

STUDI REMINERALISASI BAHAN ORGANIK DAN PENGARUHNYA TERHADAP DINAMIKA KEASAMAN AIR LAUT DI TELUK JAKARTA

CAMELLIA KUSUMA TITO



PROGRAM DOKTOR ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Studi Remineralisasi Bahan Organik dan Pengaruhnya terhadap Dinamika Keasaman Air Laut di Teluk Jakarta” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Camellia Kusuma Tito
C5601212015



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

CAMELLIA KUSUMA TITO. Studi Remineralisasi Bahan Organik dan Pengaruhnya terhadap Dinamika Keasaman Air Laut di Teluk Jakarta. Dibimbing oleh DIETRICH GEOFFREY BENGEN, TRI PRARTONO, ARIO DAMAR dan A'AN JOHAN WAHYUDI.

Proses remineralisasi bahan organik menghasilkan bahan anorganik dan karbon dioksida (CO_2), yang selanjutnya dapat meningkatkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dan menurunkan tingkat keasaman (pH), yang dikenal sebagai pengasaman laut. Hal ini secara langsung dapat memengaruhi organisme yang membutuhkan kalsium karbonat dalam pertumbuhannya dan secara tidak langsung akan direspon berbeda oleh tiap spesies, yang berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem pesisir. Dampak proses remineralisasi bahan organik terhadap dinamika keasaman perairan Teluk Jakarta, masih belum diketahui. Teluk Jakarta menghadapi berbagai permasalahan lingkungan akibat pencemaran nutrisi dan bahan organik. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kerentanan ekosistem pesisir dan selanjutnya memiliki konsekuensi terhadap jasa ekosistem pesisir. Penelitian ini bertujuan: 1) mengkaji variabilitas spasial dan temporal bahan organik; 2) menganalisis laju remineralisasi dan potensi dampak proses remineralisasi terhadap dinamika keasaman perairan; dan 3) mengkaji variabilitas spasial dan temporal sistem karbonat di Teluk Jakarta.

Analisis bahan organik dilakukan dengan menggunakan data karbon organik partikulat/*particulate organic carbon* (POC) dari *moderate-resolution imaging spectroradiometer* (MODIS) *Aqua satellite* selama rentang waktu Mei 2011 hingga Agustus 2023. Analisis laju remineralisasi dilakukan di laboratorium dengan eksperimen inkubasi tertutup selama 30 hari. Analisis sistem karbonat dengan menggunakan data pH yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Pengambilan contoh air laut dan pengukuran *in situ* dilakukan di perairan Teluk Jakarta pada bulan Januari dan Agustus 2023. Parameter yang diukur meliputi parameter sistem karbonat laut yaitu pH, alkalinitas total/*total alkalinity* (TA), karbon anorganik terlarut/*dissolved inorganic carbon* (DIC), dan tekanan parsial CO_2 ($p\text{CO}_2$); parameter fisika, kimia, dan biologi yaitu suhu, salinitas, oksigen terlarut/*dissolved oxygen* (DO), fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), silikat (SiO_2), produktivitas primer (PP), klorofil-a (Chl-a), karbon organik total (TOC), rasio karbon/nitrogen (C/N), kebutuhan oksigen sedimen/*sediment oxygen demand* (SOD), dan laju remineralisasi. Pengukuran *in situ* untuk parameter pH, suhu, dan salinitas dengan *Horiba Multi-parameter Water Quality Meters U-52G*, parameter DO dan PP dengan metode *Winkler*. Pengukuran pH di laboratorium secara spektrofotometri menggunakan indikator pewarna *m-cresol purple* (mCP). Parameter DIC diukur dengan *Apollo SciTech Model AS-C5 DIC Analyzer* dan TA diukur dengan *Apollo SciTech Model AS-ALK2 Total Alkalinity Titrator*. Parameter $p\text{CO}_2$ dihitung dengan menggunakan program CO2SYS. Parameter $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, SiO_2 dan Chl-a dianalisis secara spektrofotometri, parameter TOC diukur dengan *Elementar Vario TOC Select*, dan rasio C/N dengan LECO CHN 628.

Analisis distribusi spasial menunjukkan bahwa konsentrasi POC tertinggi terukur di perairan yang lebih dekat ke daratan dan semakin menurun ke arah teluk bagian luar. Tingginya konsentrasi POC dipengaruhi oleh input air tawar dari



daratan yang membawa bahan organik dan nutrisi melalui aliran sungai. Input dari daratan ini dipengaruhi oleh monsun yang menyebabkan terjadinya musim hujan dan musim kemarau di wilayah perairan Indonesia. Analisis distribusi temporal menunjukkan bahwa konsentrasi POC tertinggi terukur pada monsun barat laut, meskipun konsentrasi POC yang tinggi juga teramati pada monsun tenggara, dan terendah pada monsun peralihan II. Pada monsun barat laut (musim hujan), tingginya input nutrisi dan bahan organik terestrial memicu peningkatan aktivitas biologis, yang mengarah pada peningkatan produktivitas perairan dan produksi karbon organik melalui proses fotosintesis. Sementara pada monsun tenggara (musim kemarau), rendahnya curah hujan yang memengaruhi berkurangnya input nutrisi dan bahan organik terestrial, disertai dengan peningkatan paparan sinar matahari dan suhu perairan yang dapat mendorong produktivitas perairan dan memengaruhi intensifikasi konsentrasi POC. Secara umum, variabilitas POC di Teluk Jakarta dipengaruhi oleh produktivitas perairan dan proses fisik yang digerakkan oleh angin monsun, yang menyebabkan variabilitas intensitas curah hujan pada monsun barat laut dan monsun tenggara.

Hasil pengukuran SOD dan laju remineralisasi di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa variabilitas spasial SOD di Teluk Jakarta kemungkinan dipengaruhi oleh reaktivitas karbon organik yang sebagian besar terdiri atas karbon organik labil yang termineralisasi pada antarmuka sedimen-air. Laju remineralisasi tertinggi terukur pada contoh dari muara sungai, menunjukkan tingginya karbon organik yang termineralisasi. Pada pengukuran contoh dari teluk bagian dalam, rendahnya laju remineralisasi seiring dengan tingginya konsentrasi TOC yang terukur, diasumsikan bahwa intensitas proses fotosintesis lebih tinggi daripada proses remineralisasi karbon organik. Rendahnya laju remineralisasi dan TOC yang terukur pada contoh dari teluk bagian luar menunjukkan rendahnya proses biogeokimia terjadi di area ini. Hasil analisis selanjutnya menunjukkan bahwa estimasi kontribusi penurunan DO terhadap pH air dan pH sedimen yang tertinggi terukur pada contoh dari stasiun muara sungai dan semakin menurun pada contoh dari stasiun teluk bagian dalam dan luar.

Dari hasil analisis data pH selama 13 tahun menunjukkan adanya peningkatan nilai pH di Teluk Jakarta. Distribusi spasial menunjukkan adanya peningkatan nilai pH dari muara sungai ke teluk bagian luar, sedangkan $p\text{CO}_2$, TA, dan DIC semakin menurun dengan bertambahnya jarak dari daratan. Analisis variabilitas temporal menunjukkan bahwa pH dan TA terendah serta $p\text{CO}_2$ dan DIC tertinggi terukur pada monsun tenggara. Peningkatan pH selama 13 tahun dan variabilitas spasial dan temporal parameter karbonat dipengaruhi oleh input daratan yang membawa bahan organik dan nutrisi melalui aliran sungai. Hasil proses metabolisme bahan organik dan nutrisi oleh organisme perairan dapat memengaruhi keseimbangan sistem karbonat perairan. Input nutrisi dan bahan organik dipengaruhi oleh proses fisik yang digerakkan oleh angin monsun, yang menyebabkan variabilitas intensitas curah hujan pada monsun barat laut dan monsun tenggara. Secara umum, produktivitas perairan dan proses fisik memengaruhi variabilitas parameter sistem karbonat di Teluk Jakarta.

Kata kunci: bahan organik, dinamika keasaman, remineralisasi, sistem karbonat, Teluk Jakarta

SUMMARY

CAMELLIA KUSUMA TITO. Study on Organic Matter Remineralization and its Impact on Seawater Acidification Dynamics in Jakarta Bay. Supervised by DIETRICH GEOFFREY BENGEN, TRI PRARTONO, ARIO DAMAR and A'AN JOHAN WAHYUDI

The remineralization of organic matter produces inorganic matter and carbon dioxide (CO₂), which subsequently increase hydrogen ion (H⁺) concentrations and lower potential of hydrogen (pH), a phenomenon known as ocean acidification. This process can directly impact marine organisms that require calcium carbonate for their growth, while indirectly eliciting varied responses from different species, potentially disrupting the balance of coastal ecosystems. However, the impact of organic matter remineralization on the acidification dynamics of Jakarta Bay remains largely unknown. Jakarta Bay experiences significant environmental challenges due to nutrient and organic matter pollution, increasing the vulnerability of coastal ecosystems and influencing ecosystem services. This study aims to: (1) examine the spatial and temporal variability of organic matter; (2) analyze remineralization rates and their potential impact on aquatic acidification dynamics; and (3) assess the spatial and temporal variability of the carbonate system in Jakarta Bay.

The analysis of organic matter was performed utilizing particulate organic carbon (POC) data derived from the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) Aqua satellite, covering the period from May 2011 to August 2023. The remineralization rate assessed through a 30-day closed incubation experiment conducted under controlled laboratory conditions. The carbonate system was examined using pH data provided by the DKI Jakarta Environmental Agency. Furthermore, seawater sampling and *in situ* measurements were conducted in Jakarta Bay during January and August 2023. The measured parameters include carbonate system variables—pH, total alkalinity (TA), dissolved inorganic carbon (DIC), and partial pressure of CO₂ (pCO₂)—alongside physicochemical and biological indicators, such as temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), phosphate (PO₄-P), nitrate (NO₃-N), silicate (SiO₂), primary productivity (PP), chlorophyll-a (Chl-a), total organic carbon (TOC), carbon/nitrogen (C/N) ratio, sediment oxygen demand (SOD), and remineralization rates. *In situ* measurements of pH, temperature, and salinity were performed using a Horiba Multi-parameter Water Quality Meter U-52G, while DO and PP were analyzed using the Winkler method. Laboratory pH measurements were conducted spectrophotometrically using m-cresol purple (mCP) as an indicator. DIC concentrations were determined using an Apollo SciTech Model AS-C5 DIC Analyzer, while TA was measured using an Apollo SciTech Model AS-ALK2 Total Alkalinity Titrator. pCO₂ was estimated using the CO₂SYS program. Spectrophotometric methods were used to determine PO₄-P, NO₃-N, SiO₂, and Chl-a concentrations, whereas TOC was quantified using an Elementar Vario TOC Select, and C/N ratios were determined via a LECO CHN 628 analyzer.

Spatial distribution analyses revealed that POC concentrations were highest in nearshore waters, gradually decreasing toward the outer bay. Elevated POC concentrations are primarily driven by freshwater input transporting organic matter

and nutrients via riverine discharge, which is strongly influenced by monsoonal patterns that dictate rainy and dry seasons across Indonesia. Temporal distribution analyses indicated that POC concentrations were highest during the northwest (NW) monsoon, although elevated levels were also observed during the southeast (SE) monsoon, with the lowest concentrations occurring during the intermonsoon period. During the NW monsoon (rainy season), enhanced terrestrial nutrient and organic matter inputs stimulate biological activity, increasing water productivity and organic carbon production via photosynthesis. In contrast, during the SE monsoon (dry season), reduced rainfall and limits terrestrial nutrient supply, while increased solar exposure and elevated water temperatures enhance aquatic productivity, thereby intensifying POC concentrations. Overall, POC variability in Jakarta Bay is regulated by biological productivity and physical processes driven by monsoonal winds, which modulate rainfall intensity during the NW and SE monsoons.

SOD and remineralization rate measurements in Jakarta Bay suggest that spatial variability in SOD is likely influenced by the reactivity of organic carbon, which consists predominantly of labile organic carbon remineralized at the sediment-water interface. The highest remineralization rates were observed in samples from river mouths, indicating substantial remineralization of organic carbon. In contrast, samples from the inner bay exhibited lower remineralization rates alongside elevated TOC concentrations, suggesting that photosynthetic carbon fixation exceeds organic matter remineralization. The outer bay exhibited both low remineralization rates and TOC concentrations, implying minimal biogeochemical activity in this region. Further analyses estimated that the largest DO-driven pH decline occurred at river mouth stations, progressively decreasing toward the inner and outer bay.

Thirteen years of pH data analysis revealed an increasing pH trend in Jakarta Bay. Spatial distribution analyses demonstrated rising pH values from river mouths toward the outer bay, whereas $p\text{CO}_2$, TA, and DIC concentrations declined with increasing distance from land. Temporal variability analyses indicated that the lowest pH and TA values, as well as the highest $p\text{CO}_2$ and DIC concentrations, were observed during the SE monsoon. The long-term pH increase and spatial-temporal variability of carbonate system parameters are influenced by terrestrial inputs, which transport organic matter and nutrients via riverine discharge. Metabolic processing of organic matter and nutrients by aquatic organisms can alter carbonate system equilibrium. Nutrient and organic matter inputs are modulated by monsoon-driven physical processes, which regulate rainfall intensity during the NW and SE monsoons. Overall, water productivity and physical processes govern carbonate system variability in Jakarta Bay.

Keywords: acidification dynamic, carbonate system, Jakarta Bay, organic matter, remineralization



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

STUDI REMINERALISASI BAHAN ORGANIK DAN PENGARUHNYA TERHADAP DINAMIKA KEASAMAN AIR LAUT DI TELUK JAKARTA

CAMELLIA KUSUMA TITO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM DOKTOR ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. (Riset) Dr. Ir. Zainal Arifin, M.Sc.
2. Dr. Alan Frendy Koropitan, S.Pi., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Prof. (Riset) Dr. Ir. Zainal Arifin, M.Sc.
2. Dr. Alan Frendy Koropitan, S.Pi., M.Si.

Judul Disertasi : Studi Remineralisasi Bahan Organik dan Pengaruhnya terhadap
Dinamika Keasaman Air Laut di Teluk Jakarta

Nama : Camellia Kusuma Tito

NIM : C5601212015

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Dietrich Geoffrey Bengen, D.E.A.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Tri Prartono, M.Sc.

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si.

Pembimbing 4:

Prof. (Riset) Dr. A'an Johan Wahyudi, S.Si.



AJW Wahyudi

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, M.Sc.

NIP 196410141988032001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.

NIP 196307311988031002



Tanggal Ujian: 19 Mei 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian disertasi “Studi Remineralisasi Bahan Organik dan Pengaruhnya terhadap Dinamika Keasaman Air Laut di Teluk Jakarta”. Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur yang mendalam, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Ketua Komisi Pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Dietrich Geoffrey Bengen, D.E.A. beserta anggota Komisi Pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Prartono, M.Sc., Bapak Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si., dan Bapak Prof. (Riset) Dr. A’an J. Wahyudi, S.Si., atas bimbingan, arahan, inspirasi dan motivasi yang telah diberikan selama masa studi.
2. Promotor Luar Komisi Bapak Prof. (Riset) Dr. Ir. Zainal Arifin M.Sc. dan Bapak Dr. Alan Frendy Koropitan S.Pi., M.Si., atas masukan dan saran untuk perbaikan disertasi.
3. Dekan FPIK IPB, Bapak Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc., Ketua Program Studi IKL, Ibu Prof. Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, M.Sc., Bapak/Ibu dosen staf pengajar dan tenaga administrasi di lingkungan FPIK atas ilmu pengetahuan yang telah diberikan dan dukungan administratif selama perkuliahan.
4. Kepala Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Bapak Dr. I Nyoman Radiarta, S.Pi., M.Sc. dan Kepala Balai Pengelolaan Informasi Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (2022-2025), Bapak Dr. Teja Arief Wibawa, S.Pi., M.Si., atas izin yang telah diberikan untuk melanjutkan studi doctoral, beserta keluarga besar Perancak, terima kasih atas kebersamaan yang terjalin.
5. Kepala Pusat Riset Oseanografi (PRO), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bapak Dr. Udhi Eko Hernawan, S.Si., M.Si., serta seluruh keluarga besar PRO-BRIN, terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya.
6. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), atas dukungan pendanaan melalui skema Beasiswa ASN/TNI/Polri.
7. Prof. Dr. Patrick Martin, *Asian School of the Environment, Nanyang Technological University*, atas izin penggunaan fasilitas laboratorium.
8. Ibu Nofi Rahmawati Azzah, Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, atas kesempatan pemanfaatan data monitoring Perairan Teluk Jakarta 2011-2023.
9. Rekan-rekan kelompok riset Biosfer Laut Terintegrasi (IMBER), PRO-BRIN, terima kasih atas bantuan, diskusi, dan dukungannya selama kegiatan penelitian.
10. Rekan-rekan IKL FPIK IPB Angkatan 2021 dan 2022, serta seluruh mahasiswa IPB, terima kasih atas kebersamaan, diskusi, dan dukungan yang sangat berarti selama masa studi.
11. Keluarga tercinta (Ibu (*semoga Allah merahmatinya*), Bapak, Suami, Mamah, Papa (*semoga Allah merahmatinya*), keluarga besar Malang, Purwakarta), sahabat, rekan sejawat, dan kolega, yang telah memberikan dukungan, mengingatkan dalam doa dan menjadi sumber kekuatan bagi penulis untuk menyelesaikan studi dengan baik.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Camellia Kusuma Tito

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Kebaruan (<i>novelty</i>)	3
1.6 Kerangka Penelitian	4
II VARIABILITAS BAHAN ORGANIK DI TELUK JAKARTA	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Metode Penelitian	6
2.2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	6
2.2.2 Akuisisi Data POC	7
2.2.3 Pengukuran <i>In Situ</i>	7
2.2.4 Pengambilan Contoh Air	8
2.2.5 Analisis Data	8
2.3 Hasil dan Pembahasan	9
2.3.1 Variabilitas POC	9
2.3.2 Variabilitas Parameter Fisika, Kimia, dan Biologi	12
2.4 Simpulan	12
III ANALISIS LAJU REMINERALISASI DAN POTENSI DAMPAKNYA TERHADAP DINAMIKA pH	14
3.1 Pendahuluan	14
3.2 Metode Penelitian	15
3.2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	15
3.2.2 Pengukuran <i>In Situ</i>	16
3.2.3 Pengambilan Contoh Air	17
3.2.4 Pengambilan Contoh Sedimen	18
3.2.5 Analisis Laboratorium	18
3.2.6 Eksperimen Inkubasi	18
3.2.7 Analisis Data	20
3.3 Hasil dan Pembahasan	20
3.3.1 Variabilitas Parameter Fisika, Kimia, dan Biologi	20
3.3.2 Variabilitas Konsentrasi DO	21
3.3.3 <i>Sediment Oxygen Demand</i> sebagai Proksi Laju Remineralisasi	22
3.3.4 Variabilitas Konsentrasi DO dan pH	26
3.3.5 Potensi Dampak Respirasi Aerobik selama Proses Remineralisasi terhadap Dinamika pH	29
3.3.6 Akurasi Pengukuran Laju Remineralisasi dan Estimasi Kontribusi DO terhadap pH	30

3.4	Simpulan	31
IV	VARIABILITAS SISTEM KARBONAT DI TELUK JAKARTA	32
4.1	Pendahuluan	32
4.2	Metode Penelitian	33
4.2.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	33
4.2.2	Akuisisi Data pH	33
4.2.3	Pengukuran <i>In Situ</i>	34
4.2.4	Pengambilan Contoh Air	35
4.2.5	Analisis Laboratorium	36
4.2.6	Analisis Data	36
4.3	Hasil dan Pembahasan	37
4.3.1	Variabilitas dan Tren pH	37
4.3.2	Variabilitas Parameter Sistem Karbonat	38
4.3.3	Variabilitas Parameter Fisika, Kimia, dan Biologi	41
4.3.4	Perbandingan dengan Wilayah Pesisir Lainnya	43
4.4	Simpulan	45
V	PEMBAHASAN UMUM	46
VI	SIMPULAN DAN SARAN	53
6.1	Simpulan	53
6.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	55
	LAMPIRAN	63
	RIWAYAT HIDUP	69



DAFTAR TABEL

1	Nilai rata-rata parameter fisika, kimia, dan biologi dari pengambilan contoh air pada tahun 2011 hingga 2023	12
2	Korelasi <i>Pearson</i> POC dengan parameter fisika, kimia, dan biologi	12
3	Nilai rata-rata parameter fisika, kimia, dan biologi	20
4	Perbandingan nilai SOD di wilayah pesisir lainnya	24
5	Korelasi <i>Pearson</i> SOD dengan parameter fisika, kimia, dan biologi	25
6	Estimasi kontribusi DO terhadap pH	30
7	Nilai rata-rata parameter fisika, kimia, dan biologi	41
8	Korelasi <i>Pearson</i> sistem karbonat dengan parameter fisika, kimia, dan biologi	43

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran penelitian	4
2	Peta lokasi penelitian di Teluk Jakarta (dimodifikasi dari Damar <i>et al.</i> (2020) <i>J. Mar. Sci. Eng.</i> 8(674): 1-17)	6
3	Distribusi spasial konsentrasi POC dari data MODIS <i>Aqua satellite</i> (2011-2023) pada: a. monsun barat laut, b. inter-monsoon I, c. monsun tenggara, dan d. inter-monsoon II	9
4	Distribusi temporal konsentrasi POC dari data MODIS <i>Aqua satellite</i> (2011-2023) dalam: a. rata-rata harian dan b. Rata-rata pada monsun barat laut (DJFM), inter-monsoon I (AM), monsun tenggara (JJAS), dan inter-monsoon II (ON)	11
5	Konsentrasi POC dan indeks ONI	11
6	Peta lokasi penelitian di Teluk Jakarta (dimodifikasi dari Damar <i>et al.</i> (2020) <i>J. Mar. Sci. Eng.</i> 8(674): 1-17)	15
7	Konsentrasi DO pada eksperimen inkubasi	22
8	Hasil analisis laju a. SOD ($\text{g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$) dalam <i>clustered column</i> dan b. remineralisasi ($\text{g C m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$) dalam <i>scaled-circle</i>	23
9	Konsentrasi DO dan pH pada eksperimen inkubasi untuk kondisi ruang gelap sebagai kontrol (air)	27
10	Konsentrasi DO dan pH pada eksperimen inkubasi untuk kondisi ruang gelap dengan contoh (sedimen-air)	28
11	Peta lokasi penelitian di Teluk Jakarta (dimodifikasi dari Damar <i>et al.</i> (2020) <i>J. Mar. Sci. Eng.</i> 8(674): 1-17)	33
12	a. Variabilitas pH dan b. Tren peningkatan pH di Teluk Jakarta	37
13	Analisis data pH dengan DIN (atas) dan pH dengan $\text{PO}_4\text{-P}$ (bawah)	38
14	Distribusi spasiotemporal: a. pH Januari, b. pH Agustus, c. DIC Januari, d. DIC Agustus, e. TA Januari, f. TA Agustus, e. $p\text{CO}_2$ Januari, dan h. $p\text{CO}_2$ Agustus	39
15	a. Siklus curah hujan (Aldrian dan Susanto 2003) dan b. Konsentrasi Chl-a (Hendiarti <i>et al.</i> 2004)	40
16	Hasil analisis PCA pada pengukuran bulan a. Januari dan b. Agustus	42
17	Perbandingan parameter sistem karbonat di beberapa wilayah pesisir	44
18	Skema model konseptual keterkaitan POC, SOD, dan sistem karbonat	46



DAFTAR LAMPIRAN

1	Data penelitian hasil pengukuran lapangan dan analisis laboratorium untuk contoh bulan Januari dan Agustus 2023	64
2	Koordinat stasiun dan waktu pengambilan contoh kegiatan monitoring oleh DLH DKI Jakarta di Teluk Jakarta	65
3	Kinetika orde pertama penurunan DO pada eksperimen inkubasi selama 30 hari dalam skala linier dan logaritmik	66
4	Skema peralatan pengukuran produktivitas primer perairan	67
5	Skema peralatan pada eksperimen inkubasi tertutup	68

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.