

TUGAS AKHIR
**ANALISIS NUTRISI (P & K) DAN LOGAM BERAT (Fe
& Cu) PADA SEDIMEN MANGROVE DI KAWASAN
PESISIR BAROS, MOROSARI, DAN KUBRO**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



RENDRA ZULIS WICAKSONO
20513271

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

TUGAS AKHIR
**ANALISIS NUTRISI (P & K) DAN LOGAM BERAT (Fe
& Cu) PADA SEDIMEN MANGROVE DI KAWASAN
PESISIR BAROS, MOROSARI, DAN KUBRO**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



RENDRA ZULIS WICAKSONO

20513271

Disetujui,

Pembimbing I

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

NIK. 185130401

Tanggal: 18/2 . 2025

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D

NIK. 045130401

Tanggal: 26/2 . 2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS NUTRISI (P & K) DAN LOGAM BERAT (Fe & Cu) PADA SEDIMEN MANGROVE DI KAWASAN PESISIR BAROS, MOROSARI, DAN KUBRO

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa

Tanggal : 18 Februari 2025

Disusun Oleh:

RENDRA ZULIS WICAKSONO

20513271

Tim Penguji :

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

()

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D

()

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 12 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Rendra Zylis Wicaksono

NIM: 20513271

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas Rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Nutrisi (P & K) dan Logam Berat (Fe & Cu) pada Sedimen Mangrove di Kawasan Pesisir Baros, Morosari, dan Kubro” dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima wawasan pengetahuan mengenai kandungan nutrisi dan logam berat pada sedimen mangrove di Kawasan Pesisir Yogyakarta dan Jawa Tengah. Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan dan juga bantuan dari berbagai pihak. Sehingga, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Ayah, Ibu, Saudara, dan Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
4. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

6. Seluruh Dosen, Pengajar, dan Staf Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium.
8. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Angkatan 2020 yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman Garox yang selalu ada untuk menemani dan mendukung penulis.
10. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 15 Oktober 2024

Rendra Zulis Wicaksono

ABSTRAK

Kawasan pesisir merupakan suatu wilayah peralihan antara ekosistem laut dan darat dengan potensi pemanfaatan sumber daya alam yang besar untuk pendukung dari pembangunan. Namun besarnya potensi tersebut cenderung memicu aktivitas eksploitasi yang dapat berdampak negatif bagi ekosistem pesisir. Salah satu yang terdampak adalah ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove sangat rentan mengalami kerusakan karena menerima beban yang sangat besar seperti alih fungsi lahan, erosi, gangguan terhadap keseimbangan unsur hara, dan masuknya unsur pencemar logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kandungan nutrisi (P dan K) dan logam berat (Fe dan Cu) pada sedimen mangrove. Metode yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dengan *Spektrofotometri* atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Sampel yang diuji berasal dari Pesisir Selatan Jawa yakni Mangrove Baros (Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta) dan Pesisir Utara Jawa yakni Mangrove Morosari (Demak, Jawa Tengah) dan Kubro (Kota Semarang, Jawa Tengah). Metode *purposive sampling* dilakukan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel berdasarkan kriteria seperti tambak, ekowisata, pesisir, muara sungai, dll. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar P memiliki tingkat kesuburan baik-sangat baik dengan Baros (48,04 mg/kg) lebih tinggi dibandingkan Kubro (20,90 mg/kg) dan Morosari (7,09 mg/kg). Kadar K ditemukan sangat tinggi di Morosari ($6,70 \times 10^3$ mg/kg), Kubro ($6,05 \times 10^3$ mg/kg), dan Baros ($4,71 \times 10^3$ mg/kg). Kadar Fe dan Cu masing-masing lokasi memiliki kadar normal dan tidak membahayakan kehidupan ekologis dengan kadar pada Kubro (13,02 dan 14,49 mg/kg) dan Morosari (9,29 dan 2,75 mg/kg) lebih tinggi dibanding Baros (6,69 dan 2,24 mg/kg).

Kata Kunci: Pesisir, mangrove, sedimen, unsur hara, logam berat.

ABSTRACT

Coastal areas are transitional zones between marine and terrestrial ecosystems with great potential for natural resource utilization to support development. However, this potential often triggers exploitative activities that can negatively impact coastal ecosystems. One of the affected ecosystems is mangroves. Mangrove ecosystems are highly vulnerable to damage due to significant pressures, such as land conversion, erosion, disruptions to nutrient balance, and the intrusion of heavy metal pollutants. This study aims to assess the nutrient (P and K) and heavy metal (Fe and Cu) content in mangrove sediments. The method used is descriptive quantitative with Spectrophotometry or Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The samples tested were taken from the Southern Coast of Java is Mangrove Baros (Bantul, Special Region of Yogyakarta), and the Northern Coast of Java is Mangrove Morosari (Demak, Central Java) and Kubro (Semarang City, Central Java). The purposive sampling method was employed to determine sample collection locations based on criteria such as fish ponds, ecotourism areas, coastal regions, river estuaries, etc. The results of the study showed that phosphorus (P) levels had a good-to-very-good fertility rate, with Baros (48.04 mg/kg) being higher compared to Kubro (20.90 mg/kg) and Morosari (7.09 mg/kg). Potassium (K) levels were found to be very high in Morosari (6.70×10^3 mg/kg), Kubro (6.05×10^3 mg/kg), and Baros (4.71×10^3 mg/kg). Iron (Fe) and copper (Cu) levels at each location were within normal ranges and did not pose ecological risks, with Kubro (13.02 and 14.49 mg/kg) and Morosari (9.29 and 2.75 mg/kg) being higher than Baros (6.69 and 2.24 mg/kg).

Keywords: Coastal Areas, Mangroves, Sediments, Nutrients, Heavy Metals.

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup.....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Mangrove.....	7
2.2 Sedimen Mangrove.....	8
2.2.1 Derajat Keasaman (pH).....	10
2.2.2 Fosfor (P)	11
2.2.3 Kalium (K)	12
2.3 Kandungan Logam Berat pada Sedimen Mangrove	13
2.3.1 Besi (Fe).....	14
2.3.2 Tembaga (Cu)	14
2.4 Penelitian Terdahulu	16

BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Lokasi	21
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2 Prosedur Analisis Data	26
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	27
3.3.2 Pengujian Laboratorium.....	28
BAB IV	34
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....	34
4.1 Kondisi Sedimen Mangrove.....	34
4.1.1 Tingkat pH	34
4.1.2 Kandungan Fosfor (P) dan Kalium (K).....	36
4.2 Kandungan Logam Berat pada Sedimen Mangrove	41
BAB V.....	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5. 1 Kesimpulan	44
5. 2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Referensi Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3. 2. Titik Koordinat Lokasi Sampel	21
Tabel 4. 3. Hasil Uji pH H ₂ O dan pH KCl pada Sedimen	34
Tabel 4. 4. Hasil Uji Fosfor dan Kalium pada Sedimen Mangrove	36
Tabel 4. 5. Hasil Uji Fe dan Cu pada Sedimen Mangrove	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Peta Lokasi Sampel Pesisir Selatan Jawa (Baros, D.I Yogyakarta)	22
Gambar 3. 2. Kondisi Pesisir Baros.	22
Gambar 3. 3. Peta Lokasi Sampel Pesisir Utara Jawa (Kubro, Jawa Tengah)	23
Gambar 3. 4. Kondisi Pesisir Kubro	24
Gambar 3. 5. Peta Lokasi Sampel Pesisir Utara Jawa (Morosari, Jawa Tengah)..	25
Gambar 3. 6. Kondisi Pesisir Morosari.....	25
Gambar 3. 7. Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 8. Sketsa Pengambilan Sampel Sedimen Mangrove (Bachtiar dkk., 2023)	28
Gambar 3. 9. Tahap Pengujian pH Tanah (Eviati dkk., 2023)	29
Gambar 3. 10. Tahap Pengujian P tersedia (Eviati dkk., 2023)	30
Gambar 3. 11. Tahap Pengujian menggunakan Cara Pengabuan Basah untuk Unsur Makro dan Mikro (Eviati dkk., 2023)	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Standar Penilaian.....	50
Lampiran 2.	Kadar Air dan Faktor Koreksi	51
Lampiran 3,	Pengujian Fosfor (P)	51
Lampiran 4,	Pengujian Kalium (K)	54
Lampiran 5,	Pengujian Logam Berat (Fe dan Cu).....	57
Lampiran 6,	Dokumentasi Penelitian	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah peralihan antara ekosistem laut dan darat yang terdiri dari tiga ekosistem utama diantaranya yaitu ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang. Tiga ekosistem pesisir tersebut saling berinteraksi (seperti interaksi fisik, bahan organik terlarut, migrasi fauna dan dampak manusia) dan memiliki keterkaitan satu dengan lainnya yang saling berhubungan, serta diantaranya saling memiliki peran dan manfaat yang besar bagi keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat (Febrianto dkk., 2019).

Wilayah pesisir memiliki potensi sumber daya alam yang besar dan dapat dimanfaatkan sebagai pendukung dari pembangunan. Potensi sumber daya alam dari wilayah pesisir tersebut secara garis besar diantaranya, yaitu: Sumberdaya dapat pulih atau *Renewable Resources* (seperti habitat hutan mangrove/bakau, terumbu karang, padang lamun, rumput laut, perikanan, serta bahan-bahan bioaktif), Sumberdaya tidak dapat pulih atau *Non-Renewable Resource* (seperti minyak bumi, gas alam, mineral, dll), dan Jasa Lingkungan (seperti rekreasi/pariwisata, transportasi laut, sarana penelitian & edukasi, zona pertahanan dan keamanan wilayah, penampung limbah, pengendalian iklim, dan fungsi ekologis lainnya (Syah, 2010).

Salah satu ekosistem di wilayah pesisir yang paling penting dan memiliki peran besar dalam melindungi ekosistem lain di sekitarnya adalah ekosistem mangrove. Menurut FAO (2007) dalam Agusri dkk (2015), ekosistem mangrove dapat melindungi ekosistem lain di sekitarnya seperti ekosistem terumbu karang (*coral reefs*) dan padang lamun (*seagrass*). Selain itu ekosistem mangrove juga memiliki peran ekologis penting di wilayah pesisir, diantaranya sebagai peredam gelombang dan angin badai, pencegah abrasi pantai, sumber penghasil makanan, tempat pemijahan biota laut, perangkap lumpur dan sedimen, dan sebagainya.

Berdasarkan Peta Mangrove Nasional (2021) oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), diketahui bahwa Indonesia memiliki total luas mangrove eksisting yakni sebesar 3.364.080 Ha yang tersebar di seluruh wilayah yang terbagi menjadi 3 (tiga) klasifikasi kategori kondisi mangrove yaitu mangrove lebat, mangrove sedang, dan mangrove jarang. Pulau Jawa merupakan salah satu Kepulauan di Indonesia yang memiliki ekosistem mangrove yang tersebar di sepanjang pesisirnya, baik dari pesisir utara maupun pesisir selatan. Pada wilayah Pesisir Utara Jawa terdapat salah satunya Kawasan Mangrove Morosari yang terletak di Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah dengan total luas 4,41 Ha. Bedono termasuk sebagai salah satu wilayah yang mengalami permasalahan dari adanya perubahan ekosistem pesisir yakni erosi pantai. Zaky dkk. (2012) dalam Sihombing dkk. (2017) menyatakan bahwa kondisi lahan mangrove di Desa Bedono telah mengalami degradasi yang meliputi penurunan tanah, kenaikan muka air laut, dan erosi. Erosi pada lokasi tersebut berlangsung secara aktif sehingga mengakibatkan sejumlah kawasan mangrove rusak dan hilang. Di sisi lain, terdapat wilayah pesisir di perkotaan yang ditumbuhi vegetasi mangrove dengan potensi gangguan antropogenik yang tinggi yakni di Kawasan Kubro di Kota Semarang, Jawa Tengah. Sementara di Wilayah Pesisir Selatan Jawa terdapat salah satunya Kawasan Mangrove Baros yang terletak di Bantul, Yogyakarta. Letak Kawasan Mangrove Baros berbatasan langsung dengan Muara Sungai Opak. Mangrove Baros merupakan salah satu hutan buatan yang sedang dilakukan upaya konservasi yang lebih terstruktur dan memiliki total luas 132 Ha yang mulai dikembangkan pada tahun 2003 (BKSD, 2017).

Dari besarnya potensi pemanfaatan sumberdaya di wilayah pesisir, hal tersebut justru cenderung disalah-artikan menjadi ancaman berupa aktivitas eksploitasi yang dapat menimbulkan banyak dampak negatif diantaranya seperti penurunan kualitas lingkungan dan ancaman terhadap ekosistem sekitarnya (Utami dkk., 2018). Khususnya mangrove yang merupakan salah satu ekosistem paling penting yang telah menerima tekanan besar dan sangat rentan mengalami kerusakan dari adanya aktivitas antropogenik. Meningkatnya kegiatan atau usaha khususnya di Pulau Jawa seperti reklamasi pantai, alih fungsi lahan untuk pertanian dan budidaya

perikanan, perindustrian, serta pembangunan pemukiman di daerah pesisir menyebabkan luasan mangrove semakin berkurang (Hamzah & Setiawan, 2010). Dampak aktivitas antropogenik dari laut maupun daratan juga dapat mengganggu keseimbangan unsur-unsur penting di dalam ekosistem mangrove, serta menyebabkan masuknya unsur pencemar seperti logam berat ke dalam estuari yang dapat mengganggu kehidupan ekosistem di dalamnya. Logam berat di wilayah pesisir dan kawasan hutan mangrove pada umumnya dapat ditemukan pada sedimen, air, dan biota yang hidup di wilayah tersebut (Febriyanto dkk., 2022).

Unsur-unsur penting seperti nutrisi dalam tanah sangat dibutuhkan oleh organisme yang hidup di sekitarnya. Nutrient adalah senyawa atau unsur kimia yang dibutuhkan dan digunakan oleh organisme untuk mendukung berbagai fungsi biologis. Keseimbangan unsur dalam sedimen mangrove sangat penting bagi tanaman mangrove dan organisme lain. Nutrient terdiri diantaranya yakni Fosfor (P) dan Kalium (K) yang merupakan dua unsur hara atau nutrisi esensial yang penting bagi pertumbuhan tanaman termasuk mangrove. Sedangkan unsur pencemar yang dapat masuk dan mengganggu kehidupan ekosistem mangrove yakni unsur logam berat. Logam berat merupakan unsur-unsur kimia dengan massa jenis lebih dari 5 g/cm^3 yang bersifat sulit terdegradasi dan dapat mencemari lingkungan. Logam berat pada umumnya dapat ditemukan pada sedimen, air, dan biota yang hidup di wilayah pesisir dan ekosistem mangrove di sekitarnya. Logam berat dikelompokkan dalam dua jenis antara lain logam berat esensial dan non-esensial. Logam berat non-esensial seperti Hg, Pb, Cd, As, Ni merupakan logam berat yang keberadaannya tidak dibutuhkan oleh organisme atau tanaman di lingkungan. Logam berat esensial merupakan logam berat yang keberadaannya dibutuhkan oleh organisme atau tanaman di lingkungan dalam jumlah yang kecil yakni terdiri dari unsur-unsur diantaranya yaitu Fe, Zn, Cu, Cr, Mn, Co. Logam berat esensial seperti Fe dan Cu penting bagi makhluk hidup, namun dalam kadar yang berlebihan maka akan dapat mengganggu keseimbangan unsur hara atau nutrisi lain dalam ekosistem. Terlalu banyak logam berat dapat memengaruhi proses fotosintesis tumbuhan mangrove, serta mengganggu mikroorganisme yang berperan penting dalam penguraian bahan organik. Identifikasi pada logam berat

dan nutrisi dalam sedimen mangrove penting dilakukan untuk memastikan kadar logam berat dalam sedimen dalam batas yang normal dan ketersediaan nutrisi yang cukup pada sedimen dalam mendukung kesehatan ekosistem mangrove.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi ketersediaan unsur pada sedimen mangrove dalam kriteria yang ideal atau kurang baik pada ekosistem mangrove di Pesisir Pulau Jawa diantaranya pada Pesisir Selatan yakni Kawasan Mangrove Baros (Baros, D.I Yogyakarta) dan Pesisir Utara yakni Kawasan Mangrove Morosari (Demak, Jawa Tengah) & Pasar Kubro (Semarang, Jawa Tengah). Parameter yang ditinjau antara lain pH, logam berat (Fe, Cu) dan nutrisi (P dan K) pada sedimen. Mengingat meningkatnya aktivitas manusia yang dapat menyebabkan masuknya logam berat ke lingkungan perairan semakin meningkat, hal tersebut tentunya juga dapat membahayakan keberlanjutan kehidupan ekosistem di wilayah pesisir. Selain itu terdapat adanya perbedaan kondisi lingkungan pada Pesisir Utara dan Selatan Jawa yang dapat menjadi perbandingan pada kandungan nutrisi dan logam berat pada kedua wilayah. Maka penting untuk diketahui kadar logam berat dan nutrisi dalam sedimen dari wilayah-wilayah tersebut untuk mengetahui kondisi spesifik lingkungan pada kawasan mangrove tersebut khususnya kondisi pada sedimen mangrove.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan nutrisi (P dan K) pada sedimen di Kawasan Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah?
2. Bagaimana kandungan logam berat (Fe dan Cu) pada sedimen di Kawasan Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat nutrisi (P dan K) pada sedimen di Kawasan Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.
2. Mengetahui tingkat kandungan logam berat (Fe dan Cu) pada sedimen di Kawasan Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai wawasan tentang kondisi lingkungan khususnya kandungan unsur nutrisi dan logam berat pada sedimen mangrove untuk keseimbangan ekosistem di wilayah pesisir.
2. Dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya keseimbangan ekosistem kawasan mangrove dari keseimbangan unsur dalam sedimen sebagai tempat hidup mangrove. Hasil penelitian ini juga dapat membantu masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan mangrove untuk mengelola sumber daya alam dengan lebih baik.
3. Dapat menjadi dasar untuk tata kelola wilayah pesisir dalam pembentukan strategi dan kebijakan lingkungan yang lebih efektif terkait perlindungan dan pemulihan kawasan mangrove dengan mempertimbangkan keseimbangan ekosistem mangrove.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel sedimen yang diuji berasal dari kawasan Mangrove Baros (Bantul, Yogyakarta), Mangrove Morosari (Demak, Jawa Tengah), dan Pasar Kubro (Demak, Jawa Tengah).
2. Pengujian dilakukan pada parameter pH, nutrisi (P & K) dan logam berat esensial (Fe & Cu) pada sedimen mangrove.
3. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan di kawasan mangrove terkait keseimbangan unsur pada sedimen yakni kadar nutrisi dan logam berat di Kawasan Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangrove

Mangrove adalah suatu individu atau komunitas jenis tumbuhan yang hidup di antara daerah daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut. Mangrove umumnya tumbuh di wilayah pertemuan antara muara sungai dan air laut yang dikelilingi oleh air garam dan air payau (Paune dkk., 2021). Indonesia setidaknya tercatat memiliki sebanyak 202 jenis tumbuhan mangrove yakni meliputi 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit dan 1 jenis paku.

Dari total banyaknya jenis mangrove tersebut, sebanyak 43 jenis (33 jenis pohon dan beberapa perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lainnya merupakan mangrove ikutan (*associate mangrove*) atau jenis lain yang tumbuh di sekitarnya (Muzaki dkk., 2019). Jenis mangrove yang paling umum dijumpai di Indonesia diantaranya yaitu bakau (*Rhizophora spp.*), Api-api (*Avicennia spp.*), Pedada (*Sonneratia spp.*), Tanjung (*Bruguiera spp.*), Nyirih (*Xylocarpus spp.*), Tengar (*Ceriops spp.*), dan Buta-buta (*Excoecaria spp.*) (Utami dkk., 2018).

Dalam Kariada & Irsadi (2014) menjelaskan bahwa hutan mangrove merupakan suatu wilayah ekosistem pesisir yang memiliki karakter ekosistem unik dan khas, serta memiliki potensi biodiversitas yang tinggi. Ekosistem dalam hutan mangrove memiliki produktivitas tinggi yang dapat menjadi penyedia makanan dan tempat berkembang biak bagi berbagai jenis hewan laut seperti ikan, kerang, kepiting, dan udang. Hal tersebut menjadikan keberadaan ekosistem mangrove memiliki dampak penting sebagai penyeimbang ekosistem di wilayah pesisir dan penyedia sumber daya untuk memenuhi kebutuhan manusia. Selain itu, mangrove memiliki peran ekologis yakni sebagai mitigasi bencana seperti peredam gelombang air pasang dan angin badai, pencegah pengikisan tanah (abrasi) di garis

pantai, pelindung bencana tsunami, pencegah intrusi air laut ke daratan, penyedia hasil hutan kayu dan non kayu bagi masyarakat, habitat bagi organisme ekosistem, penahan lumpur dan perangkap sedimen, dan penetralisir pencemaran perairan (Mustika et al., 2017;(Pangestika dkk., 2023). Dari sisi ekonomi, manfaat ekosistem mangrove yakni dapat menjadi salah satu obyek daya tarik wisata alam dan atraksi ekowisata (Sudiarta, 2006; Wiharyanto dan Laga, 2010) dan sebagai sumber tanaman obat (Supriyanto dkk, 2014).

Dalam peran pentingnya sebagai penahan lumpur dan penangkap sedimen, Petra et al. (2012) menjelaskan bahwa mangrove melalui perakarannya mampu mengurangi laju aliran sedimen yang terlarut dalam air, sehingga akan memerangkap dan mengendapkan sedimen ke dasar sekitar perakaran mangrove tersebut. Semakin tinggi kerapatan mangrove maka semakin rendah laju sedimen transport dan semakin efektif kemampuannya dalam mengendapkan sedimen. Tumpukan sedimen yang terperangkap di sekitar perakaran mangrove secara perlahan-lahan akan terakumulasi dan dapat membentuk daerah semi-terrestrial (semi daratan) di kawasan pesisir (Heriyanto & Suharti, 2019). Erosi dan sedimentasi di daerah pesisir sangat bergantung pada keseimbangan antara sedimen yang masuk dan keluar dari pesisir tersebut yang dipengaruhi oleh kerapatan mangrove di daerah tersebut (Paliliati, 2022). Selain itu, peran ekologisnya mangrove juga dapat menjadi filter alami yang mampu mengendalikan kualitas air (Kariada & Irsadi, 2014). Menurut Clark dkk (1998) dalam Kumar dkk (2011) mengatakan bahwa mangrove merupakan *hyperaccumulators* yang baik dengan kemampuannya untuk tumbuh di tanah yang mengandung unsur beracun dengan kadar yang tinggi dan mampu mengumpulkan/mengakumulasinya dalam batang, akar, dan daun.

2.2 Sedimen Mangrove

Sedimen merupakan komponen penting yang berperan sebagai media atau tempat tumbuhnya mangrove yang umumnya terdiri dari unsur pasir (*sand*), debu (*silt*), dan liat (*clay*). Sedimen mangrove memiliki karakteristik yang berbeda-beda,

tergantung pada faktor yang mempengaruhi seperti faktor iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah, dan lamanya waktu pembentukan.

Sebagai media tempat tumbuh mangrove, sedimen atau tanah berfungsi sebagai tapak pada ekosistem yang mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dan tempat mencari makan bagi organisme yang hidup di daerah tersebut (Bachtiar dkk., 2023; Kusuma dkk., 2022). Kesuburan dari sedimen mangrove tergantung pada kandungan bahan organik yang ada di dalamnya. Supriharyono (2000) dalam Manikasari (2018), mengatakan bahwa sedimen di hutan mangrove secara umum memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Semakin tingginya kandungan bahan organik pada sedimen mangrove, maka akan semakin tinggi pula kemampuannya dalam menyerap dan menetralkan bahan pencemar seperti logam berat. Hal tersebut disebabkan karena kecenderungan logam berat yang mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan, dan berikatan dengan partikel-partikel sedimen, sehingga kadar logam berat dalam sedimen akan lebih tinggi. Logam berat dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan sedimen (Hutagalung, 1991 dalam Bangun, 2005).

Karakteristik sedimen mangrove secara umum dapat dinilai dari pH, nutrisi (N, P, K), logam berat, dan unsur lainnya yang terkandung dalam sedimen. Kondisi pada sedimen mangrove juga dapat dijadikan sebagai patokan untuk melihat potensi dan produktivitasnya. Dataran estuari yang ditumbuhi oleh mangrove memiliki sinergi (timbal balik) yang saling berkaitan, antara lain tumbuhan akan tumbuh lebat, agresif, cepat menyebar pada dataran yang subur. Disisi lain, tumbuhan melalui perakarannya yang rapat dapat menangkap sedimen (lumpur) terlarut di perairan sehingga akan terjadi adanya endapan. Kondisi ini menjadikan pemantapan pertumbuhan dan pengembangan wilayah daratan (Rusmendo, 2008). Keanekaragaman spesies dan pertumbuhan mangrove di suatu wilayah sangat bergantung pada komposisi fisik dari sedimennya. Karakteristik dari sifat fisik (ukuran partikel pasir, debu dan liat), kimia (pH, bahan organik, dan logam berat),

biologi (mikroba) pada tanah sangat mempengaruhi permeabilitas sedimen, kesuburan dan salinitas sedimen.

2.2.1 Derajat Keasaman (pH)

Potential of Hydrogen atau pH adalah nilai yang menentukan derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan atau cairan yang menunjukkan tingkat kadar ion hidrogen yang terkandung di dalamnya. Nilai pH sangat dipengaruhi oleh adanya faktor fisik pada sedimen dan kandungan bahan-bahan organik di dalam sedimen. Adanya perubahan nilai pH pada sedimen dapat mempengaruhi sebaran mikroorganisme di dalamnya, karena sebagian besar mikroorganisme sangat peka pada perubahan pH. Hal tersebut akan mempengaruhi proses-proses kimia di dalamnya seperti nitrifikasi apabila pH mengalami perubahan menjadi lebih rendah (Pinontoan dkk., 2023).

Mangrove umumnya memiliki pH tanah netral hingga sedikit asam dengan rentang nilai antara 6,0-7,0, dimana pada nilai pH tersebut merupakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan mangrove. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas bakteri yang memproduksi belerang dan proses sedimentasi tanah lempung yang asam. Nilai pH tanah menjadi salah satu indikator dalam menentukan kecocokan jenis mangrove dengan kondisi lingkungan yang ada (Bachtiar dkk., 2023). Keberadaan vegetasi mangrove sangat berkaitan dengan derajat keasaman (pH) dan bahan organik total dalam sedimennya. Nilai pH tanah sangat penting bagi tanaman untuk menentukan seberapa besar kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara di dalam tanah. Hal tersebut juga dapat menentukan ada atau tidaknya kemungkinan unsur-unsur beracun seperti logam berat yang dapat mengganggu dan mempengaruhi aktivitas organisme di dalam tanah atau sedimen.

Arisandy dkk (2012) menjelaskan bahwa derajat keasaman tanah mempengaruhi transportasi dan keberadaan nutrien yang diperlukan tanaman. Nilai pH tanah dapat menentukan tingkat kemampuan tanaman dalam menyerap unsur-unsur hara yang terkandung di dalam tanah. Pada umumnya tanaman akan lebih mudah menyerap unsur hara pada tanah yang memiliki pH tanah sekitar netral,

karena pada kondisi pH yang netral kebanyakan unsur hara akan lebih mudah larut oleh air dan memudahkan penyerapan ke tanaman. Dalam kondisi pH pada tanah atau sedimen yang rendah akan mempercepat penyerapan ion nitrat oleh tanaman dibandingkan dengan ion amonium. Sedangkan pada pH tanah yang tinggi akan menyebabkan keadaan sebaliknya yaitu ion Amonium akan lebih cepat diserap oleh tanaman dibandingkan dengan ion nitrat. Pada pH tanah yang netral, penyerapan keduanya akan berlangsung dengan seimbang (Pradipta, 2016).

2.2.2 Fosfor (P)

Fosfor merupakan salah satu unsur atau bahan organik yang diperlukan di lingkungan dalam jumlah yang besar (organik makro). Unsur fosfor dapat berperan dalam proses fotosintesis, penggunaan gula dan pati, serta transfer energi. Fosfor dapat terbentuk sebagai tiga unsur yakni H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} yang umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Pada sedimen, mineral ini terserap oleh sedimen yang terhidrolisis, khususnya pada sedimen lempung. Peningkatan fosfor sebanding dengan peningkatan kadar sedimen. Ketersediaan unsur fosfor di tanah yakni berkisar 0,01 – 0,1 % dari total senyawa yang ada di dalam tanah dan jumlah fosfor dalam tanaman lebih kecil dibandingkan dengan unsur kalium dan nitrogen. Defisiensi fosfor dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi lambat, lemah, dan kerdil. Unsur fosfor juga bisa ditemukan dari ion-ion seperti Ca^- , Al^- , dan Fe^- . (Yulma dkk., 2019).

Sumber utama fosfor pada sedimen dapat berasal dari degradasi bahan organik, pelapukan batuan mineral, ataupun berasal dari material-material tersuspensi yang mengandung fosfor kemudian mengendap pada sedimen di kawasan mangrove. Fosfor di perairan dan sedimen berada dalam bentuk senyawa fosfat yang terdiri atas fosfat terlarut dan fosfat partikulat (Citra dkk., 2020). Kandungan fosfat dalam tanah sangat bergantung pada pH tanah. Pada pH yang rendah, tanaman lebih banyak menyerap ion ortofosfat primer, dan pada pH yang lebih tinggi ion ortofosfat sekunder yang lebih banyak diserap tanaman. (Ma'shum, 2003). Penelitian Pradipta (2016) menemukan bahwa fosfor (P) pada Kawasan Konservasi

Mangrove di Kelurahan Pamusian berdasarkan kedalaman 10 cm, 20 cm dan 30 cm didapatkan hasil diantaranya berkisar 9,51-22,13 mg/L yang tergolong sebagai kandungan fosfor yang tinggi-sangat tinggi.

2.2.3 Kalium (K)

Kalium (K) adalah salah satu dari unsur hara utama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam bentuk ion K^+ yang dapat berperan penting dalam translokasi karbohidrat, sintesa protein, penyusunan komponen tanaman, pengatur mekanisme fotosintesis, serta pertumbuhan dan tingkat produktivitas tanaman. Muatan positif (+) dari Kalium akan membantu menetralkan muatan listrik yang disebabkan oleh muatan negatif nitrat, pospat, atau unsur lainnya. Semua K didalam tanah merupakan K inorganik (mineral), dan merupakan unsur yang tidak menjadi bagian struktur senyawa-senyawa organik (Rohmah, 2015). Kalium, natrium, dan klor lebih berperan dalam mengatur keseimbangan air dan distribusinya menjaga keseimbangan asam dan basa agar tetap normal dan menyeimbangkan osmotik normal (Anugrah dkk., 2014). Bahan organik akan diurai oleh mikroorganisme menjadi mineral, diantaranya adalah K. Sehingga kandungan bahan organik yang tinggi maka akan menyebabkan kandungan K juga meningkat. Kalium dalam tanah juga mengikuti pola geomorfologi tertentu dan berhubungan dengan kondisi pelapukan K-felspar dan mika serta komposisi bahan induk. Unsur nutrient kalium berfungsi dalam pembentukan gula, translokasi gula, aktivitas enzim dan pergerakan stomata (Jackson, 1964).

Tanah mengandung kalium 90-98% berbentuk mineral yang tidak dapat diserap oleh tanaman, sekitar 1-10% terjebak dalam koloid tanah karena kalium bermuatan positif. Sisanya hanya 0,001-2% yang terdapat dalam larutan tanah dan tersedia bagi tanaman (Siswanto dkk., 2024). Hara kalium sangat penting sekali dalam proses metabolisme dan mempunyai pengaruh khusus dalam absorpsi hara, pengaturan pernapasan, transpirasi, mengaktifkan enzim-enzim. (Musa dkk., 2024). Sumber kalium dalam sedimen dapat berasal dari pelapukan mineral, aktivitas mikroba, atau input dari luar seperti limbah pertanian atau pemukiman. Variasi sumber antara lokasi dapat menyebabkan perbedaan kadar kalium. Unsur

nutrient kalium berfungsi dalam pembentukan gula, translokasi gula, aktivitas enzim dan pergerakan stomata (Jackson, 1964). Ketersediaan kalium yang cukup dapat meningkatkan ketahanan tanaman dari berbagai patogen, serta dapat merangsang pertumbuhan akar lebih baik. Kalium berfungsi sebagai unsur yang membantu pembentukan protein dan karbohidrat, memperkuat tanaman, akar, daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur, serta meningkatkan mutu buah dan biji (Sidabutar, 2012).

2.3 Kandungan Logam Berat pada Sedimen Mangrove

Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang memiliki massa jenis (densitas) lebih dari 5 g/cm³ dan termasuk dalam kategori bahan pencemar karena bersifat toksik dan berbahaya. Logam berat mempunyai sifat non-degradable (sulit terurai) yang menyebabkan unsur tersebut apabila terbawa ke badan air maka akan terakumulasi dan terlarut di lingkungan perairan, mengendap pada sedimen-sedimen di bawahnya. Selain itu, logam berat juga dapat terakumulasi dalam tubuh organisme seperti ikan, udang, dan kerang, kemudian saling berpindah antar organisme lainnya melalui proses rantai makanan. Secara umum logam berat terbagi menjadi dua macam, yakni esensial dan nonesensial. Pada kadar yang cukup, logam berat esensial di suatu lingkungan sangat dibutuhkan oleh organisme dalam proses metabolisme. Jika kadar logam berat terlalu rendah, maka akan menyebabkan efek defisiensi pada kehidupan organisme. Namun bila kadar logam berat tersebut terlalu tinggi, maka juga dapat bersifat toksik atau beracun (Utami dkk., 2018).

Sumber masuknya logam berat di laut umumnya berasal dari daratan yang masuk melalui *run-off* (44%), atmosfer (33%), dan sisanya (berkisar 12%) bersumber dari aktivitas laut, kecelakaan kapal, dan pengeboran lepas pantai (Tuahatu dkk., 2022). Menurut Ali, dkk. (2013), Jalur masuknya logam berat ke lingkungan dapat berasal dari sumber alami meliputi pelapukan mineral, erosi, atau aktivitas vulkanik, maupun dari aktivitas antropogenik dari manusia.

Masuknya logam berat ke lingkungan salah satunya berpotensi terjadi pada ekosistem mangrove, yakni karena ekosistem tersebut kaya dengan sulfida dan

bahan organik yang tinggi maupun terjadi pada kondisi redoks. Logam berat yang masuk ke ekosistem mangrove dapat berasal dari sungai, intrusi air laut, dan atmosfer (Bayen, 2012). Potensi masuknya logam berat dalam jumlah besar ke ekosistem mangrove dan kemampuan mangrove yang bisa menyimpan logam berat dapat menjadi berbahaya bagi rantai makanan yang ada di dalamnya, karena akan terjadi akumulasi, transfer bahan dan energi, serta logam berat akan terbawa hingga tingkat trofik tertinggi (Puspasari, 2017). Dengan demikian, organisme yang ada pada setiap tingkatan trofik akan terkontaminasi. Jika hal ini terjadi maka dalam jangka panjang ekosistem mangrove akan mengalami degradasi atau kerusakan.

2.3.1 Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan unsur logam yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia dengan ciri berwarna putih keperakan, liat, dapat dibentuk. Fe termasuk dalam logam golongan VIII dengan berat atom 55,85 g.mol⁻¹ dan memiliki nomor atom 26. Logam Fe termasuk sebagai unsur logam berat esensial yang dibutuhkan organisme hidup dalam kadar tertentu. Namun, apabila kandungan Fe yang berlebihan di suatu lingkungan maka akan berdampak sangat berbahaya yang menyebabkan pencemaran bagi lingkungan maupun organisme di sekitarnya. Fe yang masuk dalam perairan dapat bersumber dari aktivitas manusia seperti aktivitas perkapalan, pertambangan, tumpahan minyak dan lainnya (Savitri, 2019).

2.3.2 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur mineral makro dan jenis logam berat esensial yang dapat ditemukan di perairan alami, serta unsur yang dibutuhkan dalam proses fisiologis organisme (tumbuhan dan hewan) dalam kadar yang cukup (Kariada & Irsadi, 2014; Utami dkk., 2018). Kadar tembaga alami di perairan umumnya berkisar 0,02 mg/liter. Dalam kadar yang rendah, Cu dapat membantu merangsang pertumbuhan organisme, namun kadar Cu yang tinggi dapat menjadi penghambat ataupun dapat bersifat toksik. Kadar Cu yang tinggi dapat bersifat toksik pada manusia yang menyebabkan keracunan akut ditandai dengan gejala awal mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, bahkan kematian.

Pada kasus keracunan kronis, Cu yang terakumulasi dalam hati manusia akan menyebabkan hemolisis yang bisa menyebabkan anemia dan hambatan pada pertumbuhan (Setiawan, 2013). Menurut Utami (2018), Cu dapat secara alami masuk ke tatanan lingkungan dalam bentuk sulfida (CuS) ataupun sebagai efek samping kegiatan antropologi manusia. Sumber alami Cu adalah dari pengikisan (erosi) dari batuan-batuan mineral dan debu-debu mengandung partikulat Cu yang dibawa turun air hujan. Sedangkan sumber Cu dari kegiatan manusia dapat berasal dari aktivitas industri, pertambangan tembaga, galangan kapal, kegiatan perkapalan, maupun aktivitas rumah tangga. Cu pada kegiatan rumah tangga biasanya terdapat pada pembersih lantai yang mengandung CuO, campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, dan buangan rumah tangga lainnya (Setiawan, 2013).

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan pembanding terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembanding.

Tabel 2. 1. Referensi Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1.	Yulma dkk. (2019)	Kandungan Bahan Organik Fosfor (P) pada Sedimen Berdasarkan Kedalaman di Hutan Mangrove Mamburungan Kota Tarakan	Metode Kuantitatif Deskriptif	Kandungan bahan organik Fosfor pada Kawasan Hutan Mangrove Mamburungan berdasarkan kedalaman 10 cm; 20 cm; 30 cm menunjukkan kandungan bahan organik Fosfor tergolong sangat tinggi yakni berkisar 10,11 – 101,15 mg/l; 7,04 – 141,98 mg/l; 29,41 – 66,88 mg/l.
2.	Pradipta (2016)	Studi Kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada Sedimen Mangrove di Wilayah Ekowisata Wonorejo Surabaya dan Pesisir Jenu Kabupaten Tuban	Metode Deskriptif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan fosfor paling tinggi yakni berada pada wilayah pesisir Jenu, Tuban yaitu 0,043 ppm dan kandungan fosfor terendah yakni pada wilayah Ekowisata Mangrove Wonorejo, Surabaya yaitu 0,021 ppm.

No	Nama Peneliti (Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
3.	Citra dkk. (2020)	Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis <i>Avicennia</i> dan <i>Rhizophora</i> di Desa Tapak Tugurejo, Semarang	Metode Purposive Sampling dan Eksplanatif	Hasil Penelitian menunjukkan bahwa kandungan fosfat pada sedimen baik <i>Avicennia</i> dan <i>Rhizophora</i> yakni 1,16 mg/100g dan 1,74 mg/100g
4.	Nugroho dkk. (2013)	Studi Kandungan Bahan Organik dan Mineral (N, P, K, Fe, dan Mg) Sedimen di Kawasan Mangrove Desa Bedono Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak	Metode deskriptif dan pengambilan sampel menggunakan metode <i>purposive sampling</i>	Hasil penelitian menunjukan kandungan bahan organik di lokasi muara sungai Tunjung Sari (15,42%) dan Gonjol (16,46%) dominan lebih tinggi dibandingkan dengan Sayung (12,48%) dan Soban (12,06%). Kandungan N di Tunjung Sari (0,46%) dan Soban (0,43%) lebih tinggi dibandingkan dengan Gonjol (0,27%) dan Sayung (0,29%). Kandungan P, Gonjol (354,73 mg/kg) lebih tinggi disusul Tunjung Sari (245,60 mg/kg), Sayung (203,43 mg/kg) dan stasiun yang memiliki nilai terendah adalah pada Soban (80,42 mg/kg). Nilai rata-rata kandungan K hampir

No	Nama Peneliti (Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
				sama dengan kandungan N, dimana pada Tunjung Sari (0,50%) dan Soban (0,54%) dan lebih rendah terdapat pada Gonjol (0,39%) dan Sayung (0,35%). Kandungan Fe pada Gonjol (5,52 %) lebih tinggi dari Tunjung Sari (3,93 %), Sayung (2,55 %) dan Soban (3,92 %). Nilai kandungan Mg di Tunjung Sari (0,125 %) lebih tinggi dari pada Gonjol (0,075 %), Sayung (0,080 %) dan Soban (0,006 %).
5	Tuahatu dkk. (2022)	Konsentrasi Logam Berat Pb Dan Cd Dalam Sedimen Pada Ekosistem Mangrove Di Teluk Ambon	Metode purposive sampling dan <i>Nitric Acid-Perchloric Acid Digestion</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Plumbum (Pb) berada dalam rentang 18,25-35,98 mg/kg, sedangkan Cadmium (Cd) berkisar antara 1,57-2,70 mg/kg. Analisis menunjukkan bahwa meskipun Pb terdeteksi dalam konsentrasi yang cukup tinggi, nilainya belum melebihi ambang batas toksik. Di sisi lain, konsentrasi Cd sudah mendekati ambang batas toksik. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sedimen telah terkontaminasi oleh

No	Nama Peneliti (Tahun Penelitian)	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
				logam berat Pb dan Cd, tetapi belum memberikan dampak negatif pada ekosistem mangrove. Hal ini juga menunjukkan adanya proses filtrasi alami.
6	Hamzah & Setiawan (2010)	Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Dan Zn Di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara		

Berdasarkan hasil analisis dari beberapa penelitian terdahulu, diketahui bahwa pengujian hanya dilakukan pada beberapa parameter, titik, atau kedalaman sedimen yang berbeda, namun tidak ada analisis yang membandingkan faktor lingkungan yang mempengaruhi kandungan nutrisi dan logam berat di lokasi yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan nutrisi (P dan K) dan Logam Berat (Fe dan Cu) dalam sedimen pada beberapa lokasi yang berbeda dengan mempertimbangkan faktor lingkungan di dalamnya.

BAB III

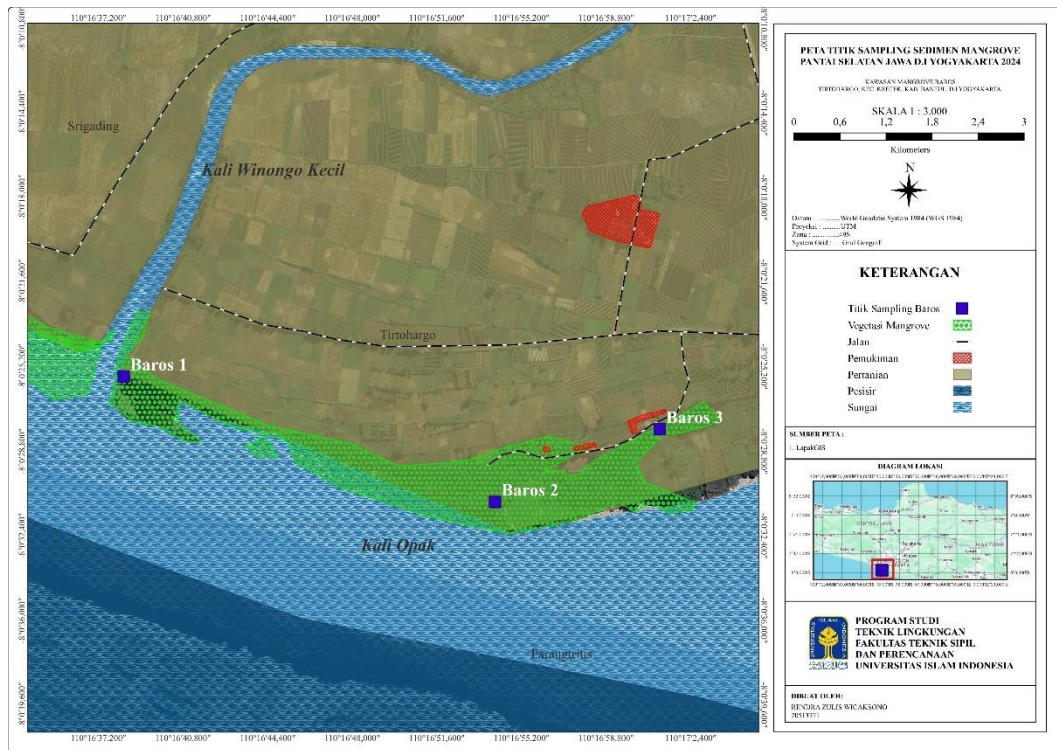
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

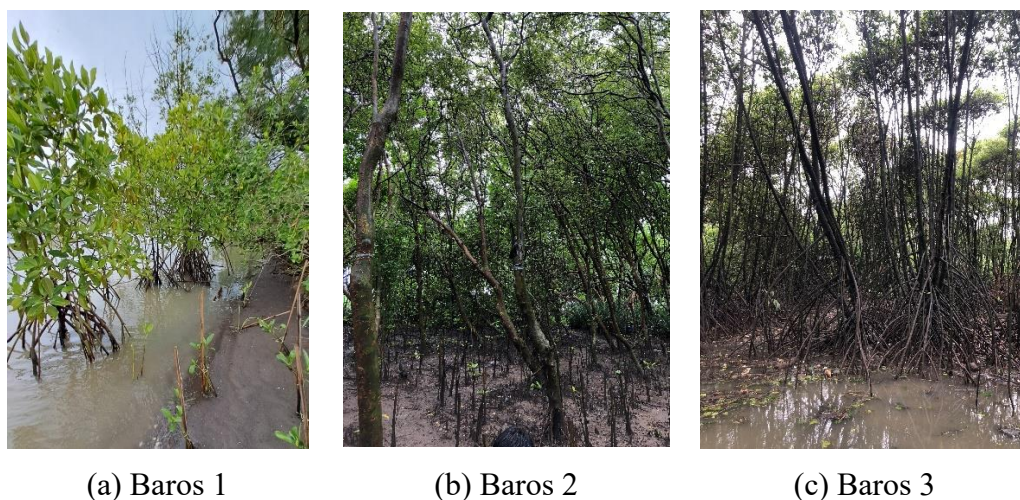
Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2024 - November 2024 dengan pengambilan sampel sedimen dari Kawasan Mangrove Baros (Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta), Mangrove Morosari (Demak, Jawa Tengah), dan Pasar Kubro (Kota Semarang, Jawa Tengah). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Titik lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini ditunjukkan Tabel 3.2 dan Gambar 3.1; 3.2; 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 2. Titik Koordinat Lokasi Sampel

Lokasi Penelitian	Titik Sampel	Letak Geografis	
		Bujur (S)	Lintang (E)
Baros	1	-8.008747	110.281476
	2	-8.007157	100.277406
	3	-8.008098	110.283080
Morosari	1	-6.926124	110.484954
	2	-6.925669	100.486540
	3	-6.925337	110.487364
Kubro	1	-6.950830	110.449869
	2	-6.950690	110.450068
	3	-6.950589	110.450260



Gambar 3. 1. Peta Lokasi Sampel Pesisir Selatan Jawa (Baros, D.I Yogyakarta)



(a) Baros 1

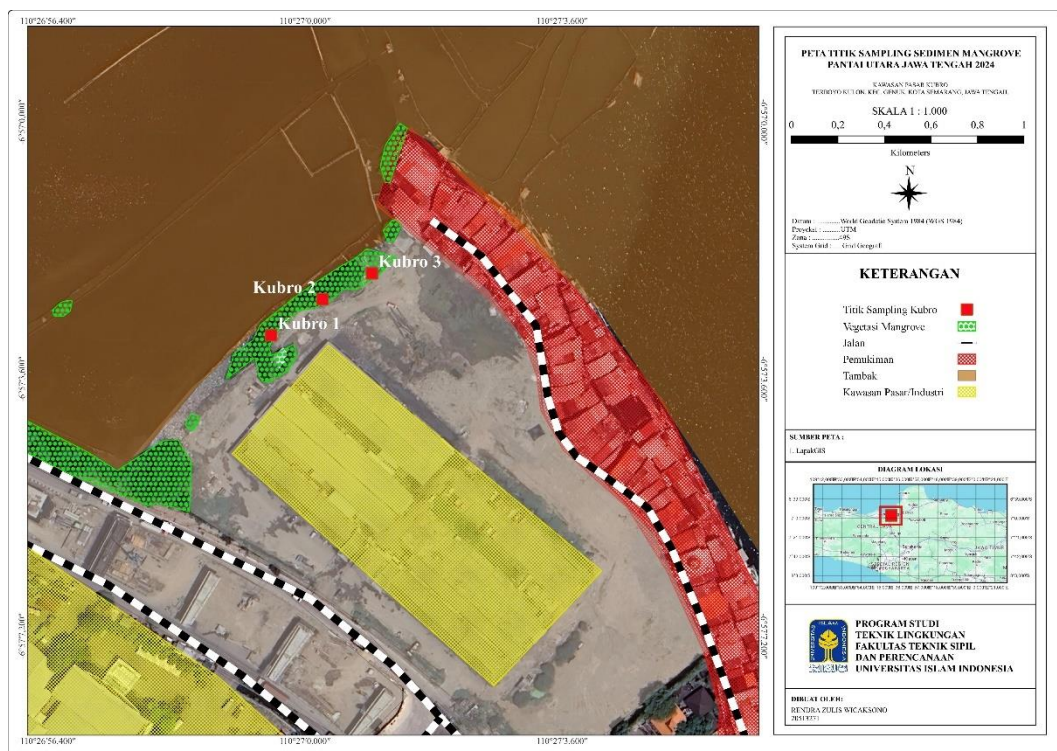
(b) Baros 2

(c) Baros 3

Gambar 3. 2. Kondisi Pesisir Baros.

Lokasi Baros merupakan kawasan ekowisata yang berbatasan dengan Muara Sungai Winongo Kecil Dan Muara Sungai Opak yang terletak di Desa Tirtohargo, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Batas wilayah pada lokasi Baros yakni area pertanian dan pemukiman Desa Tirtohargo (Utara),

Pantai Baros dan Samudra Hindia (Selatan), Aliran Sungai Opak (Timur), serta lahan pertanian dan Sungai Winongo Kecil (Barat). Baros memiliki kondisi ekosistem yang cukup baik antara lain ditumbuhi vegetasi mangrove dengan kerapatan yang tinggi diantaranya jenis *Rhizophora Mucronata*, *Avicennia Marina*, *Bruguiera Gymnorhiza*. Selain itu, terdapat tingginya aktivitas ekologis seperti habitat ikan tembakul (*Oxudercinae*), kepiting kecil (*Uca sp.*), dan banyaknya keberadaan burung kuntul (*Egretta Garzett*) di dalam ekosistem Kawasan Baros.



Gambar 3. 3. Peta Lokasi Sampel Pesisir Utara Jawa (Kubro, Jawa Tengah)



(a) Kubro 1



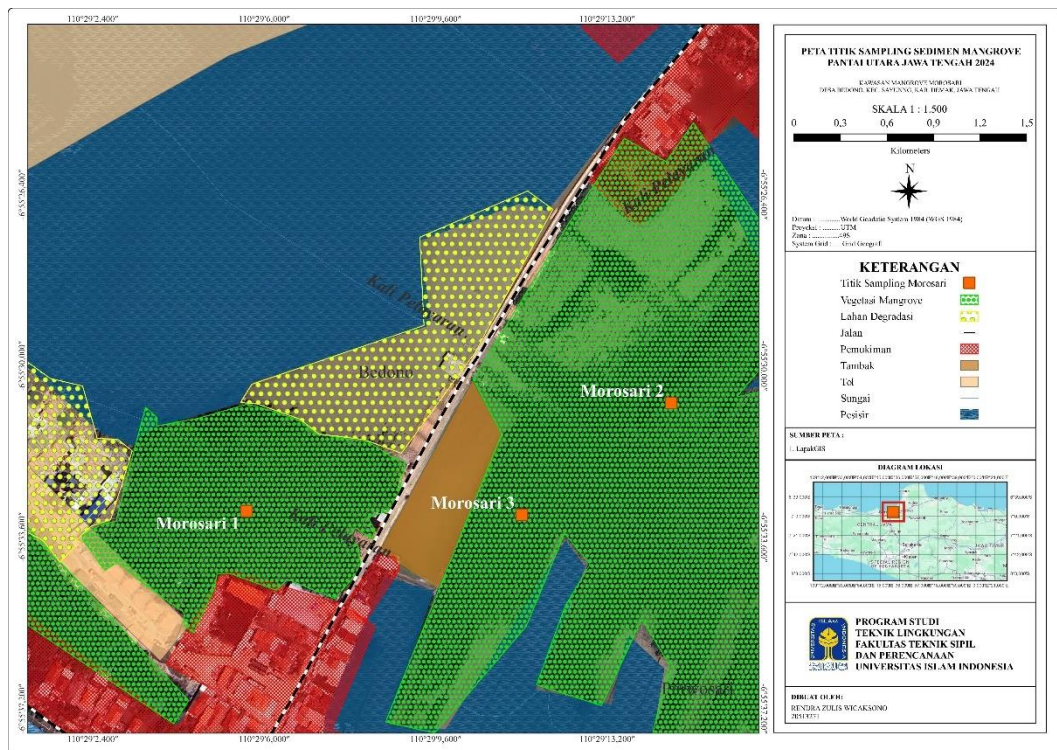
(b) Kubro 2



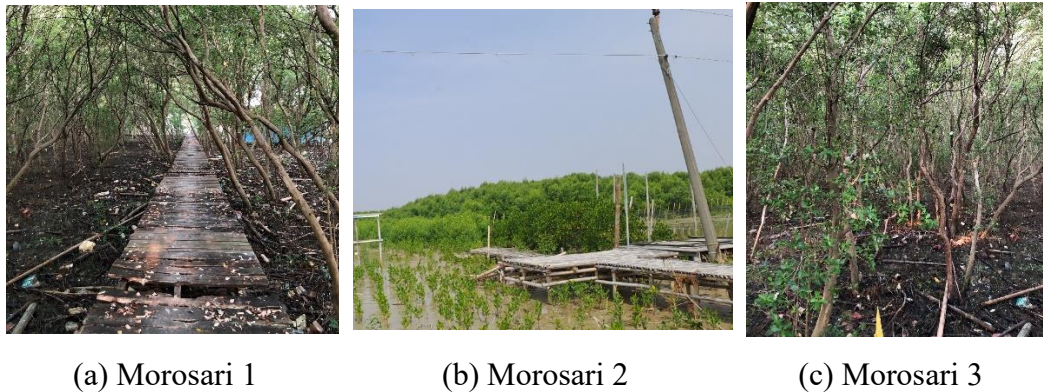
(c) Kubro 3

Gambar 3. 4. Kondisi Pesisir Kubro

Lokasi Kubro berada pada wilayah perkotaan padat dan letaknya di antara kawasan pasar pemotongan hewan dan tambak di Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah. Kawasan ini berada di wilayah perkotaan Kota Semarang yang memiliki pemukiman yang padat, sehingga memungkinkan tingginya aktivitas antropogenik daripada lokasi lainnya yang dapat berpengaruh terhadap lingkungan pesisir. Kondisi lingkungan di wilayah Kubro memiliki lahan pesisir yang ditumbuhi vegetasi mangrove yang relatif sedikit berjenis *Avicennia Marina* dan ditemukan terdapat banyaknya sampah disekitarnya. Batas wilayah pada lokasi Kubro yakni Wilayah Kelurahan Terboyo Wetan dan wilayah pesisir utara Kota Semarang (Utara), Wilayah Kelurahan Genuksari dan beberapa kawasan industri di sekitar Genuk (Selatan), Area Tambakrejo dan beberapa kawasan industri lainnya (Timur), serta Kelurahan Muktiharjo Kidul dan wilayah Tambaklorok (Barat).



Gambar 3. 5. Peta Lokasi Sampel Pesisir Utara Jawa (Morosari, Jawa Tengah)



Gambar 3. 6. Kondisi Pesisir Morosari

Lokasi Morosari merupakan kawasan ekowisata yang berbatasan dengan pesisir langsung dan pemukiman, terletak di Desa Tambaksari, Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Batas wilayah pada lokasi Morosari yakni Laut Jawa (Utara), Permukiman; area pertanian; dan tambak (Selatan), Desa

Bedono (Timur), serta Kawasan pesisir lainnya di Kecamatan Sayung (Barat). Kondisi lingkungan di wilayah Morosari ditumbuhi vegetasi mangrove dengan kerapatan yang tinggi diantaranya jenis *Rhizophora Mucronata*, *Avicennia Marina*, *Avicennia Alba*. Namun pada lokasi Morosari ditemukan kondisi ekosistem yang kurang baik, dengan sebagian lahan mangrove yang terdegradasi oleh abrasi maupun dari adanya pembangunan di sekitar kawasan mangrove seperti pembangunan Tol (Tol Semarang-Demak), tambak, pemukiman, dll. Ditemukan juga bahwa kondisi sedimen pada kawasan ekowisata tersebut berwarna hitam dan lahan yang dipenuhi oleh banyaknya sampah. Terdapat aktivitas ekologis seperti habitat ikan tembakul (*Oxudercinae*) dan kepiting kecil (*Uca sp.*).

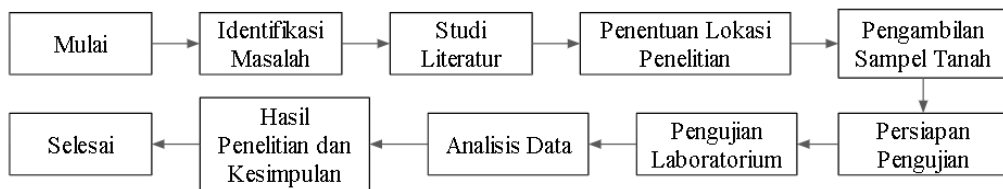
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut : Ring Sampel, GPS, Palu, Cetok, Roll Meter, Timbangan Analitik dengan keterbacaan 0,01 g, Timbangan Analitik dengan keterbacaan 0,1 mg, *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS), Hot Plate, Cawan Porselin, Botol kocok 100 ml, mesin pengocok, pH meter, Erlenmeyer, Gelas Ukur, Pipet Ukur, Pipet Volumetrik, Gelas Beaker, Labu Ukur 100 mL dan 1000 mL, Kertas Saring Whatman 40, Plastik Ziplock.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut : Kantong Sampel, Kertas Label; Air bebas mineral; KCl 1 m (KCl 74,5 gram dengan air bebas ion), Asam nitrat (HNO_3) pekat; Asam nitrat (HNO_3) 1:1 : tambahkan 500 ml HNO_3 pekat ke dalam 400 ml air bebas mineral dan encerkan sampai 1 l; Asam klorida (HCl) pekat; Hidrogen peroksida (H_2O_2) 30 %; dan Media penyaring dengan ukuran pori 20 μm .

3.2 Prosedur Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif dengan menggunakan *Spektrofotometri* atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Dalam melaksanakan penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yang disajikan di dalam diagram pada Gambar 3.7 berikut ini:

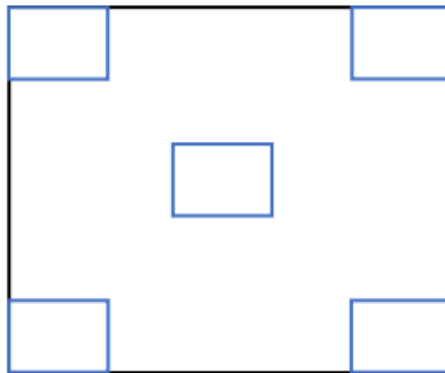


Gambar 3. 7. Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan metode pertimbangan atau *purposive sampling method* yang ditentukan berdasarkan kondisi wilayah diantaranya pada mangrove yang berdekatan dengan pemukiman, tambak, muara sungai, dan pesisir. Lokasi ditentukan melalui citra satelit menggunakan bantuan *software QGIS 3.26.3* dan survei langsung. Penentuan titik lokasi tersebut dipilih adalah dengan tujuan agar sampel dapat bersifat representatif atau keterwakilan data dari keseluruhan wilayah. Pengambilan sampel dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Menyiapkan 5 kantong sampel dalam satu titik petak ukur (20 x 20 meter)
- Sampel tanah yang diambil harus bebas dari akar tanaman mangrove dan pengotor lainnya
- Sampel tanah diambil sedalam 20 cm menggunakan cetok
- Sebanyak 5 sampel tanah tersebut dikompositkan
- Sampel disimpan hingga waktu analisis



Gambar 3. 8. Sketsa Pengambilan Sampel Sedimen Mangrove (Bachtiar dkk., 2023)

3.3.2 Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Sampel tanah yang diuji berjumlah 9 sampel dan diuji berdasarkan pada parameter pH, nutrisi (P dan K) dan logam berat (Fe, dan Cu). Tanah yang akan diuji terlebih dahulu dilakukan penetapan kadar air keringnya dan persiapan lainnya seperti pengeringan, pengayakan, dan penyimpanan. Kadar air dari sampel diketahui dari nilai perbedaan bobot sampel sebelum dan setelah dikeringkan. Faktor koreksi kelembapan dihitung dari kadar air sampel. Bobot yang hilang tersebut merupakan nilai bobot air. Perhitungan:

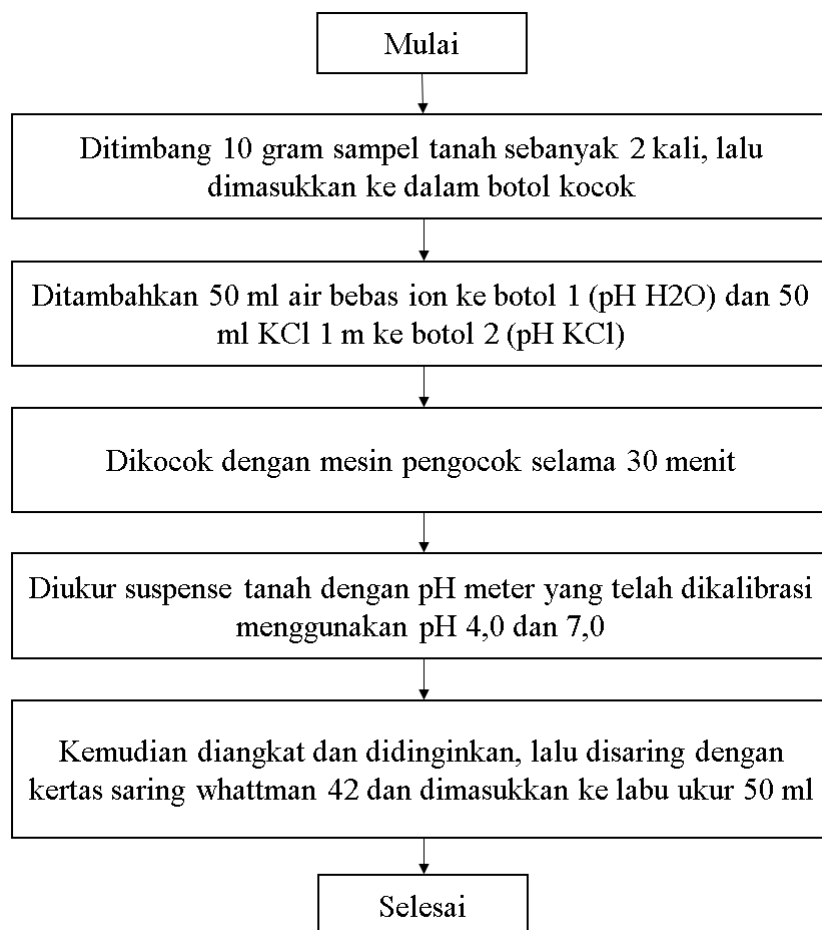
$$\text{Kadar air (\%)} = (\text{kehilangan bobot/bobot contoh}) \times 100$$

$$\text{Faktor Koreksi Kadar Air (fk)} = 100(100 - \text{kadar air})$$

Selanjutnya, sampel tanah dikeringkan dan dihaluskan. Kemudian diayak menggunakan sieve shaker dengan ukuran 100 sampai $< 2\mu$. Selanjutnya sampel dapat disimpan atau dapat langsung dilakukan analisis.

3.3.2.1 Pengujian pH

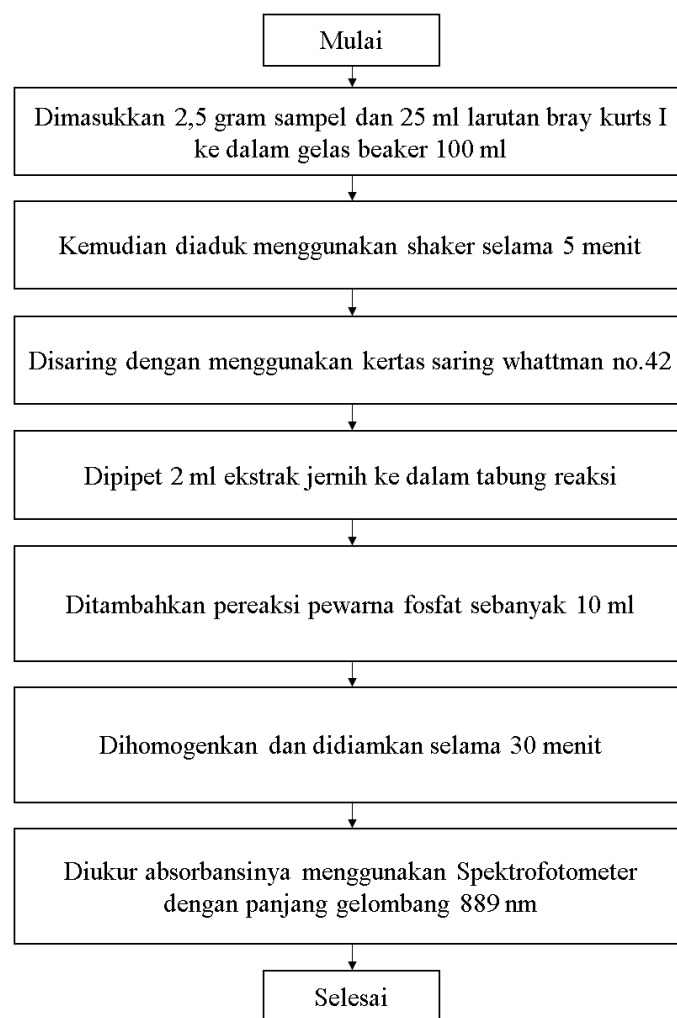
Nilai pH menunjukkan kondisi konsentrasi ion H^+ dalam larutan tanah, yang dinyatakan sebagai $-\log[H^+]$. Meningkatnya konsentrasi H^+ akan menaikkan potensial larutan yang akan diukur oleh alat/ konversi dalam skala pH. Konsentrasi H^+ yang diekstrak dengan air akan menyatakan nilai kemasaman aktif (aktual), sedangkan pengestrak KCl 1 M akan menyatakan nilai kemasaman cadangan (potensial). Pengujian pH dilakukan dengan perbandingan rasio tanah : pengestrak yakni rasio 1 : 5, melalui prosedur berikut ini:



Gambar 3. 9. Tahap Pengujian pH Tanah (Eviati dkk., 2023)

3.3.2.2 Pengujian P tersedia

Pengujian P tersedia dilakukan dengan menggunakan Metode Bray I (1945). Metode ini tetap relevan untuk pengujian terhadap ketersediaan fosfor di tanah yang memiliki kondisi pH netral. Fosfat dalam kondisi asam akan terikat sebagai senyawa Fe dan Al-fosfat yang sulit larut. Unsur NH_4F yang pada pengestrak Bray akan membentuk senyawa kompleks dengan Fe dan Al, sehingga dapat memisahkan ion PO_4^{3-} . Pengujian P tersedia melalui prosedur dibawah ini:



Gambar 3. 10. Tahap Pengujian P tersedia (Eviati dkk., 2023)

Perhitungan

Penentuan kadar P tersedia pada sedimen dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini yang mengacu pada BPSI Tanah dan Pupuk Tahun 2023 (Eviati dkk., 2023).

Kadar P_2O_5 tersedia (ppm):

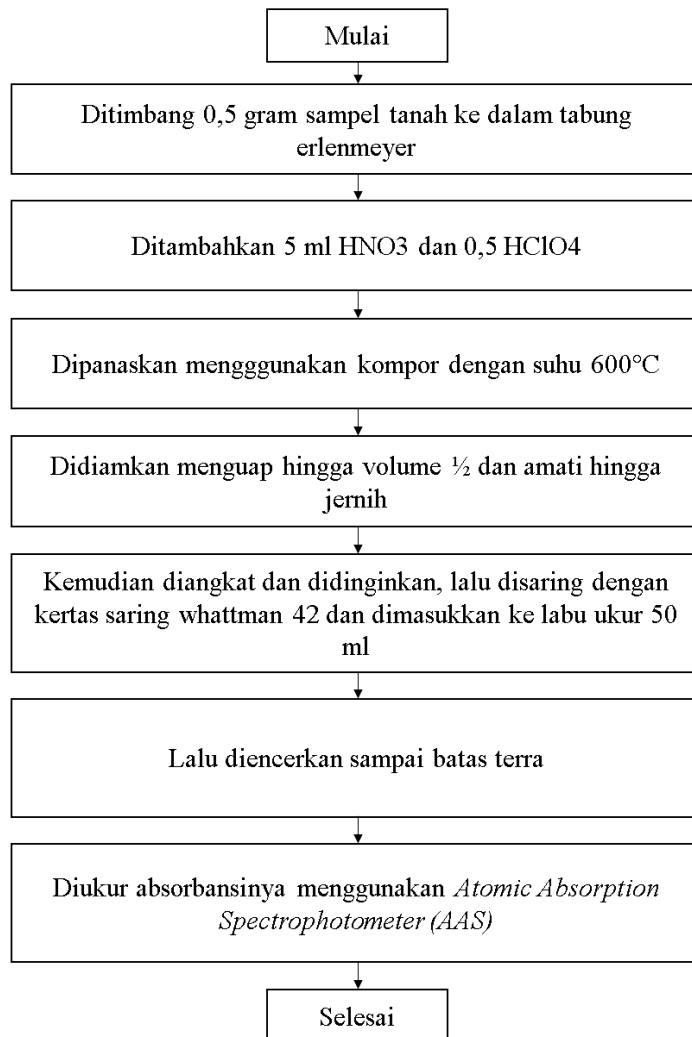
$$\begin{aligned} &= \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 25/1000 \times 1000/2,5 \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ &= \dots \text{ ppm (1 ppm = 1 mg/kg)} \end{aligned}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.
Fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$
Fp = faktor pengenceran

3.3.2.3 Pengujian K, Fe dan Cu

Kandungan dalam tanah berupa unsur makro dan mikro total seperti K, Fe, dan Cu dapat diekstrak menggunakan metode pengabuan basa yakni melalui pencampuran asam pekat HNO_3 dan $HClO_4$. Kemudian kadar makro dan mikro yang telah diekstrak dapat diukur menggunakan Spektrofotometer atau SSA. Campuran HNO_3 dan $HClO_4$ merupakan oksidator yang sangat kuat dan efisien dalam menguraikan komponen organik dalam sampel. Proses ini untuk memastikan bahwa mineral yang terikat dalam bentuk organik dapat dilepaskan dan dianalisis dengan tepat. HNO_3 berperan dalam melarutkan logam, sedangkan $HClO_4$ berkontribusi pada oksidasi lebih lanjut terhadap sisa-sisa organik yang mungkin masih tersisa.



Gambar 3. 11. Tahap Pengujian menggunakan Cara Pengabuan Basah untuk Unsur Makro dan Mikro (Eviati dkk., 2023)

Perhitungan

Penentuan kadar K pada sedimen dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini yang mengacu pada BPSI Tanah dan Pupuk Tahun 2023 (Eviati dkk., 2023).

Kadar K (%):

$$\begin{aligned}
 &= \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 100/\text{mg contoh} \times \text{fp} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 25/1000 \times 100/500 \times 100 \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 0,5 \times \text{fk} \\
 &= \dots \% (1\% = 10000 \text{ mg/kg})
 \end{aligned}$$

Penentuan kadar logam berat Fe dan Cu pada sedimen dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini yang mengacu pada BPSI Tanah dan Pupuk Tahun 2023.

Kadar Fe, Cu (ppm):

$$\begin{aligned} &= \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1000 \text{ ml} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 25 / 1000 \times 1000 / 0,5 \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 0,5 \times \text{fk} \\ &= \dots \text{ ppm (1 ppm = 1 mg/kg)} \end{aligned}$$

Keterangan:

ppm kurva	= kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.
100	= konversi ke % (pada satuan %)
Fk	= faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$
Fp	= faktor pengenceran

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Kondisi Sedimen Mangrove

4.1.1 Tingkat pH

Penentuan pH pada tanah atau sedimen dilakukan dengan pengujian pH H₂O dan pH KCl. Penilaian pH sedimen dapat ditentukan berdasarkan kriteria sedimen yang mengacu pada Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Tahun 2023. Hal tersebut untuk mengetahui kondisi tanah apakah termasuk dalam keadaan asam, netral, atau alkalis. Berdasarkan hasil pengujian pH sedimen pada masing-masing lokasi menunjukkan hasil nilai yang relatif bervariasi. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel di bawah.

Tabel 4. 3. Hasil Uji pH H₂O dan pH KCl pada Sedimen

Lokasi Sampel	Titik Lokasi	Nilai pH		*) Kriteria
		H ₂ O	KCl	
Baros	Baros 1	5,71	4,55	<i>Agak Asam</i>
	Baros 2	7,69	6,39	<i>Agak Alkalis</i>
	Baros 3	8,16	6,96	<i>Agak Alkalis</i>
Morosari	Morosari 1	7,85	7,82	<i>Agak Alkalis</i>
	Morosari 2	8,00	7,76	<i>Agak Alkalis</i>
	Morosari 3	7,95	7,77	<i>Agak Alkalis</i>
Kubro	Kubro 1	7,85	7,33	<i>Agak Alkalis</i>
	Kubro 2	8,00	7,39	<i>Agak Alkalis</i>
	Kubro 3	7,95	7,34	<i>Agak Alkalis</i>

*) Kriteria : Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Tahun 2023

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian pH H₂O pada sampel sedimen dari masing-masing lokasi yang memiliki nilai yang relatif bervariasi dengan berkisar

pada rentang 5,71-8,16. Nilai tersebut menunjukkan kondisi sedimen dalam kondisi yang Agak Asam-Agak Alkalis atau dalam kisaran 5,5-8,5. Mangrove umumnya memiliki pH tanah yang netral hingga sedikit asam yakni dengan rentang nilai antara 6-7. Pada kisaran nilai pH netral tersebut merupakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan mangrove (Bachtiar dkk., 2023).

Nilai pH H₂O pada sedimen Baros menunjukkan nilai pH H₂O pada titik 1 yakni 5,71 (agak asam) hingga 8,16 (agak alkali). Kondisi agak asam dimungkinkan dari pengaruh letak sedimen yang dekat dengan muara Sungai. Pada penelitian Tuahatu dkk. (2022) diketahui bahwa kondisi sedimen dekat sungai diduga dapat membawa endapan bahan organik tinggi yang juga turut mempengaruhi rendahnya pH, dimana hal tersebut akan meningkatkan kelarutan logam dan meningkatkan toksisitas logam berat di dalamnya. Morosari memiliki nilai pH H₂O rerata yaitu 7,93 (Agak Alkalis), dan Kubro memiliki nilai pH 7,93 (Agak Alkalis). Kondisi pH H₂O pada lokasi Baros yang memiliki kondisi pH netral yang menunjukkan sedimen pada kondisi yang cukup ideal untuk pertumbuhan mangrove disekitarnya. Sementara Kondisi pH H₂O pada lokasi Morosari dan Kubro yang memiliki kondisi pH Agak Alkalis menunjukkan sedimen pada kondisi yang kurang ideal untuk pertumbuhan mangrove disekitarnya, dimana hal tersebut akan mempengaruhi keseimbangan penyerapan nutrient pada tanaman yakni mempercepat penyerapan ion amonium daripada ion nitrat oleh tanaman (Pradipta, 2016).

Murdiyanto (2004) menjelaskan bahwa pH tanah mempengaruhi transportasi dan keberadaan nutrien yang diperlukan tanaman. Pradipta (2016) menjelaskan bahwa pada kondisi pH tanah yang netral akan mempengaruhi transportasi dan keberadaan nutrient yang dibutuhkan tanaman, dimana akan mempermudah penyerapan ion amonium dan ion nitrat dapat dilakukan secara seimbang oleh tanaman. pH tanah menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman, pada umumnya unsur hara mudah diserap tanaman pada pH tanah sekitar netral karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. (Arisandy dkk., 2012).

Sedangkan hasil pengamatan pH KCl pada setiap lokasi memiliki kisaran nilai yakni 4,5-7,8 yang menunjukkan kondisi asam-netral. Nilai pH KCl pada sedimen

Baros menunjukkan nilai yaitu (agak alkalis), Morosari memiliki nilai pH yaitu 8,6 (alkalis), dan Kubro memiliki nilai pH 8,5 (agak alkalis). Kondisi pH KCl pada rentanf tersebut di setiap lokasi mengindikasikan bahwa sedimen potensial memiliki kecenderungan yang bersifat pH Asam-Netral.

4.1.2 Kandungan Fosfor (P) dan Kalium (K)

Penilaian kadar P dan K ditentukan berdasarkan kriteria Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Tahun 2023 untuk mengetahui kondisi sedimen memiliki kadar unsur hara yang rendah, sedang, atau tinggi.

Tabel 4. 4. Hasil Uji Fosfor dan Kalium pada Sedimen Mangrove

Lokasi Sampel	Titik Lokasi	Kadar Fosfor (P)		*) Kriteria	Kadar Kalium (K)			*) Kriteria
		(mg/kg)	Rerata (mg/kg)		%	$\times 10^3$ (mg/kg)	Rerata $\times 10^3$ (mg/kg)	
Baros	Baros 1	102,93		<i>Sangat Tinggi</i>	0,51	5,13		<i>Sangat Tinggi</i>
	Baros 2	22,02	48,04		0,49	4,92	4,71	
	Baros 3	19,16			0,41	4,09		
Morosari	Morosari 1	4,34		<i>Sedang</i>	0,82	8,20		<i>Sangat Tinggi</i>
	Morosari 2	5,03	7,09		0,67	6,66	6,70	
	Morosari 3	11,91			0,52	5,25		
Kubro	Kubro 1	21,05		<i>Sangat Tinggi</i>	0,84	8,39		<i>Sangat Tinggi</i>
	Kubro 2	18,34	20,90		0,70	7,05	6,05	
	Kubro 3	23,32			0,27	2,72		

*) Kriteria : Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Tahun 2023

Berdasarkan Tabel 4. 3. ditemukan bahwa hasil pengujian Fosfor (P) dan Kalium (K) dalam sedimen mangrove pada masing-masing lokasi menunjukkan kadar P tanah/sedimen yang termasuk dalam kriteria sedang (3-8 mg/kg) - sangat tinggi (>13 mg/kg) dan kadar K tergolong kriteria sangat tinggi (>58 mg/kg). Sedimen Baros menunjukkan kadar P rerata yang tertinggi dari lokasi lainnya yakni

berkisar pada 19,16-102,93 mg/kg atau dengan rerata 48,04 mg/kg (sangat tinggi). Kadar P tersebut diklasifikasikan dalam tingkat kesuburan yang sangat baik. Namun kadar K pada sedimen Baros memiliki kadar terendah dari lokasi lainnya dengan rentang berkisar $4,09 \times 10^3$ - $5,13 \times 10^3$ mg/kg atau rerata $4,71 \times 10^3$ mg/kg (sangat tinggi). Berdasarkan letaknya, lokasi Baros berbatasan dengan Muara Sungai Opak dan Sungai Winongo Kecil yang melintasi area pertanian di sekitar lokasi Baros. Khususnya pada sedimen Baros 1 terletak sebagai lokasi yang paling dekat yakni berkisar ± 500 m dengan Sungai Winongo Kecil, menunjukkan kadar P tertinggi yakni 102,93 mg/kg. Sedimen yang terletak berdekatan dengan muara sungai akan cenderung memiliki kandungan fosfor yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Rahmadani dkk. (2021) yang menyatakan bahwa sumber fosfat di perairan laut di wilayah pesisir adalah berasal dari sungai. Aliran sungai dapat membawa hanyutan sampah maupun sumber fosfat dari daratan lainnya, sehingga sumber fosfat di muara sungai lebih besar daripada daerah lain disekitarnya. Yulma dkk. (2019) juga menjelaskan bahwa kandungan fosfor pada sedimen dapat berasal dari endapan terestrial terdekomposisi yang terbawa oleh aliran sungai menuju laut. Selain itu kondisi sekitar di sepanjang aliran Sungai Opak dan Winongo Kecil merupakan kawasan pertanian, dimana kondisi tersebut memungkinkan adanya penggunaan pupuk pada aktivitas pertanian yang dapat menyebabkan tingginya masukan fosfor ke badan air sungai dan dapat mempengaruhi kandungan fosfor pada sedimen mangrove di muara sungai. Sumber utama unsur fosfor dapat berasal dari mineral yang mengandung fosfor serta bahan organik dan endapan terestrial yang mengalami erosi dan pupuk pertanian yang dibawa oleh aliran sungai (Chair, 2020).

Sedimen Kubro juga memiliki kadar P yang sangat tinggi yakni berkisar pada 18,34-23,32 mg/kg atau dengan rerata 20,90 mg/kg (sangat tinggi). Kadar P tersebut diklasifikasikan dalam tingkat kesuburan yang sangat baik. Sedangkan kadar K pada sedimen Kubro memiliki rentang berkisar $2,72 \times 10^3$ - $8,39 \times 10^3$ mg/kg atau dengan rerata yaitu $6,05 \times 10^3$ mg/kg (sangat tinggi). Berdasarkan letaknya, sedimen Kubro terletak pada area pasar dan berbatasan langsung dengan tambak. Aktivitas tambak memungkinkan adanya kontribusi terhadap terjadinya peningkatan kadar

fosfor dalam sedimen. Citra dkk. (2020) menyatakan bahwa kandungan fosfat pada sedimen tidak berpengaruh dari jenis mangrove namun lebih dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti arus laut atau sungai yang membawa masukan berupa bahan organik terlarut, limbah dari kegiatan domestik, industri keramik, maupun tambak budidaya perikanan yang mengandung fosfat. Menurut Chair (2020) yang juga menyatakan bahwa aktivitas pertanian dan pertambakan umumnya banyak menggunakan pupuk yang mengandung unsur N dan P, sebagian dari pupuk tersebut kemudian akan hanyut ke laut atau masuk ke dalam ekosistem pesisir melalui aliran sungai dan berakhir menyebabkan peningkatan masukan fosfat. Peningkatan konsentrasi fosfat dapat juga terjadi karena adanya proses akumulasi sedimen dari aktivitas dan proses ekskresi oleh ikan di tambak yang dapat berupa bentuk *feces* (Yahra dkk., 2020).

Sedimen Morosari menunjukkan kadar fosfor yakni berkisar pada 4,34-11,91 mg/kg atau rerata 7,09 mg/kg (sedang). Kadar P tersebut diklasifikasikan dalam tingkat kesuburan yang baik. Sedangkan kadar K pada sedimen Morosari berkisar yakni $5,25 \times 10^3$ - $8,20 \times 10^3$ mg/kg atau rerata yaitu $6,70 \times 10^3$ mg/kg (sangat tinggi). Berdasarkan letaknya, sedimen Morosari terletak di area kawasan ekowisata yang berbatasan langsung dengan pesisir. Kadar P pada sedimen Morosari tergolong kategori sedang yang diduga karena lokasi tersebut berbatasan dengan pesisir, sehingga kadarnya lebih stabil dan sangat dipengaruhi oleh aktivitas pasang surut air laut di pesisir, serta tidak adanya sumber lain seperti muara sungai dan tambak yang mempengaruhi tingkat masukan unsur P. Menurut Yulma dkk (2019), bahwa aktivitas pasang surut yang terjadi di pesisir dapat mengakibatkan unsur-unsur yang terkandung dalam lapisan sedimen dibawahnya terkena bilasan sehingga konsentrasinya dapat lebih stabil. Produktivitas ekosistem mangrove tidak lepas dari suplai unsur hara ke ekosistem tersebut. Sumber unsur hara berasal dari arus pasang surut yang membawa unsur-unsur hara, sedimen dasar laut, suplai air sungai, maupun hasil dekomposisi serasah (Citra dkk., 2020).

Menurut Citra dkk. (2020), fosfor (P) di perairan dan sedimen berada dalam bentuk senyawa fosfat, yang terdiri atas fosfat terlarut dan fosfat partikulat. Senyawa fosfor yang tersimpan dalam sedimen dapat mengalami proses

dekomposisi dengan bantuan bakteri atau proses abiotik sehingga akan menghasilkan senyawa fosfat terlarut. Fosfat terlarut terbagi atas fosfat anorganik dan fosfat organik. Sumber fosfat dapat berasal dari degradasi bahan organik ataupun pelapukan batuan mineral dari daratan. Tingkat kadar fosfat sangat bergantung pada arus laut lepas dan jarak letaknya terhadap sumber penghasil fosfat (seperti dekomposisi bahan organik, pelapukan mineral, biota laut yang mati, dll). Kekurangan unsur fosfor pada sedimen dapat mengakibatkan pertumbuhan pada tanaman menjadi terhambat, lemah, dan kerdil (Yulma dkk., 2019). Kelebihan fosfat juga dapat menyebabkan peristiwa peledakan pertumbuhan alga (eutrofikasi) di perairan dengan efek samping menurunnya konsentrasi oksigen dalam badan air akibat peningkatan kebutuhan oksigen sehingga menyebabkan kematian biota air di dalamnya. Disamping itu, alga biru yang tumbuh subur karena melimpahnya fosfat mampu memproduksi senyawa racun yang dapat meracuni badan air (Rahmadani dkk., 2021).

Kadar P pada sedimen mangrove di masing-masing lokasi mengindikasikan kriteria tingkat kesuburan yang baik-sangat baik. Menurut Supriyanti dkk. (2018) dalam Citra dkk. (2020), kandungan fosfat 0,00-0,20 mg/100 g atau 0,0-2,0 mg/kg diklasifikasikan sebagai tanah dengan tingkat kesuburan rendah, 0,21 - 0,50 mg/100 g atau 2,1-5,0 mg/kg tingkat kesuburan sedang, 0,51 - 1 mg/100 g atau 5,1-10,0 mg/kg tingkat kesuburan baik, dan nilai fosfat > 1 mg/100 g atau > 10 mg/kg tingkat kesuburan yang sangat baik. Maka kadar P pada sedimen di lokasi Baros dan Kubro dapat diklasifikasikan memiliki tingkat kesuburan yang sangat baik, serta Morosari yang diklasifikasikan dalam tingkat kesuburan yang baik.

Namun kadar fosfor pada sedimen mangrove di masing-masing lokasi bisa saja terjadi peningkatan seiring waktu yang diakibatkan dari banyaknya sampah di kawasan mangrove dan potensi masukan sampah yang semakin meningkat dari aliran sungai atau arus pasang surut laut. Kadar fosfat sangat bergantung pada keberadaan jumlah organisme, bahan organik, dan sampah disekitarnya. Sampah yang sedikit cenderung akan menghasilkan fosfor yang sedikit di sedimen, begitu juga sebaliknya (Komalasari dkk., 2022). Tinggi peningkatan kadar fosfor yang berlebih dapat menyebabkan peristiwa eutrofikasi atau ledakan pertumbuhan alga

(eutrofikasi) yang bisa memicu penurunan konsentrasi oksigen dalam badan air akibat lonjakan kebutuhan oksigen, sehingga akan menyebabkan kematian biota air. Disamping itu, alga biru yang tumbuh subur karena melimpahnya fosfat mampu memproduksi senyawa racun yang dapat meracuni badan air (Rahmadani dkk., 2021b).

Sedangkan, unsur kalium (K) memiliki fungsi yang sangat penting sekali dalam proses metabolisme dan mempunyai pengaruh khusus dalam absorpsi hara, pengaturan pernapasan, transpirasi, mengaktifkan enzim-enzim. (Musa dkk., 2024). Sumber kalium dalam sedimen dapat berasal dari pelapukan mineral, aktivitas mikroba, atau input dari luar seperti limbah pertanian atau pemukiman. Kalium memiliki peran yang sedikit pada tanaman yaitu diantaranya sebagai penyusun komponen tanaman dan pengatur mekanisme fotosintesis, translokasi karbohidrat, serta sintesa protein. Variasi sumber antara lokasi dapat menyebabkan perbedaan kadar kalium. Kadar K pada sedimen mangrove di Baros, Morosari, dan Kubro yang sangat tinggi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sedimen dapat memicu pertumbuhan akar dan produktivitas tanaman yang baik, serta meningkatkan ketahanan yang tinggi dari gangguan patogen (Musa dkk., 2024). Namun di sisi lain, kadar K yang berlebih juga akan membahayakan kehidupan organisme di laut. Partaya & Setiati (2021) menjelaskan bahwa perairan laut umumnya memiliki kadar kalium rata-rata sekitar 380 ppm, sementara kadar yang melebihi 2000 ppm atau $2,00 \times 10^3$ mg/kg merupakan kondisi yang kurang baik dan dapat membahayakan kehidupan organisme lainnya di laut. Kelebihan K pada tanah akan menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan penyerapan pada unsur-unsur yang dibutuhkan seperti Ca dan Mg oleh tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman justru menjadi terhambat karena mengalami defisiensi pada unsur lainnya. Kekurangan unsur kalium pada tanah juga dapat menyebabkan masalah lain seperti daun tua akan mengerut dan keriting, timbul bercak merah kecoklatan pada daun, buah tumbuh tidak sempurna, kecil, mutunya jelek, hasilnya sedikit dan tidak tahan simpan.

4.2 Kandungan Logam Berat pada Sedimen Mangrove

Penilaian kadar Besi (Fe) ditentukan berdasarkan kriteria unsur mikro dan makro pada tanah/sedimen, sementara kadar Tembaga (Cu) pada sedimen ditentukan berdasarkan batas normal atau batas kritis yang mengacu pada kriteria Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023).

Tabel 4. 5. Hasil Uji Fe dan Cu pada Sedimen Mangrove

Lokasi Sampel	Titik Lokasi	Kadar Besi (Fe)			Kadar Tembaga (Cu)		
		(mg/kg)	<i>Rerata</i> (mg/kg)	*) Kriteria	(mg/kg)	<i>Rerata</i> (mg/kg)	*) Kriteria
Baros	Baros 1	5,4			2,9		
	Baros 2	6,5	6,96	<i>Sedang</i>	2,3	2,24	<i>Normal</i>
	Baros 3	8,9			1,5		
Morosari	Morosari 1	11,0			3,3		
	Morosari 2	6,6	9,29	<i>Sedang</i>	2,1	2,75	<i>Normal</i>
	Morosari 3	10,2			2,8		
Kubro	Kubro 1	12,7			14,2		
	Kubro 2	14,3	13,02	<i>Sedang</i>	14,9	14,49	<i>Normal</i>
	Kubro 3	12,1			14,3		

*) Kriteria : Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Tahun 2023

Tabel 4. 4. menunjukkan bahwa hasil analisis logam berat Fe dan Cu sedimen mangrove pada masing-masing lokasi termasuk dalam kriteria kadar Fe yang sedang (5-18 mg/kg) dan kadar Cu yang masih dalam batas normal (2-250 mg/kg). Menurut Allaway (1968) dalam Samosir dkk. (2023) menjelaskan bahwa umumnya konsentrasi logam berat Cu yang normal bagi tumbuhan adalah 4-15 ppm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa masing-masing lokasi memiliki kadar Fe dan Cu dibawah batas normal bagi tumbuhan, sehingga tidak membahayakan bagi perkembangan tumbuhan seperti mangrove.

Sedimen Kubro memiliki kadar Fe dan Cu yakni kadar Fe berkisar pada 12,1-14,3 mg/kg dan kadar Cu berkisar 14,2-14,9 mg/kg. Sedimen Morosari yang memiliki kadar Fe yaitu berkisar 6,6-11,0 mg/kg dan kadar Cu yaitu berkisar 2,1-

3,3 mg/kg. Kemudian sedimen Baros yang memiliki kadar Fe yaitu berkisar 5,4-8,9 mg/kg dan kadar Cu yaitu berkisar 1,5-2,9 mg/kg. Kadar Fe dan Cu tertinggi ditemukan pada sedimen Kubro, disusul oleh Morosari, dan Baros. Tingkat kadar Fe dan Cu pada sedimen diduga karena letak lokasi sedimen yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya. Berdasarkan lokasinya, Sedimen Kubro dan Morosari yang berasal dari Kawasan Pesisir Utara. Sedimen Kubro terletak di wilayah perkotaan yakni berada di antara area pasar, tambak, kawasan industri, dan pemukiman padat yang memiliki aktivitas antropogenik yang tinggi. Sedangkan sedimen Morosari yang terletak pada kawasan ekowisata yang juga berbatasan dengan pesisir, pemukiman, dan tambak. Berbanding dengan sedimen Baros yang terletak pada kawasan ekowisata yang berbatasan dengan muara sungai, pemukiman, dan pertanian. Kondisi dengan aktivitas antropogenik yang tinggi memungkinkan potensi masuknya kadar Fe dan Cu pada sedimen Kubro dan Morosari lebih tinggi dibandingkan dengan Baros. Menurut Tuahatu dkk. (2022), bahwa tingginya aktivitas antropogenik di suatu wilayah menjadi salah satu penyebab kehadiran logam berat di lingkungan yang juga dapat mempengaruhi ekosistem mangrove. Sementara kadar Fe dan Cu pada sedimen Baros cenderung lebih rendah diduga karena pengaruh lokasinya yang berada di muara sungai. Menurut Putri (2024) pada penelitian sebelumnya menemukan bahwa kadar logam Fe zona muara cenderung cukup rendah dan berada dibawah ambang baku mutu. Berdasarkan penjelasannya, kadar logam Fe yang rendah pada daerah muara bisa saja dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika daerah muara yang dekat dengan laut sehingga dampak dari arus pasang-surut dan gelombang ombak cukup berdampak signifikan. Proses-proses tersebut dapat berdampak pada pendistribusian logam Fe dalam perairan.

Dalam kadar tersebut Fe dan Cu sebagai logam berat esensial dinilai masih aman dan cukup untuk memenuhi kebutuhan fisiologis pada tumbuhan disekitarnya termasuk mangrove. Tembaga (Cu) merupakan logam esensial dan mikronutrien yang dibutuhkan bagi fisiologis dan metabolisme tumbuhan yang sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat fotosintesis. Cu dapat bersumber alami dari erosi batuan mineral, debu, atau

partikulat Cu yang ada dilapisan udara kemudian dibawa turun oleh air hujan. Sumber Cu yang berasal dari aktivitas manusia yakni berupa limbah industri dan rumah tangga, dll. Cu (Samosir dkk., 2023). Sedangkan Fe termasuk sebagai unsur logam berat esensial yang dibutuhkan organisme hidup dalam kadar tertentu. Namun, apabila kandungan Fe yang berlebihan di suatu lingkungan maka akan berdampak sangat berbahaya yang menyebabkan pencemaran bagi lingkungan maupun organisme di sekitarnya. Fe yang masuk dalam perairan dapat bersumber dari aktivitas manusia seperti aktivitas perkapalan, pertambangan, tumpahan minyak dan lainnya (Savitri, 2019). Sehingga kadar Fe dan Cu pada masing-masing lokasi yang memiliki kadar sedang atau masih dalam batas normal mengindikasikan bahwa kondisi sedimen dapat memicu pertumbuhan pada tumbuhan yang cukup baik.

Kadar Fe dan Cu pada masing-masing lokasi ditemukan masih dalam batas normal, namun dalam jangka panjang dengan terdapatnya aktivitas antropogenik yang tinggi, padatnya pemukiman dan industri, serta kondisi lahan mangrove khususnya pada Kubro dan Morosari yang dipenuhi oleh banyaknya sampah maka dapat memicu peningkatan kadar Fe dan Cu pada sedimen mangrove seiring waktu. Susanti dkk. (2023) menjelaskan bahwa kegiatan antropogenik masyarakat seperti pemukiman masyarakat, kawasan industri, limbah pertanian dan limbah pertambangan akan menyebabkan peningkatan kandungan logam berat seperti Fe dan Cu yang masuk ke perairan. Sehingga hal tersebut dapat berdampak terhadap menurunnya kualitas dari ekosistem mangrove dan ekosistem pesisir lainnya. Jika kandungan logam berat pada suatu kawasan meningkat maka akan mengakibatkan ekosistem mangrove di sekitarnya menjadi rusak (Khairul & Manullang, 2020). Apabila kandungan logam berat pada perairan laut melebihi baku mutu maka logam berat akan terakumulasi sehingga menimbulkan pencemaran yang akan merugikan kehidupan perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem laut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kondisi pH pada Pesisir Selatan Jawa yakni lokasi Baros cenderung rendah (agak asam) dibandingkan dengan Pesisir Utara Jawa yakni Morosari dan Kubro yang memiliki pH tinggi (agak alkalis). Unsur nutrisi P pada sedimen semua lokasi tergolong dalam kesuburan yang baik-sangat baik. Kadar P pada sedimen di Pesisir Selatan (Baros) lebih tinggi dibandingkan dengan Pesisir Utara (Kubro dan Morosari). Kadar K di semua lokasi tergolong sangat tinggi dengan Pesisir Utara (Morosari dan Kubro) lebih tinggi daripada Pesisir Selatan (Baros). Kadar K tertinggi ditemukan pada lokasi Morosari.
2. Kadar Fe dan Cu pada sedimen Pesisir Utara (Kubro dan Morosari) cenderung lebih tinggi dari Pesisir Selatan (Baros). Sedimen Kubro dekat tambak memiliki kadar Fe dan Cu tertinggi dan sedimen Morosari sebagai kawasan ekowisata dekat pesisir memiliki kadar Fe dan Cu yang lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen Baros dekat muara sungai. Sedimen kadar Fe dengan kriteria sedang dan Cu dalam batas normal, sehingga tidak membahayakan ekosistem dan cukup baik bagi pertumbuhan mangrove.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan:

1. Melakukan penelitian secara lanjutan dan jangka panjang untuk mengetahui kandungan unsur hara, pH, dan logam berat di lokasi yang sama pada jangka waktu yang berbeda.
2. Melakukan penelitian pada lokasi lain yang memiliki karakteristik atau kondisi lingkungan yang berbeda.

3. Melakukan penelitian dengan pengujian pada parameter lainnya untuk memastikan kandungan unsur lain yang ada pada sedimen mangrove.
4. Melakukan penelitian dengan menambahkan variabel dari tanaman mangrove (akar, daun, atau batang) untuk mengetahui pengaruh kadar unsur pada sedimen terhadap pertumbuhan mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusrinal, Santoso, N., & Prasetyo, L. B. (2015). Tingkat Degradasi Ekosistem Mangrove di Pulau Kaledupa, Taman Nasional Wakatobi. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 06(3), 139–147.
- Anugrah, D. P., Pribadi, R., & Suryono. (2014). Studi Ukuran Butir dan Bahan Organik pada Kawasan Mangrove di Kelurahan Karanganyar dan Tambakharjo Kota Semarang. *Journal Of Marine Research*, 3, 658–666. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Arisandy, K. R., Herawati, E. Y., & Suprayitno, E. (2012). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan Avicennia Marina (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(1), 15–25. www.jpp.ub.ac.id
- Bachtiar, B., Resti, U., & Suhartati. (2023). Karakteristik Tapak Tegakan Hutan Mangrove (Rhizophora Mucronata dan Avicennia Marina) di Pantai Kelurahan Bira Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 14(1), 72–80. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>
- Chair, M. Y. (2020). *Analisis Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Sedimen pada Berbagai Jenis Mangrove di Desa Bojo, Kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Barru*. Universitas Hasanuddin.
- Citra, L. S., Supriharyono, & Suryanti. (2020). Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis Avicennia dan Rhizophora di Desa Tapak Tugurejo, Semarang. *Journal of Maquares*, 9(2), 107–114. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares>
- Direktorat Konservasi Tanah dan Air, & Ditjen PDASRH. (2021). *PETA MANGROVE NASIONAL TAHUN 2021*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Eviati, Sulaeman, Herawati, L., Anggria, L., Usman, Tantika, H. E., Prihatini, R., & Wuningrum, P. (2023). PETUNJUK TEKNIS ANALISIS KIMIA TANAH, TANAMAN, AIR, DAN PUPUK. Dalam I. A. Sipahutar, H. Wibowo, A. F. Siregar, L. R. Widowati, & T. Rostaman (Ed.), *Petunjuk Teknis Edisi* (3 ed., Vol. 3). Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://tanahpupuk.bsip.pertanian.go.id>
- Febrianto, S., Hartoko, A., & Suryanti. (2019). *Ekosistem Mangrove Coastal Blue Carbon*. Undip Press.
- Febriyanto, Y., Perwira, I. Y., & Sari, A. H. W. (2022). Perbandingan Kandungan Logam Berat pada Sedimen di Kawasan Hutan Mangrove Perancak dan Tahura Ngurah Rai. *Current Trends in Aquatic Science*, 5(1), 34.

- Hamzah, F., & Setiawan, A. (2010). Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(2), 41–52. http://www.itk.fpih.ac.id/ej_itkt22
- Heriyanto, N. M., & Suharti, S. (2019). KUALITAS PERAIRAN, KESUBURAN TANAH DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DI HUTAN MANGROVE NUSA PENIDA, BALI. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 16(1), 25–33. <https://doi.org/10.20886/jphka.2019.16.1.25-33>
- Kariada, N., & Irsadi, A. (2014). Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang (Role of Mangrove as Water Pollution Biofilter in Milkfish Pond, Tapak, Semarang). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2), 188–194.
- Khairul, & Manullang, H. M. (2020). Komparasi Logam Berat pada Kawasan Mangrove Alami dan Industri di Perairan. *Chemical Engineering Research Articles*, 3(1), 1–6. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/cheesa>
- Komalasari, I. N., Diantari, R., & Maharani, H. W. (2022). Dinamika Nitrat (NO₃) dan Fosfat (PO₄) Pada Kerapatan Mangrove Yang Berbeda di Pantai Ringgung, Pesawaran, Lampung. *AQUACOASTMARINE: Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 1(1), 16–25. <https://doi.org/10.32734/jafs.v1i1.8613>
- Kusuma, A. H., Effendi, E., Hidayatullah, M. S., & Susanti, O. (2022). Estimasi Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove Register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. *Journal of Marine Research*, 11(4), 768–778. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35605>
- Musa, W. J. A., Bialangi, N., Giu, F., Isa, I., Mohamad, E., & Kunusa, W. R. (2024). Analisis Kandungan Unsur Kalsium dan Kalium serta Pembuatan Pupuk Organik dari Sedimen Danau Limboto. *Jamb.J.Chem*, 6(1), 46–56.
- Muzaki, F. K., Saptarini, D., Trisnawati, I., Aunurohim, Muryono, M., & Desmawati, I. (2019). *Identifikasi Jenis Mangrove Pesisir Jawa Timur*. Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugroho, R. A., Widada, S., & Pribadi, R. (2013). Studi Kandungan Bahan Organik dan Mineral (N, P, K, Fe, dan Mg) Sedimen di Kawasan Mangrove Desa Bedono Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal Of Marine Research*, 2(1), 62–70. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Paliliati, N. N. (2022). *HUBUNGAN MANGROVE DAN SEDIMEN DI PULAU BANGKOBANGKOANG DAN PESISIR UNTIA*.
- Pangestika, M. A., Soenardjo, N., & Pramesti, R. (2023). Estimasi Simpanan Karbon Sedimen Mangrove di Hutan Mangrove Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen. *Journal of Marine Research*, 12(1), 89–94. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.31965>

- Partaya, & Setiati, N. (2021). Nutrient amount mangrove ecosystem in Bedono, Sayung district, Demak regency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052045>
- Paune, H., Baderan, D. W. K., & Katili, A. S. (2021). Tingkat Degradasi Kawasan Hutan Mangrove (Studi Kasus di Desa Bajo, Kecamatan Tilamuta, Kabupaten Boalemo). *Jambura Edu Biosfer Journal (Year)*, 3(2), 82–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.34312/jebj>
- Pinontoan, M. P., Paulus, J. J., Wullur, S., Rompas, R. M., Ginting, E. L., & Pelle, W. E. (2023). OKSIGEN TERLARUT DAN pH DI AIR SISIPAN SEDIMEN MANGROVE DAN PESISIR DI DESA BULUTUI KECAMATAN LIKUPANG BARAT. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 11(1), 132–138.
- Pradipta, N. (2016). *Studi Kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada Sedimen Mangrove di Wilayah Ekowisata Wonorejo Surabaya dan Pesisir Jenu Kabupaten Tuban*. Universitas Airlangga.
- Putri, R. D. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat Fe, Ni, Pb, dan Cr di Kawasan Muara, Mangrove, dan Green Canyon Sungai Cijulang di Pangandaran. *Jurnal Kartika Kimia*, 7(1). <https://doi.org/10.26874/jkk.v7i1.245>
- Rahmadani, P. A., Wicaksono, A., Jayanthi, O. W., Effendy, M., Nuzula, N. I., Kartika, A. G. D., Syaifullah, Moch., Putri, D. S., & Hariyanti, A. (2021a). Analisa Kadar Fosfat Sebagai Parameter Cemar Bahan Baku Garam pada Badan Sungai, Muara, dan Pantai di Desa Padelagan Kabupaten Pamekasan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(4), 318–323. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i4.12835>
- Rahmadani, P. A., Wicaksono, A., Jayanthi, O. W., Effendy, M., Nuzula, N. I., Kartika, A. G. D., Syaifullah, Moch., Putri, D. S., & Hariyanti, A. (2021b). ANALISA KADAR FOSFAT SEBAGAI PARAMETER CEMARAN BAHAN BAKU GARAM PADA BADAN SUNGAI, MUARA, DAN PANTAI DI DESA PADELAPAN KABUPATEN PAMEKASAN. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(4), 318–323. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i4.12835>
- Samosir, A. M., Syarifah, M., & Sulistiono. (2023). AKUMULASI LOGAM BERAT TEMBAGA DAN TIMBAL PADA MANGROVE *Rhizophora mucronata* DI KARANGSONG, INDRAMAYU. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 14(1), 101–112.
- Savitri, R. W. (2019). *Analisis Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Sedimen dan Akar Mangrove Avicennia Marina di Desa Kandang Semangkon Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan Jawa Timur*.
- Setiawan, H. (2013). AKUMULASI DAN DISTRIBUSI LOGAM BERAT PADA VEGETASI MANGROVE DI. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1).
- Sihombing, Y. H., Muskananfolo, M. R., & A'in, C. (2017). Pengaruh Kerapatan Mangrove Terhadap Laju Sedimentasi di Desa Bedono, Demak. *JOURNAL OF MAQUARES*, 6(4), 536–545. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>

- Siswanto, D., Widjajani, B. W., & Siswanto. (2024). ANALISIS STATUS DAN KELAS KEMAMPUAN KESUBURAN TANAH PADA BEBERAPA LAHAN TEBU DI KECAMATAN JAPAH KABUPATEN BLORA. *Jurnal Agrotropika*, 23(1), 77–88.
- Susanti, S., Akhrianti, I., & Utami, E. (2023). Status Kontaminasi Logam Berat Zn Pada Sedimen di Perairan Pesisir Tanjung Gunung bangka Tengah. *Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 4(4), 311–321. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i4.20835>
- Syah, A. F. (2010). Penginderaan Jauh dan Aplikasinya di Wilayah Pesisir dan Lautan. *Jurnal Kelautan*, 3, 18–28.
- Tuahatu, J. W., Tubalawony, S., & Kalay, D. E. (2022). Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen pada Ekosistem Mangrove di Teluk Ambon. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(3), 379–394. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jitkt.v14i3.37461>
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). *Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan*.
- Yahra, S., Harahap, Z. A., & Yusni, E. (2020). ANALISIS KANDUNGAN NITRAT DAN FOSFAT SERTA KETERKAITANNYA DENGAN KERAPATAN MANGROVE DI PANTAI LABU KABUPATEN DELI SERDANG. *Jurnal Enggano*, 5(3), 350–366. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.3.350-366>
- Yulma, Weliyadi, E., & Yulinar, R. (2019). Kandungan Bahan Organik Fosfor (P) pada Sedimen Berdasarkan Kedalaman di Hutan Mangrove Mamburungan Kota Tarakan. *Jurnal Borneo Saintek*, 2(1), 46–55. www.jurnal.borneo.ac.id

LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Penilaian

Tabel 1. Penilaian pH pada Tanah

Parameter	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	< 4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,6 - 7,5	7,6 - 8,5	> 8,5

Sumber: Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Tabel 2. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter	Satuan	Sampel Tanah				
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
P	mg/kg	1	2	3	9	13
K	mg/kg	8	12	21	36	58

Sumber : Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Tabel 3. Kriteria Penilaian Logam Berat Fe pada Tanah

Parameter	Satuan	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Fe	mg/kg	1	3	5	19	53

Sumber: Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Tabel 4. Persyaratan Logam Berat Cu dalam Tanah

Parameter	Satuan	Batas Normal	Batas Kritis
Cu	mg/kg	2-250	60-125

Sumber: Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Lampiran 2. Kadar Air dan Faktor Koreksi

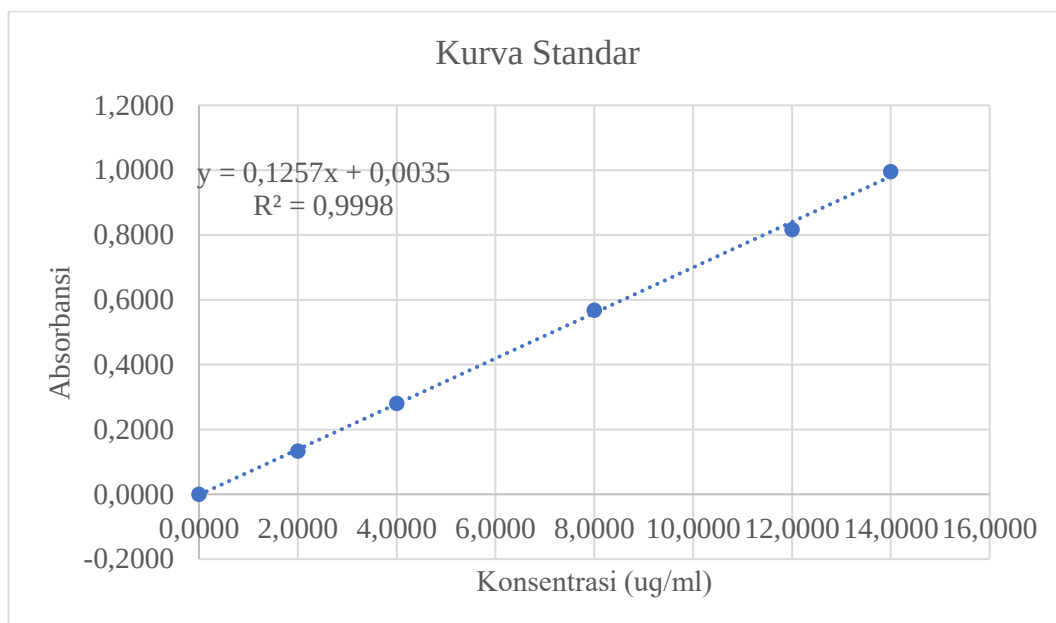
Tabel 5. Kadar Air dan Faktor Koreksi

Sampel	Cawan Kosong (gr)	Sebelum Oven (gr)	Setelah Oven (gr)	Kadar Air Berat Kering		Faktor Koreksi (fk)
				%	Rata-rata (%)	
Baros 1	64	398,3	286,7	33,4		1,50
Baros 2	64	423,7	325,7	27,2	28,66	1,37
Baros 3	64	426,0	334,3	25,3		1,34
Morosari 1	64	343,0	190,0	54,8		2,21
Morosari 2	64	343,0	213,0	46,6	50,80	1,87
Morosari 3	64	359,7	209,0	51,0		2,04
Kubro 1	64	343,0	271,7	25,6		1,34
Kubro 2	64	344,0	263,1	28,9	34,34	1,41
Kubro 3	64	364,8	218,7	48,6		1,94

Lampiran 3, Pengujian Fosfor (P)

Tabel 6, Data Kurva Standar Fosfor

Kurva Standar		
Nama Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Table Blank	0,0000	0,0000
Standar 1	2,0000	0,1340
Standar 2	4,0000	0,2810
Standar 3	8,0000	0,5680
Standar 4	12,0000	0,8170
Standar 5	14,0000	0,9960
Slope		0,0702
Intercept		-0,0020
Koefisien Korelasi		0,9994



Gambar 1, Kurva Standar Fosfor

Tabel 7, Kadar P pada Sedimen

Nama Sampel	Berat (gram)	Berat (mg)	Pengenceran	Absorbansi	Konsentrasi (ug/ml)	Kadar Fosfor (P)	
						mg/kg	Rata -rata (mg/kg)
Baros	2,5	2500	1	0,72	10,285	102,93	48,04
				0,152	2,193	22,02	
				0,126	1,823	19,16	
Morosari				0,019	0,299	4,34	7,09
				0,028	0,427	5,03	
				0,069	1,011	11,91	
Kubro				0,095	1,381	21,05	20,90
				0,086	1,253	18,34	
				0,119	1,723	23,32	

Rumus

$$\text{Kadar } P_2O_5 \text{ tersedia (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times fp \times \frac{142}{190} \times fk$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar dari hubungan kadar deret standar dengan absorbansi

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran (20)

142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5

Perhitungan

Diketahui:

Berat sampel = 2,5 g atau 2500 mg

Pengenceran = 1 kali

Absorbansi = 0,72

- **Menghitung ppm kurva (konsentrasi pengukuran)**

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(\text{Absorbansi} - \text{Intercept})}{\text{Slope}}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(0,72 - (-0,0020))}{0,0702}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = 10,285 \text{ ppm}$$

- **Kadar P_2O_5 tersedia (mg/kg)**

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ tersedia (ppm)} &= 10,285 \text{ ppm} \times \frac{\text{ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times 1 \times \frac{142}{190} \times 1,5 \\ &= 102,93 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ tersedia (mg/kg)} &= 102,93 \text{ ppm} \times 1 \text{ mg/kg} \\ &= 102,93 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Standar Error

Tabel 8, Standar Error Pengujian P tersedia

Sampel	
Baros	48,04

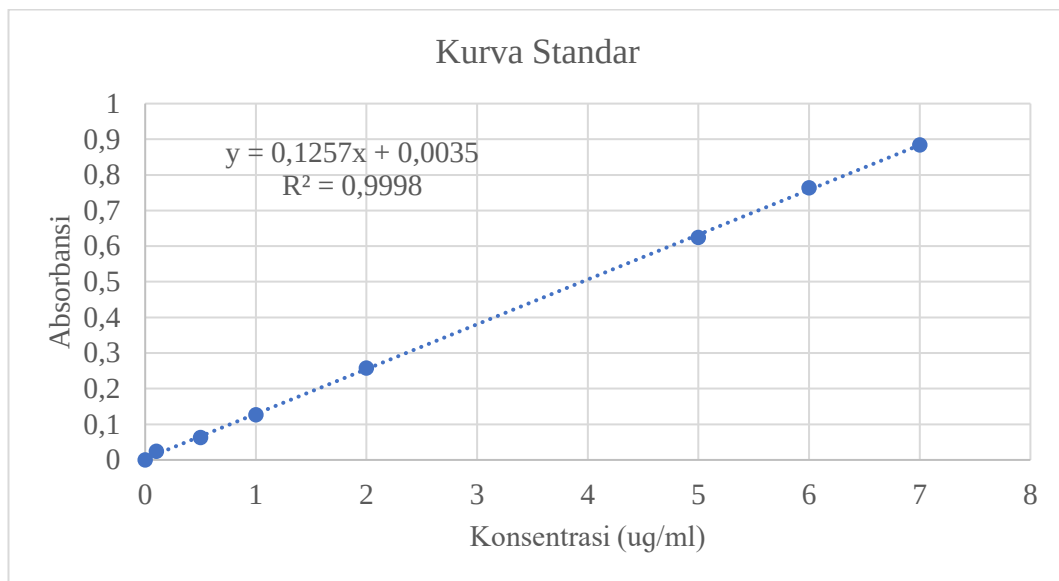
Morosari	7,09
Kubro	20,90
Standar Deviasi, σ	20,83083021
Jumlah Data, n	3
Standard Error, SE	6,943610072

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Lampiran 4, Pengujian Kalium (K)

Tabel 9, Data Kurva Standar Kalium

Kurva Standar		
Nama Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Table Blank	0	0
Standar 1	0,1000	0,0240
Standar 2	0,5000	0,0630
Standar 3	1,0000	0,1270
Standar 4	2,0000	0,2580
Standar 5	5,0000	0,6240
Standar 6	6,0000	0,7640
Standar 7	7,0000	0,8840
Slope		0,1257
Intercept		0,0035
Koefisien Korelasi		0,9999



Gambar 2, Kurva Standar Kalium

Tabel 10, Kadar K pada Sedimen

Nama Sampel	Berat (gram)	Berat (mg)	Penge ncera n	Absorb ansi	Kadar (ug/ml)	Kadar Kalium		
						%	mg/kg	($\times 10^3$) mg/kg
Baros	0,5	500	100	0,0998	0,766	52,64	5.264,25	4,69
				0,0956	0,733	49,05	4.904,91	
				0,0767	0,582	39,11	3.910,80	
Morosari				0,1095	0,843	59,28	5.928,48	6,46
				0,1097	0,845	82,12	8.212,25	
				0,0872	0,666	52,47	5.247,12	
Kubro				0,107	0,823	77,07	7.707,45	6,00
				0,094	0,720	73,39	7.339,18	
				0,0413	0,301	29,44	2.994,36	

$$\text{Kadar K (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 100/\text{mg contoh} \times \text{fp} \times \text{fk}$$

$$\text{Kadar K (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{25}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100}{500} \text{ contoh} \times 10 \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar dari hubungan kadar deret standar dengan absorbansi

100 = konversi ke % (pada satuan %)

fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 – % kadar air)

fp = faktor pengenceran 339

$$\begin{aligned} \text{Kadar K (mg/kg)} &= 51,29 \% \times 10000 \text{ mg/kg} \\ &= 5128,54 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Standar Error

Tabel 11, Standar Error Pengujian K

Sampel	
Baros	4,69

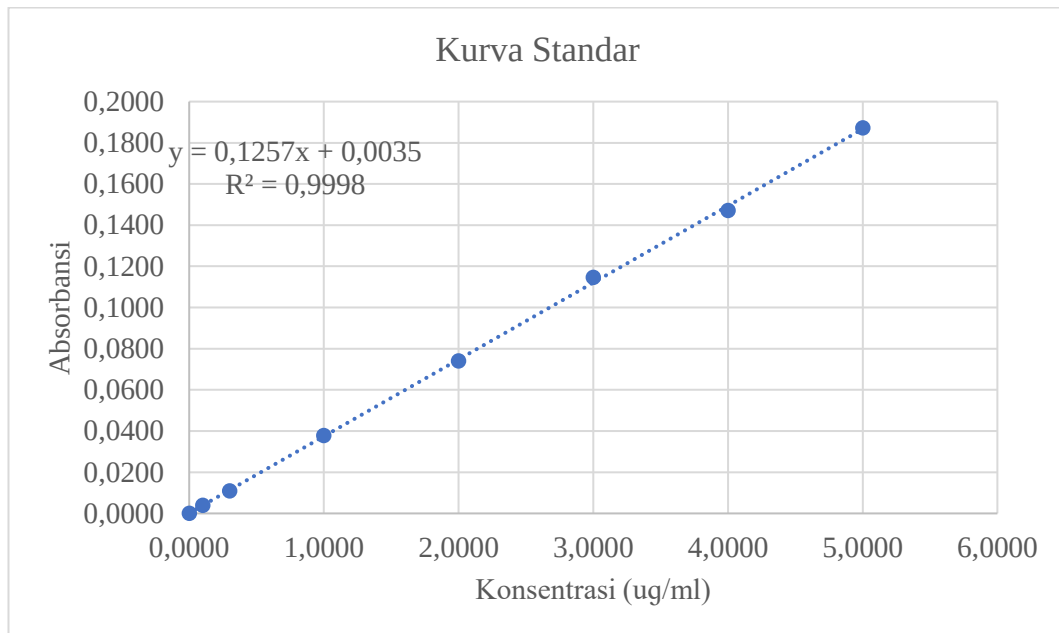
Morosari	6,46
Kubro	6,00
Standar Deviasi, σ	0,92
Jumlah Data, n	3
Standard Error, SE	0,31

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Lampiran 5, Pengujian Logam Berat (Fe dan Cu)

Tabel 12, Data Kurva Standar Fe

Kurva Standar		
Nama Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Table Blank	0,0000	0,0000
Standar 1	0,1000	0,0040
Standar 2	1,0000	0,0378
Standar 3	2,0000	0,0740
Standar 4	3,0000	0,1147
Standar 5	4,0000	0,1471
Standar 6	5,0000	0,1872
Standar 7	0,3000	0,0110
Slope		0,0373
Intercept		0,0003
Koefisien Korelasi		0,9998



Gambar 3, Kurva Standar Fe

Tabel 13, Kadar Fe pada Sedimen

Nama Sampel	Berat (gram)	Berat (mg)	Pengenceran	Absorbansi	Konsentrasi (ug/ml)	Kadar Fe	
						(mg/kg)	Rata-rata (mg/kg)
Baros	0,5	500	100	0,0813	2,17	5,4	6,96
				0,0974	2,61	6,5	
				0,1267	3,39	8,9	
Morosari				0,1133	3,03	11,0	9,29
				0,0841	2,25	6,6	
				0,1298	3,48	10,2	
Kubro				0,1248	3,34	12,7	13,02
				0,1458	3,90	14,3	
				0,1332	3,57	12,1	

$$\text{Kadar Fe (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times fk$$

$$\text{Kadar Fe (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \frac{25}{1,000} \times \frac{1,000}{0,5} \times fk$$

$$\text{Kadar Fe (ppm)} = \text{ppm kurva} \times 50 \times fk$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar dari hubungan kadar deret standar dengan absorbansi

100 = konversi ke % (pada satuan %)

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran

Perhitungan

Diketahui:

Berat sampel = 0,5 g atau 500 mg

Pengenceran = 100 kali

Absorbansi = 0,0813

• **Menghitung ppm kurva (konsentrasi pengukuran)**

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(\text{Absorbansi} - \text{Intercept})}{\text{Slope}}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(0,0813 - (0,0003))}{0,0373}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = 2,17 \text{ ppm}$$

• **Kadar Fe (mg/kg)**

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe (ppm)} &= \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times \left(\frac{100}{\text{mg contoh}}\right)^{-1} \times fp \times fk \\ &= 2,17 \times \frac{25}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100}{500} \text{ contoh} \times 100 \times 1,5 \\ &= 5,4 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Fe (mg/kg)} &= 5,4 \text{ ppm} \times 1 \text{ mg/kg} \\ &= 5,4 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Standar Error

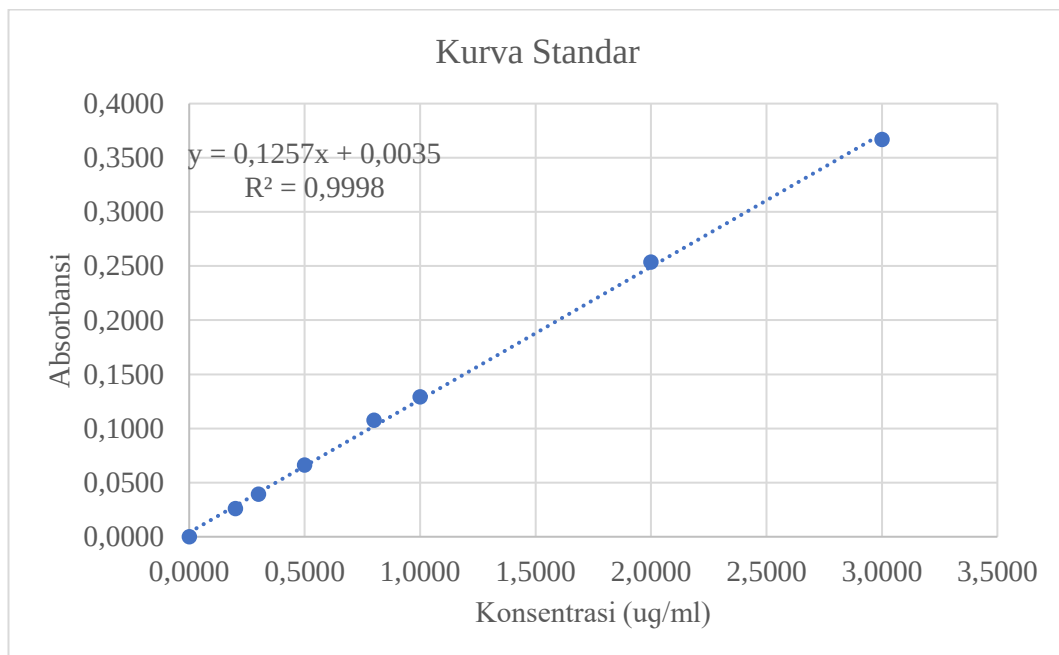
Tabel 14, Standar Error Pengujian Fe

Sampel	
Baros	6,69
Morosari	9,29
Kubro	13,02
Standar Deviasi, σ	3,05
Jumlah Data, n	3
Standard Error, SE	1,02

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Tabel 15, Kurva Standar Cu

Kurva Standar		
Nama Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Table Blank	0,0000	0,0000
Standar 1	0,2000	0,0260
Standar 2	0,3000	0,0392
Standar 3	0,5000	0,0661
Standar 4	0,8000	0,1075
Standar 5	1,0000	0,1291
Standar 6	2,0000	0,2536
Standar 7	3,0000	0,3670
Standar 8	0,1000	0,0130
Standar 9	0,0500	0,0060
Slope		0,1233
Intercept		0,0028
Koefisien Korelasi		0,9995



Gambar 4, Kurva Standar Cu

Tabel 16, Kadar Cu pada Sedimen

Nama Sampel	Berat (gram)	Berat (mg)	Pengenceran	Absorbansi	Konsentrasi Terbaca AAS (ug/ml)	Kadar Cu	
						mg/kg	mg/kg
Baros	0,5	500	100	0,0436	0,33	2,92	2,24
				0,0347	0,26	2,33	
				0,0211	0,15	1,48	
Morosari				0,034	0,25	3,31	2,75
				0,0268	0,20	2,11	
				0,036	0,27	2,84	
Kubro				0,1392	1,11	14,19	14,49
				0,1527	1,22	14,95	
				0,1583	1,26	14,33	

$$\text{Kadar Fe (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times 1000 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times fk$$

$$\text{Kadar Cu (ppm)} = \text{ppm kurva} \times \frac{25}{1,000} \times \frac{1,000}{0,5} \times fk$$

$$\text{Kadar Cu (ppm)} = \text{ppm kurva} \times 50 \times fk$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar dari hubungan kadar deret standar dengan absorbansi

100 = konversi ke % (pada satuan %)

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran

Perhitungan

Diketahui:

Berat sampel = 0,5 g atau 500 mg

Pengenceran = 100 kali

Absorbansi = 0,0813

• **Menghitung ppm kurva (konsentrasi pengukuran)**

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(\text{Absorbansi} - \text{Intercept})}{\text{Slope}}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = \frac{(0,0436 - (0,0028))}{0,1233}$$

$$\text{Konsentrasi Pengukuran (ppm kurva)} = 0,33 \text{ ppm}$$

• **Kadar Cu (mg/kg)**

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu (ppm)} &= \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000 \text{ ml}} \times \left(\frac{100}{\text{mg contoh}}\right)^{-1} \times fp \times fk \\ &= 2,92 \times \frac{25}{1000 \text{ ml}} \times \frac{100}{500} \text{ contoh} \times 1 \times 1,5 \\ &= 2,92 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cu (mg/kg)} &= 2,92 \text{ ppm} \times 1 \text{ mg/kg} \\ &= 2,92 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Standar Error

Tabel 17, Standar Error Pengujian Cu

Sampel	
Baros	2,24
Morosari	2,75
Kubro	14,49
Standar Deviasi, σ	6,93
Jumlah Data, n	3
Standard Error, SE	2,31

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Lampiran 6, Dokumentasi Penelitian

Pengambilan Sampel



Pengambilan Sampel Baros



Pengambilan Sampel Morosari



Pengambilan Sampel Kubro

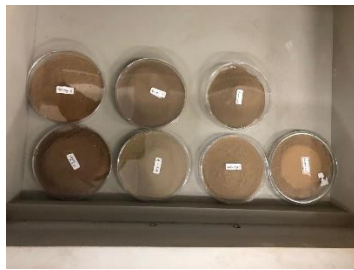
Pengujian Laboratorium



Pengeringan Sampel



Pengayakan Sampel



Sampel Kering



Penimbangan Sampel



Pengujian pH



Pembuatan larutan uji



Larutan Uji Fosfor (P)



Larutan Uji K dan Logam Berat (Fe & Cu)



Larutan Uji K dan Logam Berat (Fe & Cu)



Pengujian Larutan pada Spektrofotometri



Pengujian Larutan pada Spektrofotometri