoroides* yaitu 5.51 mg/m²/jam. Sementara pada stasiun II dan III, emisi terbesar ditemukan pada spesies *T. hemprichii* dengan nilai masing – masing sebesar 66.68 mg/m²/jam dan 33.57 mg/m²/jam. Sementara itu, hubungan kepadatan lamun jenis *E. acoroides* terhadap emisi CO₂ diformulasikan dengan $y = 11,318x - 8,3343$ dan tingkat korelasi sangat kuat ($r = 0,93$). Hal yang serupa terlihat pada lamun jenis *C. rotundata* dan *T. hemprichii* dengan persamaan regresi linier masing – masing $y = 14,284x + 10,751$ ($r = 0,9629$) dan $y = 19,085x$ ($r = 0,96$). Hal tersebut menunjukkan semakin padat lamun, maka semakin banyak bahan organik yang dapat didekomposisi untuk pembentukan emisi CO₂. Selain itu, emisi yang tinggi juga dapat dipengaruhi oleh epifit mikroalga yang melakukan respirasi sehingga memicu peningkatan emisi CO₂ di atmosfer

Kata Kunci: Emisi gas CO₂, ekosistem lamun, korelasi, perubahan iklim

ABSTRACT

Coastal communities produce both inorganic and organic domestic waste. The waste is partially retained and deposited in seagrass ecosystems and decomposed, which causes the release of CO₂ gas. This study aims to analyze the CO₂ gas emission in various seagrass species and the relationship between seagrass density with CO₂ gas emissions on the coast of Negeri Waai, Central Maluku Regency. The research method using a cylinder chamber and gas emission analysis refers to the results of gas chromatography analysis (GC-MS). The results showed that the largest CO₂ emission at station I was found in *C. rotundata* species at 55.91 mg/m²/hour and the lowest in *E. acoroides* species at 5.51 mg/m²/hour. While at stations II and III, the largest emissions were found in *T. hemprichii* species with values of 66.68 mg m²/hour and 33.57 mg/m²/hour, respectively. Meanwhile, the relationship of seagrass density of *E. acoroides* to CO₂ emissions was formulated with $y = 11.318x - 8.3343$, and the level of correlation was very strong ($r = 0.93$). The same thing was seen in seagrasses *C. rotundata* and *T. hemprichii* with linear regression equations, respectively $y = 14.284x + 10.751$ ($r = 0.9629$) and $y = 19.085x$ ($r = 0.96$). It shows that the denser the seagrass, the more organic matter can be decomposed for the formation of CO₂ emissions. In addition, high emissions can also be influenced by microalgae epiphytes that respire, triggering an increase in CO₂ emissions in the atmosphere.

Keywords: CO₂ gas emissions, seagrass ecosystems, correlation, climate change.

PENDAHULUAN

Pemanasan global telah mengakibatkan perubahan iklim yang berdampak pada berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk aspek perikanan (Badjeck *et al.* 2010; Shawket *et al.* 2019). Kondisi ini ditandai dengan meningkatnya frekuensi hujan dengan intensitas sangat tinggi, ketidakpastian musim hujan dan musim kemarau,

kenaikan muka air laut yang mengancam wilayah pesisir, serta munculnya berbagai bencana yang diakibatkan oleh iklim. Brander (2010) dan Wang *et al.* (2016) melaporkan bahwa perubahan iklim menyebabkan kenaikan suhu perairan, salinitas, oksigen, kecepatan angin, gelombang dan kenaikan muka laut. Perubahan tersebut secara signifikan mempengaruhi kondisi ekologi yang memicu

*Corresponding author

✉ More Siahaya
moresiahaya1704@gmail.com

¹Program Studi Magister Ilmu Kelautan, Program Pascasarjana Universitas Pattimura Ambon.

²Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura, Ambon

³Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura, Ambon

penurunan jasa ekosistem di laut maupun di perairan tawar (Cheung *et al.* 2009; Drinkwater *et al.* 2009). Akibatnya, produksi perikanan dan mata pencaharian masyarakat mengalami penurunan sehingga berdampak pada tingkat kesejahteraan masyarakat (Jones 2013; Asch *et al.* 2018).

Perubahan iklim dapat dipicu oleh meningkatnya gas rumah kaca di atmosfer. Gas rumah kaca utama yang menjadi kontributor pemicu perubahan iklim adalah gas karbon yang terdiri dari CO₂ dan CH₄ (IPCC 2001). Emisi gas karbon tidak hanya dihasilkan dari aktivitas manusia seperti pembakaran dan penggunaan minyak bumi. Namun juga dihasilkan dari proses alamiah seperti degradasi limbah organik yang terjadi di kawasan ekosistem pesisir dan laut. Riset terkait emisi dan potensi pemanasan global telah banyak dilakukan di berbagai ekosistem seperti rawa gambut, mangrove, kawasan persawahan, dan hutan hujan tropis. Besaran emisi karbon yang diperoleh cenderung bervariasi dengan kisaran 0,0003 – 347 mg/m²/jam (Lovelock *et al.* 2011; Dutta *et al.* 2013).

Masyarakat pesisir yang membangun pemukiman kawasan wilayah pesisir akan menghasilkan limbah domestik anorganik maupun organik. Limbah tersebut tertahan dan terendapkan pada dasar perairan atau sedimen dan mengalami penguraian yang memicu pelepasan gas karbon. Salah satu ekosistem pesisir yang berperan dalam menahan dan mengendapkan bahan organik adalah ekosistem lamun. Morfologi lamun dan tingkat kerapatan yang berbeda akan mempengaruhi

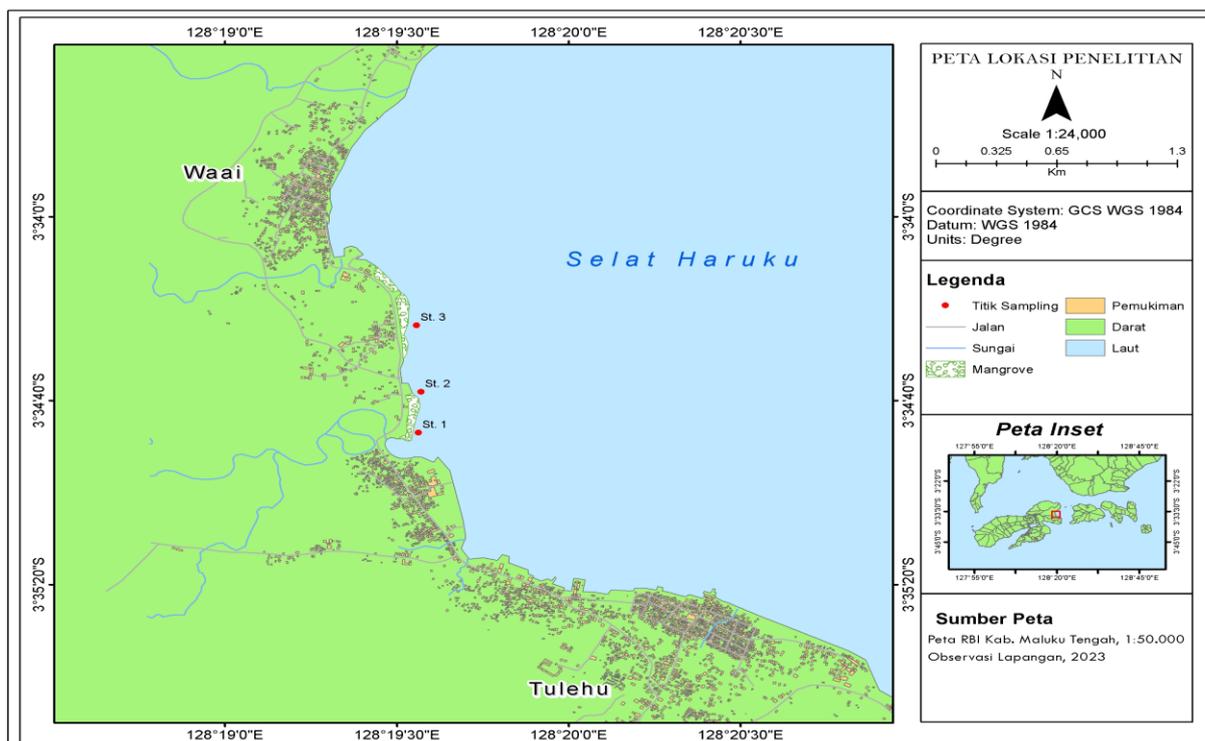
tingkat akumulasi bahan organik (Lyimo dan Hamisi, 2023). Akibatnya, emisi gas rumah kaca seperti CO₂ pun akan berbeda. Sayangnya, informasi mengenai nilai emisi gas rumah kaca pada masing – masing spesies lamun belum terpublikasi hingga saat ini. Hal ini menunjukkan riset mengenai hal tersebut masih jarang dilakukan baik pada skala internasional terlebih lagi pada skala nasional.

Salah satu habitat perairan yang menjadi habitat ekosistem lamun adalah pesisir Negeri Waai, Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. Ekosistem ini mendapatkan input bahan organik dari limbah domestik (Yuzhirah 2023) sehingga memiliki kesesuaian dalam proses pelepasan gas CO₂. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini perlu untuk dilakukan dalam upaya menganalisis emisi gas CO₂ pada masing – masing spesies lamun di perairan Negeri Waai termasuk hubungan antara kepadatan lamun dengan emisi gas CO₂.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan bulan Juli sampai dengan Agustus 2023. Riset dilakukan pada area ekosistem yang terletak di perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. Stasiun penelitian dibagi menjadi tiga dengan interval secara horizontal (sejajar garis pantai) adalah 50 m dan secara vertikal (ke arah laut) adalah 10 m (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian pada kawasan ekosistem lamun di perairan Negeri Waai

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sungkup silinder, syringe, botol vial, spoit, GPS, dan software analisis statistik seperti SPSS atau lainnya yang relevan (Tabel 1). Sungkup yang digunakan dibuat dari galon bervolume 19–20 L dan diameter alas 28 cm yang bagian bawahnya dipotong untuk area perangkat sedimen sehingga volume tersisa 17 L (Gambar 2).

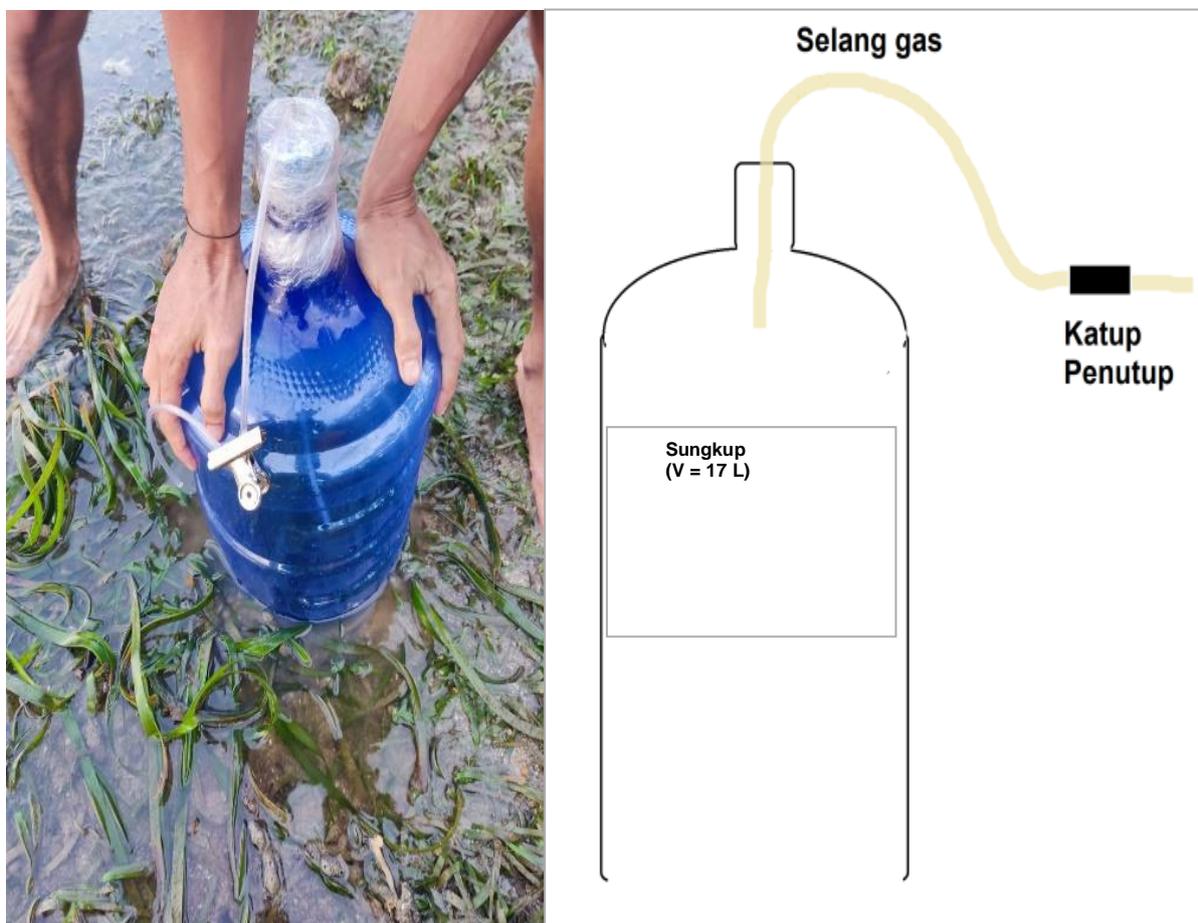
Metode Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian meliputi data jenis dan kerapatan lamun yang disampling menggunakan transek kuadrat (50 x 50 cm) serta sampel gas CO₂. Sampel gas diambil dengan meletakkan sungkup secara horizontal dan vertikal

dengan mengacu pada perbedaan jenis lamun. Pada tiap spesies lamun diambil gas pada tipe kerapatan berbeda dengan tujuan untuk mengetahui hubungan kepadatan dengan emisi gas CO₂ pada masing – masing spesies lamun. Masing – masing stasiun terdiri dari 3 titik peletakan sungkup dengan jarak antar titik adalah 10 meter secara vertikal. Sungkup diletakkan pada tiap titik selama 120 detik dengan pengambilan gas sebanyak 5 kali dengan interval 30 detik yaitu pada saat $t = 0s$; 30s; 60s; 90s; dan 120s (Lin *et al.* 2020; Nazareth & Gonzalves, 2022). Gas yang telah diambil selanjutnya dimasukkan dalam botol volume 10 ml (Rahman *et al.* 2018; Rahman *et al.* 2020) dan selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk analisa konsentrasi gas karbon.

Tabel 1. Bahan dan alat riset

No	Nama alat/bahan	Kegunaan
1	Sungkup silinder (volume 17 L)	Perangkap gas karbon (Gambar 2)
2	Selang syringe	Mengambil gas pada sungkup
3	Spoit (100 ml)	Mengambil gas melalui syringe
4	Botol kaca kedap udara (10 ml)	Menyimpan gas karbon
5	Kromatografi Gas	Mengukur konsentrasi gas karbon
6	GPS	Menentukan titik koordinat
7	Software Excel, SPSS, lainnya	Menganalisis hasil penelitian



Gambar 2. Desain sungkup pengambilan gas karbon

Analisis Data

Kepadatan Lamun

Analisa kepadatan jenis lamun dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$K\left(\frac{\text{ind}}{\text{m}^2}\right) = \frac{\text{jumlah individu (ni)}}{\text{luas transek (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots(1)$$

Emisi Gas CO₂

Analisis gas CO₂ dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui nilai konsentrasinya. Konsentrasi CO₂ dianalisis dengan metode kromatografi gas. Pada analisis konsentrasi gas CO₂, sebanyak 2 ml gas dialirkan melalui thermal conductivity detector (TCD) selama 5 menit dengan 3 kali pengulangan. Sedangkan pada analisis gas CH₄, sebanyak 3 ml gas dialirkan melalui flame ionization detector (FID) selama 2 menit dengan 3 kali pengulangan. Pengukuran konsentrasi gas karbon dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Kabupaten Pati – Jawa Tengah.

Setelah konsentrasi gas diketahui, selanjutnya nilai emisi karbon dianalisis dengan menggunakan persamaan dari Rahman *et al.* (2020c; 2023). Nilai tersebut diperoleh berdasarkan nilai konsentrasi gas karbon dari hasil analisis GC-MS.

$$F = \left| \frac{S \cdot V \cdot t \cdot mW}{(RT \cdot A)} \right| \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

F: fluks gas karbon (µg/m²/jam atau mg/m²/jam),

S: slope regresi dari konsentrasi gas karbon yang diukur setiap 30 detik (ppm/detik),

V: volume sungkup (L),

A: luas area yang tertutup oleh sungkup (m²),

R: tetapan gas ideal = 0,082 L.atm/K/mol

T: temperature dalam sungkup atau suhu udara (K),

t: tetapan transformasi waktu = (1 jam/interval waktu pengambilan sampel gas),

mW: massa atom relatif C (CO₂ = 44 g/mol dan CH₄ = 16 g/mol).

Hubungan Kepadatan Jenis Lamun dengan Emisi CO₂

Analisis hubungan kepadatan jenis lamun dengan emisi CO₂ dilakukan dengan pendekatan regresi linier sederhana dimana kepadatan variabel bebas (X) dan emisi CO₂ sebagai variabel terikat (Y). Hubungan antara variabel X dan Y dinyatakan kuat bila memiliki nilai koefisien korelasi (r) lebih besar dari 0.8 (Sugiyono, 2007). Analisa regresi dilakukan dengan analisis statistik pada *software microsoft Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis dan Kepadatan Lamun

Terdapat tiga spesies lamun dominan yang ditemukan pada masing – masing stasiun yaitu *Enhalus acoroides*, dan *Cymodocea rotundata*. Spesies *Thalassia hemprichii* hanya ditemukan

pada stasiun II dan III. Kepadatan spesies lamun tertinggi pada tiap stasiun adalah *C. rotundata* yaitu 42.5 ind/m² pada stasiun I, 45 ind/m² pada stasiun II, dan 45.5 ind/m² pada stasiun III. Kepadatan total terbesar ditemukan pada stasiun III yaitu 27.17 ind/m² dan terendah adalah stasiun I yaitu 18.67 ind/m² (Tabel 2).

Rendahnya kepadatan lamun pada stasiun I disebabkan oleh tidak ditemukannya spesies *T. hemprichii* pada tiap kuadran pengamatan yang diletakkan di stasiun I. Kami berasumsi bahwa ketiadaan spesies tersebut di stasiun I dipengaruhi oleh jenis substrat. Pada stasiun I substrat didominasi oleh pasir berlumpur yang kurang sesuai untuk kehidupan lamun jenis *T. hemprichii* (Tupan *et al.* 2021). Temuan ini sejalan dengan laporan Kuo dan Hartog (2010) yang menemukan bahwa lamun jenis *T. hemprichii* dominan bahkan membentuk komunitas monospesifik pada substrat berpasir kasar. Tipe substrat berpasir kasar hanya ditemukan pada stasiun II dan III sehingga hal inilah yang menjadi faktor ditemukannya *T. hemprichii* pada kedua stasiun tersebut meskipun kerapatannya tak sebanding dengan *C. rotundata*.

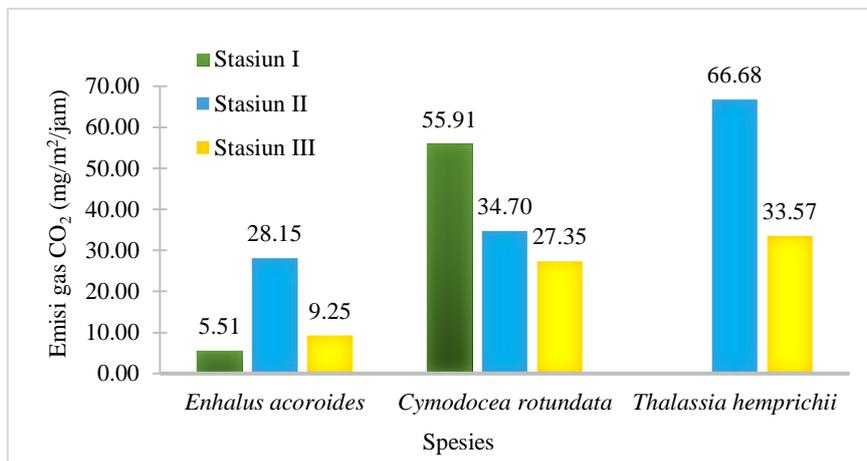
Tabel 2. Kepadatan jenis lamun pada masing–masing stasiun di perairan Negeri Waai

Spesies	Kepadatan (ind/m ²)		
	Stasiun I	II	III
<i>E. acoroides</i>	11	13.50	14
<i>C. rotundata</i>	42.5	45	45.5
<i>T. hemprichii</i>	0	21	22.5
Total	18.67	25.83	27.17

Emisi CO₂

Emisi CO₂ terbesar pada stasiun I ditemukan pada spesies *C. rotundata* yaitu 55.91 mg/m²/jam dan yang terendah pada spesies *E. acoroides* yaitu 5.51 mg/m²/jam. Sementara pada stasiun II dan III, emisi terbesar ditemukan pada spesies *T. hemprichii* dengan nilai masing – masing sebesar 66.68 mg/m²/jam dan 33.57 mg/m²/jam (Gambar 3).

Tingginya emisi CO₂ pada spesies *T. hemprichii* dan *C. rotundata* menunjukkan adanya akumulasi dan penguraian bahan organik yang tinggi pada masing – masing area spesies lamun. Selain itu, hal ini juga dapat disebabkan oleh substrat yang menjadi tempat hidup dan proses terjadinya penguraian bahan organik. Substrat pada spesies *T. hemprichii* cenderung berpasir dan memiliki porositas yang tinggi. Hal ini memungkinkan terjadinya pelepasan gas yang lebih mudah dibandingkan substrat pasir berlumpur. Temuan ini sejalan dengan laporan dan Dhandi (2023) yang menemukan bahwa emisi gas



Gambar 3. Emisi CO₂ spesies lamun berdasarkan stasiun

CO₂ pada sedimen berpasir cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen berlumpur. Hal sebaliknya dilaporkan oleh Kesaulya *et al.* (2023) yang menemukan emisi CO₂ pada sedimen lumpur berpasir yang lebih tinggi dibandingkan emisi pada tipe sedimen pasir. Kami berasumsi hal ini disebabkan oleh perbedaan bahan organik yang tidak terdistribusi merata pada seluruh area penelitian khususnya antara sedimen berlumpur dan berpasir. Rahman *et al.* (2018) melaporkan bahwa emisi gas rumah kaca dipengaruhi oleh input bahan organik, semakin tinggi bahan organik maka semakin banyak gas yang dihasilkan akibat proses dekomposisi oleh mikroorganisme, demikian pula sebaliknya. Kisaran emisi gas CO₂ pada sedimen ekosistem lamun antara 5,51 – 66,68 mg/m²/jam, relatif lebih rendah dibandingkan dengan emisi pada sedimen ekosistem mangrove dengan kisaran nilai antara 13,01 – 136,99 mg/m²/jam (Kesaulya *et al.* 2023). Temuan ini juga sejalan dengan laporan Krisye *et al.* (2023) yang menemukan bahwa emisi CO₂ di kawasan ekosistem lamun Teluk Ambon Dalam yaitu 7.66 mg/m²/jam pada spesies *T. hemprichii* dan 26.37 mg/m²/jam pada spesies *C. rotundata*. Kami berasumsi bahwa input bahan organik dari limbah domestik sebagian besar tertahan di kawasan ekosistem mangrove dibandingkan ekosistem lamun. Asumsi lain adalah adanya produksi serasah mangrove yang tinggi dan terakumulasi pada sedimen mangrove.

Hubungan Kepadatan dan Emisi CO₂

Emisi CO₂ secara signifikan dipengaruhi oleh kepadatan lamun. Hal ini terlihat pada semua spesies lamun yang ditemukan di perairan Negeri Waai. Hubungan kepadatan lamun jenis *E. acoroides* terhadap emisi CO₂ diformulasikan dengan $y = 11,318x - 8,3343$. Tingkat hubungan tersebut sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi ($r = 0,93$) (Gambar 4). Hal yang serupa terlihat

pada lamun jenis *C. rotundata* dan *T. hemprichii* dengan persamaan regresi linier masing – masing $y = 14,284x + 10,751$ ($r = 0,9629$) (Gambar 5), dan $y = 19,085x$ ($r = 0,96$) (Gambar 6).

Berdasarkan persamaan tersebut, kami berasumsi bahwa korelasi yang kuat antara kepadatan lamun dan emisi CO₂ dipengaruhi tingginya oleh bahan organik pada tiap kepadatan lamun. Artinya bahwa semakin padat lamun, maka semakin banyak bahan organik yang dapat didekomposisi untuk pembentukan emisi CO₂. Selain itu, kepadatan lamun yang mempengaruhi emisi CO₂ juga dapat dipengaruhi oleh respirasi epifit yang menempel pada daun lamun. Hulopi (2016) melaporkan bahwa mikroalga epifit banyak ditemukan menempel pada daun lamun yang ada di kawasan perairan Negeri Waai. Jenis epifit dominan adalah *Nitzschia* yang ditemukan menempel pada pangkal dan ujung daun *E. acoroides* (Hulopi 2016).

Mikroalga epifit juga ditemukan melimpah pada lamun jenis *C. rotundata* dan *T. hemprichii*. Samosir *et al.* (2022) melaporkan bahwa jumpah epifit mikroalga yang menempel pada daun lamun *T. hemprichii* berkisar antara 17.982 – 34.057 sel/cm², sedangkan yang menempel pada lamun *C. rotundata* berkisar antara 8.147 – 11.988 sel/cm². Kelimpahan epifit mikroalga berkaitan dan respirasinya mempengaruhi peningkatan emisi CO₂ saat dilakukan pengambilan gas dari dalam sungkup. Hubungan kepadatan lamun dengan emisi gas CO₂ mungkin akan berbeda dengan hubungan terhadap emisi gas rumah kaca lainnya seperti CH₄ dan N₂O. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait hal tersebut.

KESIMPULAN

Emisi CO₂ terbesar pada stasiun I ditemukan pada spesies *C. rotundata* yaitu 55.91 mg/m²/jam dan yang terendah pada spesies *E. acoroides* yaitu 5.51 mg/m²/jam. Sementara pada stasiun II dan III,

emisi terbesar ditemukan pada spesies *T. hemprichii* dengan nilai masing – masing sebesar 66.68 mg/m²/jam dan 33.57 mg/m²/jam. Sementara itu, hubungan kepadatan lamun jenis *E. acoroides* terhadap emisi CO₂ diformulasikan dengan $y = 11,318x - 8,3343$ dan tingkat korelasi sangat kuat ($r = 0,93$). Hal yang serupa terlihat pada lamun jenis *C. rotundata* dan *T. hemprichii* dengan persamaan regresi linier masing – masing $y = 14,284x + 10,751$ ($r = 0,9629$) dan $y = 19,085x$ ($r = 0,96$). Hal tersebut menunjukkan semakin padat lamun, maka semakin banyak bahan organik yang dapat didekomposisi untuk pembentukan emisi CO₂. Selain itu, emisi yang tinggi juga dapat dipengaruhi oleh epifit mikroalga yang melakukan respirasi sehingga memicu peningkatan emisi CO₂ di atmosfer.

DAFTAR PUSTAKA

- Asch RG, Cheung WWL, Reygondeau G. 2018. Future marine ecosystem drivers, biodiversity, and fisheries maximum catch potential in Pacific Island countries and territories under climate change. *Marine Policy*, 88: 285 – 294. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.015>
- Badjeck MC, Allison EH, Halls AS, Dulvy NK. 2010. Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Mar Pol*, 2010(34): 375 – 83.
- Brander K. 2010. Impacts of climate change on fisheries. *J Mar Sys*, 79: 389 – 402.
- Cheung WWL, Lam VWY, Sarmiento JL, Kearney K, Watson R, Pauly D. 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenario. *Fish and Fisheries*, DOI 10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x.
- Dhandi. 2023. Variasi gas karbondioksida (CO₂) pada sedimen ekosistem mangrove desa Nania, Kota Ambon. [Skripsi]. Ambon. Universitas Pattimura. 57p.
- Drinkwater KF, Beaugrand G, Kaeriyama M, Kid S, Ottersen G, Perry RI, Pörtner HO, Polovina JJ, Takasuka A. 2010. On the processes linking climate to ecosystem changes. *Journal of Marine Systems*, 79(3): 374-388.
- Dutta MK, Chowdhury C, Jana TK, Mukhopadhyay SK. 2013. Dynamics and exchange fluxes of methane in the estuarine mangrove environment of the Sundarbans, NE coast of India. *Atmos Environ*, 77: 631 – 39.
- Hulopi M. 2016. Komposisi dan kelimpahan mikoralga epifit pada daun lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Negeri Waai Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Triton*, 12(1): 73 – 79.
- [IPCC] International Governmental on Climate Change. Climate Change. 2001. The Intergovernmental Panel on climate change on the scientific basis. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Jones PD. 2013. Greenhouse effect and climate data. *Reference Mod Earth Syst Environ Sci*, 1 – 17.
- Kesaulya I, Rahman, Haumahu S, Krisye. 2023. Global warming potential of Carbon dioxide and Methane emissions from mangrove sediment in Waiheru Coastal, Ambon Bay. *IOP Conf. Ser: Earth Environ, Sci*. 1207. 012030.
- Krisye K, Fendjalang SNN, Rahman R. 2023. Concentration and CO₂ Emissions in seagrass ecosystem Inner Ambon Bay. *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 16(2), 57-62.
- Kuo J, Hartog D. 2010. Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure. Springer, 3: 51-67.
- Lin CW, Kao YC, Chou MC, Wu HH, Ho CW, Lin HJ. 2020. Methane emissions from subtropical and tropical mangrove ecosystems in Taiwan. *Forests*, 11 (470): doi:10.3390/f11040470
- Lovelock CE, Ruess RW, Feller IC. 2011. CO₂ efflux from cleared mangrove peat. *PLoS ONE*, 6(6), e21279.
- Lyimo LD, Hamisi MI. 2023. The influence of seagrass and its associated sediment on organic carbon storage: A case of *Halodule uninervis* and *Syringodium isoetifolium* meadows of Western India Ocean, Tanzania. *Marine Environmental Research*, 183, 105836.
- Nazareth DR, Gonzalves MJ. 2022. Influence of seasonal and environmental variables on the emission of methane from the mangrove sediments of Goa. *Environ Monit Assess*, 194:249. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-02109734-3>
- Rahman, Yulianda F, Rusmana I, Wardiatno Y. 2018. Fluxes of greenhouse gases CO₂, CH₄ and N₂O from mangrove soil in Tallo River, Makassar. *J Trop Biol*, 18: 149 – 58.
- Rahman, Wardiatno Y, Yulianda F, Rusmana I. 2020. Seasonal fluxes of CO₂, CH₄ and N₂O greenhouse gases in various mangrove species on the coast of West Muna Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Plant Archives*, 20(2): 4301 – 4311.
- Rahman, Wardiatno Y, Yulianda F, Lokollo FF, Rusmana I. 2023. Emissions and potential of global warming of N₂O gas of mangrove litter degradation on the West Muna Regency

- Coast. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 17(2): 127 – 134.
- Samosir DE, Pramesti R, Soenardjo N. 2022. Kelimpahan mikroalga daun lamun *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata* di Pulau Sintok Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 11 (2): 284 – 294.
- Shawket N, Elmadhi Y, Kharrim KE, Belghyti D. 2019. Impacts of climate change on fish performance. *J Entomol Zoo Stud*, 7: 343 – 49.
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung. Penerbit Alfabeta
- Wang H, Zhou S, Li X, Liu H, Chi D, Xu K. 2016. The influence of climate change and human activities on ecosystem service value. *Ecol Engin*, 87: 224 – 39.
- Yuzhirah. 2010. *Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) pada lamun (Halophila ovalis) di perairan Waai, Ambon*. [Skripsi]. Makassar. UIN Alaudin Makassar. 88p.