

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan fosfat (PO_4^{3-}) yang berlebih pada air limbah dapat menyebabkan eutrofikasi yang berdampak negatif pada kehidupan akuatik. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung laju dan kapasitas adsorpsi biochar pada air limbah sintesis. Biochar yang digunakan sebagai adsorben untuk menyerap kandungan fosfat dibuat dari bahan organik sisa persembahyangan dan sampah kulit durian melalui proses pirolisis, kemudian diaktifkan dengan Mg^{2+} . Analisis laju dan kapasitas adsorpsi biochar dilakukan dalam lingkup laboratorium untuk menguji efektivitasnya dalam mengurangi kandungan fosfat pada air limbah sintesis.

Aktivitas pertanian dan usaha menghasilkan air limbah yang belum diolah secara optimal dan langsung dibuang ke sungai menyebabkan peningkatan pencemara badan air sungai. Berdasarkan PermenLHK No. 68 Tahun 2016 dan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021, kadar maksimum senyawa nutrien untuk baku mutu air kelas 1 adalah sebesar 0,1 mg/L (NH_4^+), 10 mg/L (NO_3^-), 0,06 mg/L (NO_2^-), 15 mg/L (Total N), dan 0,2 mg/L (PO_4^{3-}). Nutrien menjadi parameter penting dalam pengelolaan sumber daya air. Menurut penelitian Yang, (2008), total P sebesar 0.03-0.1 mg/L akan menyebabkan eutrofikasi.

Fosfat adalah parameter penting untuk memantau polusi dan kualitas air karena bisa terlarut atau terikat pada padatan tersuspensi dalam air limbah. Secara kimia fosfat (PO_4^{3-}) terdiri dari satu atom fosforus yang terikat pada empat atom

oksigen. Sumbernya berasal dari aktivitas manusia seperti penggunaan deterjen, industri, dan pertanian (Mara & Pearson, 1998).

Eutrofikasi adalah proses alamiah di mana perairan menjadi lebih produktif bagi pertumbuhan biomassa (Sutamihardja, *et al.*, 2018). Namun, aktivitas manusia telah mempercepat proses ini secara signifikan. Hal ini menyebabkan ledakan populasi alga, terutama di perairan yang tenang seperti danau, kolam, dan laut.

Berbagai teknologi telah diterapkan dalam penurunan fosfat dalam air seperti proses deaminasi biologis (Espinosa-Ortiz, *et al.*, 2016; Glazko, *et al.*, 2001) serta proses fisikokimia lainnya. Selain itu terdapat proses yang digunakan untuk memperoleh kembali fosfor dari air limbah yaitu pengendapan (Chen, *et al.*, 2018), metode kristalisasi (Cui, *et al.*, 2016; Zhang, *et al.*, 2018), metode pertukaran ion (Mosa, *et al.*, 2018), dan metode adsorpsi (Cao, *et al.*, 2018; Jafari, *et al.*, 2018). Adsorpsi dianggap sebagai salah satu teknik yang efisien dengan pengoperasian sederhana (He, *et al.*, 2017). Banyak jenis adsorben yang telah dikembangkan, seperti logam ganda berlapis Fe-MoS₄ (Jawad, *et al.*, 2017), zeolit yang dimodifikasi (Zavareh, *et al.*, 2018), magnet baru Fe₃O₄/kitosan/Al(OH)₃ adsorben (Hu, *et al.*, 2018); Y.H. Jiang, *et al.*, 2018), karbon aktif (Dil, *et al.*, 2018; Pandiarajan, *et al.*, 2018). Adsorben merupakan bahan yang memiliki karakteristik khusus yang memungkinkannya untuk menyerap zat dari larutan atau gas. Beberapa karakteristik utama dari adsorben termasuk luas permukaan spesifik yang tinggi, keberadaan pori-pori dengan ukuran yang bervariasi, kestabilan kimia, dan kemampuan untuk mengikat zat target secara efisien.

Proses adsorpsi senyawa fosfat (PO_4^{3-}) dalam air limbah melibatkan penyerapan fosfat oleh permukaan material adsorben yang secara efektif mengurangi konsentrasi fosfat dalam air limbah (Langmuir, 1918). Adsorben sendiri merupakan bahan yang memiliki karakteristik khusus yang memungkinkannya untuk menyerap zat dari larutan atau gas (Langmuir, 1918). Adsorpsi terjadi ketika senyawa fosfat diikat oleh permukaan material adsorben melalui interaksi fisika atau kimia antara ion fosfat dan permukaan material tersebut (Langmuir, 1918). Proses adsorpsi fosfat dapat meningkatkan efisiensi penghilangan fosfat dari air limbah dengan mengurangi konsentrasi fosfat dalam larutan (Xie, *et al.*, 2019; Zhang, *et al.*, 2020; Wang, *et al.*, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur laju dan kapasitas adsorpsi dari adsorben biochar dalam menyerap ion fosfat yang terkandung dalam air limbah sintetis. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Air limbah sintetis dengan konsentrasi ion K_2HPO_4 yaitu 45 mg/L diuji menggunakan adsorben biochar dari sampah organik. Penelitian dimulai dengan mempersiapkan reaktor dan sampel air untuk memastikan kondisi eksperimental terkontrol. Kemudian adsorben disiapkan dengan membuat biochar melalui proses pirolisis dan diaktivasi dengan ion logam Mg^{2+} . Proses adsorpsi dilakukan dalam reaktor dengan menggunakan biochar yang telah dimodifikasi. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian dengan judul **“Analisis Laju dan Kapasitas Adsorpsi Biochar Terhadap Ion Fosfat PO_4^{3-} Dalam Air Limbah Sintetis (Lagoon ITDC Nusa Dua)”**.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah laju adsorpsi biochar terhadap senyawa fosfat dalam air limbah sintesis?
2. Berapakah kapasitas adsorpsi biochar terhadap senyawa fosfat dalam air limbah sintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Menghitung laju optimum adsorpsi biochar terhadap senyawa fosfat dalam air limbah sintesis.
2. Mengetahui kapasitas adsorpsi biochar terhadap senyawa fosfat tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dibedakan menjadi manfaat internal dan eksternal.

Manfaat tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Manfaat Internal

Menambah wawasan terkait pengolahan air limbah pada bidang pengelolaan lingkungan serta menambah keterampilan dan wawasan dalam melakukan pemantauan kualitas air.

2. Manfaat Eksternal

a. Manfaat bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan perbandingan atau penerapan teori yang telah diperoleh pada saat perkuliahan dengan kenyataan yang terjadi di lapangan.

b. Bagi pembaca

Dapat menambah wawasan serta pengetahuan umum bagi pembaca.

1.5 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini berfokus pada penyerapan fosfat (PO_4^{3-}) pada air limbah sintesis oleh biochar organik.
2. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah sintesis dengan konsentrasi K_2HPO_4 45 mg/L.
3. Jenis adsorben yang digunakan yaitu biochar dari sampah organik yaitu sampah sisa upakara persembahyangan dan sampah organik lainnya yaitu kulit buah duren.
4. Indikator kinerja adsorben biochar yang dianalisis pada penelitian ini adalah laju dan kapasitas adsorpsi biochar.
5. Dampak Lingkungan: Penelitian ini membatasi analisis terhadap pengaruh langsung biochar dari limbah organik terhadap kualitas air dalam konteks penurunan konsentrasi fosfat dalam air limbah sintesis. Analisis terhadap dampak lebih luas dari limbah organik terhadap ekosistem sungai atau lingkungan sekitarnya tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

6. Pembuatan limbah sintetis bersumber dari penelitian terdahulu yaitu penelitian yang dilakukan oleh Yan-Hong Jiang, *et al.* (2019), menggunakan variasi konsentrasi fosfat sebagai standar perhitungan dalam larutan KH_2PO_4 mencakup 20, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, dan 350 mg/L dan penelitian yang dilakukan oleh Ilori, *et al.* (2022), menggunakan berbagai konsentrasi fosfat yang bervariasi, yaitu 0, 15, 30, 60, 90, 120, dan 150 mg P/L.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kandungan Fosfat (PO_4^{3-}) pada Air Limbah

Kandungan fosfat (PO_4^{3-}) dalam air limbah merupakan parameter penting yang mempengaruhi kualitas air dan dapat memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan. Kandungan fosfat yang berlebihan dapat menyebabkan permasalahan bagi lingkungan akuatik. Oleh karena itu, pemahaman mengenai kandungan fosfat dalam air limbah menjadi penting dalam pengelolaan kualitas air limbah.

2.1.1 Sumber-Sumber Fosfat pada Air Limbah

Fosfat dalam air limbah dapat berasal dari berbagai sumber termasuk limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian.

a. Limbah domestik

Limbah domestik merupakan sumber utama fosfat dalam air limbah. Komponen limbah domestik seperti deterjen, sisa-sisa makanan, dan limbah manusia mengandung fosfat dalam konsentrasi yang signifikan. Penelitian oleh Smith, (2003) menunjukkan bahwa limbah domestik dapat menjadi kontributor utama fosfat dalam air limbah.

b. Limbah industri

Limbah dari industri, seperti industri pertanian, pengolahan makanan, dan industri kimia, juga dapat mengandung fosfat dalam jumlah yang signifikan. Proses produksi dan pengolahan dalam industri ini sering melibatkan penggunaan bahan kimia yang mengandung fosfat. Penelitian oleh

Reddy dan De Laune, (2008) menunjukkan bahwa limbah industri dapat menjadi sumber fosfat yang signifikan dalam air limbah.

c. Limbah pertanian

Limbah dari pertanian, terutama dari penggunaan pupuk dan limbah ternak, dapat mengandung fosfat dalam konsentrasi yang tinggi. Limbah pertanian sering kali mencemari sumber air dengan fosfat akibat dari penggunaan pupuk fosfat dan limbah dari peternakan. Penelitian yang dilakukan oleh Xie, *et al.* (2014) menunjukkan bahwa praktik pertanian yang tidak tepat dapat menyebabkan peningkatan kandungan fosfat dalam air limbah.

2.1.2 Pengaruh Kandungan Fosfat Terhadap Lingkungan

Kandungan fosfat yang tinggi dalam air limbah dapat memiliki dampak serius terhadap lingkungan terutama pada ekosistem perairan. Eutrofikasi, atau peningkatan kadar nutrisi dalam air, merupakan salah satu dampak utama dari peningkatan kandungan fosfat dalam air limbah. Proses ini dapat mengakibatkan pertumbuhan alga yang berlebihan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan berbagai masalah ekologis.

a. Eutrofikasi dan pertumbuhan alga

Penelitian oleh Smith, (2003) disebutkan bahwa peningkatan kandungan fosfat dalam air limbah dapat memicu pertumbuhan alga yang berlebihan. Alga yang tumbuh secara berlebihan ini kemudian dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air, yang dapat mengakibatkan kondisi hipoksia atau anoksia di perairan, menyebabkan kematian ikan dan organisme air lainnya.

b. Perubahan komposisi spesies

Selain itu, peningkatan kandungan fosfat juga dapat menyebabkan perubahan komposisi spesies dalam ekosistem perairan. Penelitian oleh Liu, *et al.* (2010) menemukan bahwa kandungan fosfat yang tinggi dapat mengubah struktur komunitas biologis dalam air, memungkinkan dominasi oleh spesies alga tertentu yang lebih toleran terhadap kondisi eutrofikasi.

c. Penurunan kejernihan air

Efek lain dari peningkatan kandungan fosfat adalah penurunan kejernihan air, di mana air menjadi keruh akibat pertumbuhan alga dan pengendapan material organik yang dihasilkan. Ini dapat mengganggu kehidupan akuatik dan mengurangi nilai estetika perairan.

2.2 Proses Adsorpsi Senyawa Fosfat pada air limbah

Proses penyerapan senyawa fosfat dalam air limbah oleh permukaan adsorben adalah sebuah proses yang kompleks yang melibatkan interaksi antara senyawa fosfat dalam larutan dengan permukaan adsorben. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tchobanoglous, *et al.* (2003) langkah awal dari proses ini melibatkan pertukaran ion, dimana senyawa fosfat dalam larutan menggantikan ion-ion lain yang terdapat di permukaan adsorben. Setelah itu, senyawa fosfat tersebar di permukaan adsorben, termasuk masuk ke dalam pori-pori dan celah-celah kecil di permukaan adsorben.

Penelitian yang dilakukan oleh Wang, *et al.* (2014) proses berlanjut dengan adanya adsorpsi langsung, dimana senyawa fosfat secara fisik terikat pada

permukaan adsorben melalui berbagai gaya antarmolekul seperti daya tarik Van Der Waals, ikatan hidrogen, dan interaksi ionik. Faktor-faktor seperti pH larutan, suhu, konsentrasi fosfat, dan sifat-sifat permukaan adsorben juga memengaruhi efisiensi proses adsorpsi ini.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gupta, *et al.* (2005) menunjukkan bahwa adsorpsi fosfat dari larutan air limbah dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan adsorben yang dihasilkan dari limbah seperti abu dasar dan biji duri yang telah diolah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan-bahan yang berasal dari limbah dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi masalah fosfat dalam air limbah. Dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku untuk adsorben tidak hanya dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi proses pengolahan air limbah secara keseluruhan.

2.3 Adsorben (Biochar)

Adsorben adalah bahan atau material yang memiliki kemampuan untuk menyerap atau mengikat zat-zat tertentu dari larutan atau udara. Mekanisme penyerapan ini dapat terjadi secara fisik maupun kimiawi, dimana molekul-molekul zat yang akan diserap akan terperangkap atau terikat pada permukaan adsorben. Penggunaan adsorben umumnya didasarkan pada afinitas tinggi permukaannya terhadap molekul-molekul target yang kemudian akan diikat pada struktur adsorben tersebut. Misalnya karbon aktif, zeolit, silika gel, dan beberapa bahan alami seperti sekam padi atau serbuk kayu yang telah diaktivasi, semuanya dapat bertindak

sebagai adsorben. Faktor-faktor seperti sifat fisik dan kimia adsorben, serta karakteristik zat yang akan diserap, akan memengaruhi efisiensi proses adsorpsi ini (Foo & Hameed, 2010).

Keberhasilan dalam penggunaan adsorben terutama tergantung pada kapasitas adsorpsi, kecepatan penyerapan, dan kemampuan untuk meregenerasi adsorben kembali setelah jenuh dengan zat yang diserap. Studi-studi ilmiah telah dilakukan untuk memahami dan memodelkan sistem adsorpsi dengan lebih baik termasuk pemahaman tentang isoterm adsorpsi yang menjelaskan hubungan antara konsentrasi zat terlarut dan jumlah zat yang diserap oleh adsorben. Penelitian ini penting dalam mengembangkan teknologi-teknologi adsorpsi yang lebih efektif dan efisien untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan aplikasi lainnya yang membutuhkan proses pemurnian zat-zat terlarut (Foo & Hameed, 2010).

2.3.1 Biochar Sampah Organik Sebagai Bahan Media Adsorben

1. Sampah Sisa Upakara

Biochar adalah material karbon yang dihasilkan dari pirolisis biomassa termasuk limbah organik seperti sisa persembayangan dalam tradisi umat Hindu. Proses pirolisis ini melibatkan pemanasan biomassa dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan material karbon yang stabil dan memiliki struktur pori-pori yang luas. Biochar yang dihasilkan dari sisa persembayangan umat Hindu yang dikenal sebagai "Biochar Sampah Pura" memiliki potensi sebagai bahan media adsorben yang efektif.

Sampah sisa persembayangan umat Hindu terdiri dari berbagai jenis bahan organik yang digunakan dalam upacara persembahan atau ritual keagamaan.

Kandungan sampah ini dapat bervariasi tergantung pada jenis persembahan atau ritual yang dilakukan serta praktik keagamaan yang berbeda-beda. Namun, secara umum sampah sisa persembayangan umat Hindu dapat mencakup bahan-bahan seperti:

a. Daun

Daun-daunan juga sering digunakan dalam persembahan keagamaan Hindu. Contohnya adalah daun kelapa dan daun pisang. Kandungan daun kelapa dan daun pisang memiliki beberapa karakteristik yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biochar untuk menyerap fosfat dari air limbah.

Daun kelapa maupun daun pisang masing-masing memiliki kandungan-kandungan yang berbeda. Daun kelapa memiliki beberapa kandungan diantaranya air 48%, selulosa 17%, lignin 2%, hemiselulosa 13 % dan karbohidrat selulosa 20% (Mayun, 2007). Sedangkan daun pisang memiliki kandungan air 52,11%, lignin 15,21, hemiselulosa 18,34, selulosa 10,85 dan karbohidrat selulosa 3,49. Kandungan kedua daun ini mengindikasikan bahwa daun kelapa dan daun pisang memiliki struktur yang kuat dan cocok untuk pembentukan biochar sebuah material karbon yang dihasilkan dari pirolisis biomassa. Dengan sifat-sifat adsorpsi yang dimiliki biochar dalam daun kelapa dan daun pisang menjadikan kedua daun ini sebagai bahan baku adsorben biochar (Mayun, 2007).

b. Sabut dan tempurung kelapa

Kelapa dikenal sebagai "pohon kehidupan" karena semua bagian tanamannya memiliki nilai manfaat yang besar bagi masyarakat (Rajesh, *et al.*, 2013). Kelapa memiliki peran sentral dalam upacara keagamaan Hindu di Bali di mana kelapa digunakan dalam berbagai kapasitas. Sebagai salah satu jenis sesajen, kelapa sering diletakkan di altar sebagai persembahan kepada dewa-dewi. Selain itu, kelapa juga memiliki makna simbolis yang dalam, dengan kulit kerasnya dan daging lembutnya diinterpretasikan sebagai representasi hubungan antara kekerasan dan kelembutan dalam kehidupan manusia.

Sabut dan tempurung kelapa memiliki struktur poros dan berserat yang memungkinkannya menyerap fosfat dari air limbah dengan efektif. Sabut kelapa mengandung sekitar 40% selulosa, 19% lignin, 14% hemiselulosa, 18% karbohidrat selulosa, dan 9% air. Sedangkan tempurung kelapa mengandung sekitar 43% selulosa, 22% lignin, 17% hemiselulosa, 11% karbohidrat selulosa dan 7% air. (Palungkun, 2001).

c. Kayu

Kayu memegang peran yang sangat penting dalam berbagai upacara keagamaan Hindu. Dalam konteks ini kayu tidak hanya dilihat sebagai bahan bangunan yang praktis, tetapi juga memiliki makna yang dalam aspek spiritual dan simbolis. Pembangunan struktur tempat ibadah seperti altar dan mandapat sering kali menggunakan kayu sebagai bahan utama karena kekuatannya yang dapat dipercaya dan keindahannya yang memberikan suasana sakral (Mercu, 2017). Selain itu potongan-potongan kayu juga digunakan sebagai

persembahan kepada dewa-dewi Hindu dalam bentuk sesajen yang diletakkan di altar atau tempat ibadah (Mercu, 2017).

Kandungan kayu yang dijadikan bahan baku untuk pembuatan biochar yang efektif dalam menyerap senyawa fosfat dalam air limbah adalah kunci untuk memahami potensinya dalam aplikasi tersebut.

Tabel 2.1 Persentase Komponen Yang Terkandung Dalam Kayu

No.	Komponen	Kandungan (%)
1	Lignin	12
2	Karbohidrat selulosa	30
3	Selulosa	25
4	Hemiselulosa	18
5	Air	15

Sumber: Sjostrom, 1993

d. Bambu

Bambu adalah salah satu tanaman yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan masyarakat Indonesia (Berlian, 1995). Bambu memiliki banyak kegunaan dalam upacara keagamaan Hindu. Sebagai bahan bangunan bambu digunakan untuk membangun altar, mandapa, dan pelataran untuk menyajikan sesajen kepada dewa-dewi. Selain itu, bambu juga memiliki makna simbolis yang kuat, mewakili keteguhan, keluwesan, dan ketahanan dalam kepercayaan kepada Tuhan. Bambu sering menjadi wadah untuk sesajen dan digunakan dalam dekorasi upacara keagamaan karena keindahan alaminya.

Tabel 2.2 Persentase Komponen Yang Terkandung Dalam Batang Bambu

No.	Komponen	Kandungan (%)
1	Selulosa	42,4
2	Lignin	19,8
3	Pentosan	3,77
4	Zat ekstraktif	9,9
5	Air	20
6	Abu	3,77
7	SiO ₂	0,36

Sumber: Widya, 2006

Komposisi utama dalam batang bambu adalah selulosa. Selulosa merupakan jenis polisakarida yang terdiri dari monomer D-glukosa yang memiliki tiga gugus hidroksil yang dapat mengalami substitusi. Secara struktural, karena banyaknya gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan air melalui ikatan hydrogen (interaksi tinggi antara pelarut dan zat terlarut), selulosa seharusnya larut dalam air. Namun, kenyataannya tidak demikian. Selulosa dapat larut dalam air dan pelarut lainnya. Hal ini disebabkan oleh kekuatan rantai dan tingginya gaya tarik antar garis rantai yang dihasilkan oleh ikatan hydrogen antar gugus hidroksil pada rantai selulosa. Kekristalan yang tinggi dari serat selulosa juga dipengaruhi oleh faktor ini. Pengurangan ikatan hydrogen akan mengurangi gaya tarik antar molekul, sehingga gugus hidroksil selulosa harus sebagian atau seluruhnya digantikan dengan pengesteran. Proses ini memungkinkan ester yang dihasilkan larut dalam beberapa pelarut (Widya, 2006).

2. Sampah Organik Lainnya (kulit durian)

Kulit durian seperti kebanyakan biomassa lainnya mengandung berbagai macam zat organik yang menjadi bahan baku potensial untuk pembuatan

biochar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Liu, *et al.* (2019) biochar dari kulit durian telah terbukti memiliki kapasitas penyerapan yang baik terhadap fosfat dalam air limbah. Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa struktur pori-pori biochar yang dihasilkan dari kulit durian memberikan area permukaan besar yang memungkinkan untuk penyerapan efisien senyawa fosfat.

Kulit durian kaya akan selulosa yang memiliki tiga gugus hidroksil reaktif dan membentuk ikatan hidrogen intramolekuler dan antarmolekuler yang penting untuk kereaktifan selulosa terhadap gugus lainnya. Polimer selulosa terbentuk dari monomer D-glukosa yang dapat dimodifikasi dengan gugus fosfat (Soekardjo, 1990). Dengan karakteristik ini kulit durian memiliki potensi sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif (Jana, *et al.*, 2010).

Tabel 2.3 Persentase Komponen Yang Terkandung Dalam Kulit Durian

No.	Komponen	Kandungan (%)
1	Lignin	15,45
2	Selulosa	60,45
3	Hemiselulosa	13,09
4	Abu	4,35
5	Air	6,66

Sumber: Jana, *et al.*, 2010

2.3.2 Aktivasi Peningkatan Kemampuan Adsorpsi

a. Aktivasi arang aktif

Arang merupakan materi padat berpori yang dihasilkan dari proses bakar bahan yang mengandung karbon. Struktur arang terdiri dari atom-atom karbon yang terikat secara kovalen membentuk heksagon datar, dimana terdapat sebuah atom C pada tiap sudutnya. Tata letak heksagonal ini membentuk kesan pelat-pelat datar yang bertumpuk dengan celah di antara mereka.

Sejumlah pori dalam struktur arang masih terisi dengan hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Arang terdiri dari berbagai komponen seperti karbon terikat, abu, air, nitrogen, dan sulfur. Struktur ini memiliki luas permukaan yang besar serta jumlah pori yang signifikan (Baker, 1997)

Karbon aktif merupakan bentuk umum dari berbagai produk yang mengandung karbon yang telah diaktivasi guna meningkatkan luas permukaannya (Manes, 1998). Struktur karbon aktif ini terdiri dari kristal mikro karbon grafit yang pori-porinya telah diperluas untuk meningkatkan kemampuannya dalam mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas serta zat-zat yang tidak larut atau tersebar dalam cairan (Roy, 1985). Sifat luas permukaan, dimensi, dan distribusi karbon aktif bervariasi tergantung pada bahan baku, proses pengolahan, dan aktivasi. Ukuran pori karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan diameter pori: mikropori (diameter <2 nm), mesopori (diameter 2–50 nm), dan makropori (diameter >50 nm) (Baker, 1997).

b. Aktivasi kimia dengan Mg^{2+}

Ion logam Mg^{2+} adalah ion magnesium yang memiliki muatan positif dua (+2). Ion ini memiliki peran penting dalam berbagai proses biologis, termasuk sebagai kofaktor enzim, menjaga keseimbangan elektrolit dalam tubuh manusia dan hewan, serta meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman dalam tanah. Selain itu Ion logam Mg^{2+} dalam air limbah dapat berperan dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi material seperti biochar terhadap kontaminan, membantu dalam pembentukan endapan yang dapat diendapkan,

memengaruhi keseimbangan pH larutan, dan secara keseluruhan berkontribusi pada efisiensi proses pengolahan air limbah.

Ion logam Mg^{2+} di sini digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor sehingga akan mengaktifkan gugus-gugus aktif yang ada. Keberadaan lignin sebagai pengikat antar sel selulosa bersamasama akan menghambat proses adsorpsi salah satunya dapat di hilangkan dengan larutan Ion logam Mg^{2+} .

Menurut penelitian yang dilakukan Ahmad, *et al.* (2014) dengan judul "Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review", membahas penggunaan biochar sebagai adsorben dalam manajemen kontaminan di tanah dan air, serta membahas aktivasi biochar dan efeknya terhadap kemampuan adsorpsi, termasuk penggunaan Mg^{2+} sebagai agen aktivasi.

Penggunaan Mg^{2+} dalam penelitian Ahmad, *et al.* (2014) adalah sebagai agen aktivasi biochar dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi biochar terhadap berbagai senyawa kontaminan atau nutrisi dalam larutan. Beberapa mekanisme yang terlibat dalam aktivasi biochar dengan Mg^{2+} adalah sebagai berikut:

- 1) Peningkatan luas permukaan efektif

Penambahan Mg^{2+} dapat mengubah struktur pori-pori biochar, memperluas atau membuka pori-pori yang ada, dan akibatnya meningkatkan luas permukaan efektif biochar. Dengan luas permukaan yang lebih besar, biochar memiliki lebih banyak situs adsorpsi yang tersedia untuk menangkap molekul pencemar atau nutrisi dalam larutan.

2) Modifikasi sifat kimia permukaan

Ion Mg^{2+} dapat berinteraksi dengan grup fungsional pada permukaan biochar, mengubah sifat-sifat kimia permukaannya. Modifikasi ini dapat meningkatkan afinitas biochar terhadap berbagai senyawa target yang ada dalam larutan, meningkatkan kemampuan adsorpsi secara keseluruhan.

3) Pembentukan kompleks Mg-Biochar

Reaksi antara Mg^{2+} dan biochar dapat membentuk kompleks yang memiliki afinitas adsorpsi yang lebih besar terhadap senyawa-senyawa tertentu. Hal ini dapat meningkatkan kemampuan biochar untuk menangkap senyawa-senyawa target dalam larutan dengan lebih efisien.

2.4 Perhitungan Laju dan Kapasitas Adsorpsi

2.4.1 Perhitungan Laju Adsorpsi

Perhitungan laju adsorpsi mengacu pada proses pengukuran seberapa cepat suatu zat tertentu diserap oleh permukaan padatan atau cairan (adsorben). Ini adalah parameter penting dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam industri kimia, pengolahan air, dan bidang lainnya di mana adsorpsi digunakan untuk pemurnian atau pemisahan (Stumm, *et al.*, 1996). Salah satu metode umum untuk mengukur laju adsorpsi adalah dengan menggunakan data kinetika adsorpsi, yang diperoleh dari percobaan adsorpsi. Data kemudian dianalisis menggunakan model matematika seperti model kinetika reaksi kimia, untuk mengekstrak parameter laju adsorpsi (Hameed, *et al.*, 2008).

Model kinetika adsorpsi orde pertama laju adsorpsi dapat dihitung dengan rumus:

$$-\ln C_e = K_1 t = \ln C_o \quad (2.1)$$

Dimana:

$-\ln C_e$ = Logaritma natural dari konsentrasi zat teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/L atau mol/L). C_e adalah konsentrasi zat terlarut di dalam larutan pada kesetimbangan.

$K_1 t$ = Produk dari konstanta laju adsorpsi orde pertama (K_1) dengan waktu (t).

K_1 adalah konstanta laju yang menunjukkan seberapa cepat adsorpsi terjadi.

$\ln C_o$ = Logaritma natural dari konsentrasi awal zat terlarut (mg/L atau mol/L).

C_o adalah konsentrasi zat terlarut di dalam larutan pada waktu awal ($t = 0$).

Untuk mengetahui kesesuaian data $\ln C_e$ waktu (t) pada model kinetika dapat melalui nilai korelasi (R^2). Nilai K diperoleh dari *slope* (kemiringan) grafik.

Sedangkan persamaan orde dua dirumuskan dengan:

$$\frac{1}{C_e} - \frac{1}{C_o} = K_2 t \quad (2.2)$$

Dimana:

$\frac{1}{C_e}$ = Kebalikan dari konsentrasi zat terlarut pada kesetimbangan mg/L atau mol/L .

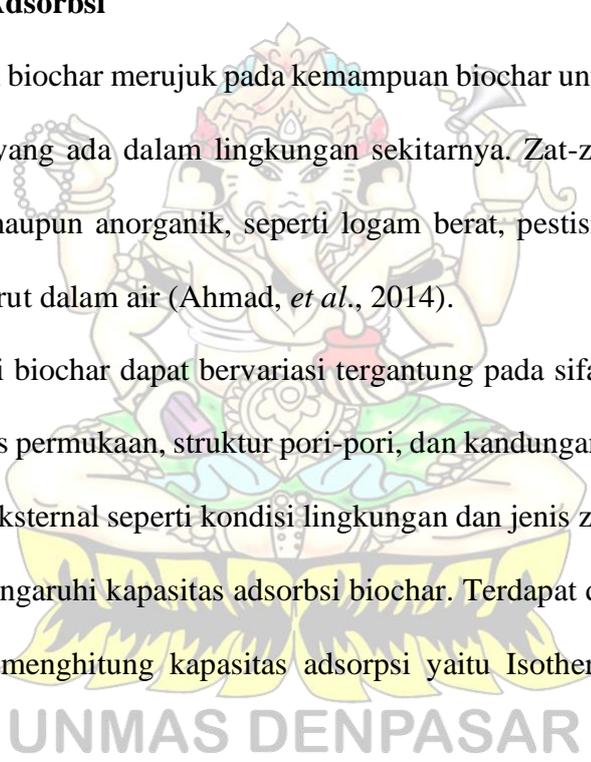
$\frac{1}{C_o}$ = Kebalikan dari konsentrasi awal zat terlarut pada kesetimbangan mg/L atau mol/L. C_o adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan pada waktu awal

$K_2t =$ Produk dari laju adsorpsi konstanta laju orde kedua (K_2t) dengan waktu (t). K_2t adalah konstanta laju yang menunjukkan seberapa cepat adsorpsi terjadi dalam sistem orde kedua.

Kesesuaian data $1/C_e$ terhadap waktu (t) pada model kinetika juga melalui nilai korelasi (R^2). Nilai K_2 diperoleh dari grafik kemiringan. Dari dua persamaan model kinetika, nilai yang lebih mendekati 1 dipilih sebagai kinetika adsorpsi.

2.4.2 Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi biochar merujuk pada kemampuan biochar untuk menyerap atau mengikat zat-zat yang ada dalam lingkungan sekitarnya. Zat-zat ini bisa berupa polutan organik maupun anorganik, seperti logam berat, pestisida, atau senyawa organik yang terlarut dalam air (Ahmad, *et al.*, 2014).

Kapasitas adsorpsi biochar dapat bervariasi tergantung pada sifat-sifat biochar itu sendiri, seperti luas permukaan, struktur pori-pori, dan kandungan kimianya. Selain itu, faktor-faktor eksternal seperti kondisi lingkungan dan jenis zat yang diadsorpsi juga dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi biochar. Terdapat dua isotherm yang digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi yaitu Isotherm Langmuir dan Isotherm Frundlich. 

Isotherm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben.

Persamaan Isotherm Langmuir:

$$Q_e = \frac{Q_m K_l C_e}{1 + K_l K_e} \quad (2.3)$$

(Ho, 2004)

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (2.4)$$

(Ho, 2004)

Dimana:

Q_e = Jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben pada kesetimbangan (mg/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat dalam larutan pada kesetimbangan (mg/L)

q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_L = Konstanta adsorpsi Langmuir (L/mg)

Sedangkan Isoterm Freundlich digunakan untuk menggambarkan adsorpsi pada permukaan heterogen dan mengasumsikan bahwa situs adsorpsi memiliki energi yang berbeda-beda yang memungkinkan interaksi antara molekul yang teradsorpsi. Persamaan Isoterm Freundlich:

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad (2.5)$$

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan:

$$\text{Log } q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad (2.6)$$

Dimana:

q_e = Jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi zat terlarut dalam larutan setelah terjadi kesetimbangan adsorpsi

K_f = Kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi

2.4.3 Metode Batch

Metode batch adalah salah satu teknik yang umum digunakan dalam studi adsorpsi untuk mengukur kemampuan adsorpsi material tertentu terhadap zat tertentu dalam larutan. Dalam metode ini sejumlah gelas erlenmeyer atau tabung reaksi berisi larutan yang mengandung zat yang akan diadsorpsi ditempatkan bersama dengan jumlah adsorben yang telah ditentukan (Yan, *et al.*, 2018). Proses tersebut biasanya dilakukan dalam kondisi tertutup untuk mencegah pengaruh faktor eksternal seperti suhu, tekanan, kelembaban, dan pencampuran larutan secara eksternal. Langkah-langkah dalam metode batch adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Larutan

Larutan yang mengandung zat yang akan diadsorpsi disiapkan dengan konsentrasi dan volume yang telah ditentukan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2. Persiapan Adsorben

Adsorben yang dapat berupa material seperti karbon aktif, zeolit, atau biochar, ditimbang dengan berat yang bervariasi dan ditempatkan ke dalam gelas erlenmeyer yang berisi larutan.

3. *Shaker*

Larutan dan adsorben dalam gelas erlenmeyer di *shaker* dengan menggunakan alat orbital *shaker* dengan kecepatan 80 rpm. Tujuan dilakukan *shaker* ini adalah untuk memastikan kontak yang baik antara adsorben dan larutan, sehingga proses adsorpsi dapat terjadi secara efisien.

4. Analisis Konsentrasi

Setelah proses pengadukan selesai, konsentrasi zat yang diadsorpsi dalam larutan dianalisis. Konsentrasi ini dapat diukur menggunakan metode analisis kimia yang sesuai. Konsentrasi ini dapat diukur menggunakan metode analisis kimia yang sesuai, seperti metode titrasi.

5. Perhitungan Adsorpsi

Besarnya zat yang teradsorpsi oleh adsorben per satuan berat adsorben dapat dihitung dari selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah proses adsorpsi. Perhitungan ini memberikan informasi tentang kemampuan adsorpsi adsorben terhadap zat yang diadsorpsi.

Metode batch ini memberikan data yang penting untuk memahami kapasitas adsorpsi suatu adsorben terhadap zat tertentu dan dapat digunakan dalam pengembangan teknologi pengolahan air limbah, pemulihan logam dari larutan, atau pengolahan limbah industri.

2.4.4 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) adalah sebuah teknik analisis instrumental yang digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur logam dalam larutan. Prinsip dasar AAS adalah bahwa atom-atom dari unsur yang akan diukur menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu saat mereka berada dalam keadaan gas. Proses ini terjadi pada panjang gelombang yang unik untuk setiap unsur, sehingga digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi unsur dalam sampel (Skoog, *et al.*, 2007).

Pada prosedur AAS sampel yang mengandung unsur yang ingin diukur diubah menjadi bentuk gas melalui proses atomisasi, biasanya dengan menggunakan nyala gas atau atomisasi dalam tungku grafit. Radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang sesuai kemudian diteruskan melalui atomisasi, dan intensitas penyerapan oleh atom-atom unsur tersebut diukur oleh detektor. Konsentrasi unsur dalam sampel dapat dihitung berdasarkan jumlah radiasi yang diserap.

AAS memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk kimia, geologi, lingkungan, dan analisis makanan. Ini merupakan metode yang sensitif dan spesifik, memungkinkan deteksi unsur dalam konsentrasi yang sangat rendah.



Gambar 2.1 Alat ASS

(<https://www.drawellanalytical.com>)

2.5 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi acuan dasar dalam pembuatan penelitian dengan mengambil beberapa penelitian yang menjadi bahan perbandingan dan referensi terkait adsorpsi biochar sampah organik untuk menyerap kandungan senyawa fosfat pada air limbah telah banyak digunakan diberbagai wilayah Indonesia. Pada tabel 2.4 merupakan beberapa hasil penelitian terdahulu adsorpsi biochar sampah organik untuk menyerap kandungan senyawa fosfat pada air limbah.

Tabel 2.4 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1.	Resa Wulandari Cucun Alep Riyanto Yohanes Martono (2023)	Kinerja Karbon Aktif Daun Eceng Gondok pada Penurunan Kadar Fosfat Artifisial dan Surfaktan dalam Limbah Detergen	<p>1. Preparasi karbon aktif: Karbon aktif dibuat dari daun eceng gondok (DEG) dengan cara mencuci, mengeringkan, dan menghaluskan daun tersebut. Proses ini mengikuti prosedur yang telah ditetapkan dalam penelitian sebelumnya 4.</p> <p>2. Pengukuran kadar fosfat dan surfaktan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kadar fosfat diukur menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan larutan asam askorbat sebagai reagen 4. • Kadar surfaktan diukur menggunakan metode MBAS (Methylene Blue Active Substance), di mana larutan baku Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) digunakan untuk membuat kurva standar 5. <p>3. Isoterm adsorpsi: Penelitian ini juga menganalisis isoterm adsorpsi untuk memahami</p>	<p>Karbon aktif DEG memiliki gugus aktif O–H, C–H, C=C, C≡C, dan C–O dengan karakter mikropori (diameter pori <2 nm, yaitu 1,09923 nm) dan luas permukaan sebesar 726,489 m²/g. Karbon aktif DEG memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar fosfat pada limbah artifisial sebesar 78,35% pada waktu optimum 90 menit dan massa adsorben seberat 25 mg. Pemodelan kinetika adsorpsi karbon aktif DEG terhadap fosfat dan surfaktan anionik mengikuti pemodelan Elovich kinetik sehingga pemodelan ini cocok untuk kinetika yang jauh dari kesetimbangan, dengan nilai koefisien korelasi R² masing 0,9117 (fosfat). Pemodelan isoterm karbon aktif DEG terhadap fosfat mengikuti pemodelan isoterm Elovich dengan R² 0,9733 (fosfat) dengan kapasitas adsorpsi maksimal 11,6686 mg/g (fosfat) dan 4,194 mg/g (surfaktan).</p>

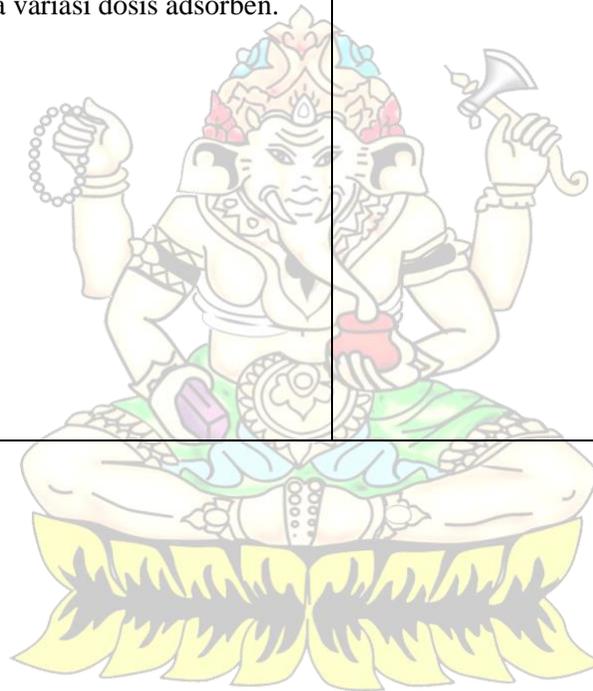
			<p>hubungan antara konsentrasi adsorbat (fosfat dan surfaktan) dalam fase cair dan jumlah yang teradsorpsi pada fase padat (karbon aktif). Model isotherm yang digunakan termasuk model Elovich, yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi bersifat multilayer</p>	
2.	Egina Safitri. A (2023)	<p>Potensi Biochar Tempurung Kelapa Dalam Menyisihkan Nitrat, Amonium Dan Fosfat Dari Air Limbah Pertanian Pada Eksperimen Adsorpsi Kolom</p>	<p>Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode adsorpsi kolom untuk menguji kemampuan adsorben biochar tempurung kelapa dalam penyisihan amonium, nitrat, dan fosfat dari air limbah pertanian.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Flowrate</i> optimum yang diperoleh pada percobaan optimasi yaitu <i>flowrate</i> 30 mL/menit yang memiliki kapasitas adsorpsi lebih tinggi dibandingkan <i>flowrate</i> 10 dan 20 mL/menit. • Waktu breakthrough dan waktu jenuh dipengaruhi oleh <i>flowrate</i>. <i>Flowrate</i> 30 mL/menit mencapai waktu breakthrough dan waktu jenuh yang lebih cepat dibandingkan <i>flowrate</i> 10 dan 20 mL/menit dimana <i>flowrate</i> 30mL/menit telah mencapai breakthrough pada menit ke-3,5 untuk fosfat, lalu untuk waktu jenuh pada menit ke-1.140 untuk fosfat. Kapasitas adsorpsi pada percobaan optimasi menggunakan <i>flowrate</i> 30 mL/menit yaitu sebesar 0,503 mg/g untuk fosfat dan efisiensi penyisihan sebesar 24,695% untuk fosfat. • Kapasitas adsorpsi percobaan aplikasi menggunakan <i>flowrate</i> optimum 30 mL/menit untuk penyisihan secara berturut-turut 0,469 mg/g; 0,582 mg/g dan 0,400 mg/g dengan efisiensi penyisihan sebesar 22,267%; 26,108% dan 18,573%.

3.	Selsadilla Sabrina Firza 2021)	Uji Kemampuan Adsorben Sabut Kelapa Pada Penyisihan Fosfat Dari Air Limbah Laundry	Metode adsorpsi menggunakan adsorben sabut kelapa untuk penyisihan fosfat dari air limbah laundry. Proses adsorpsi dilakukan secara batch, di mana sampel air limbah laundry dan larutan artifisial fosfat dari KH_2PO_4 digunakan sebagai adsorbat.	<p>a. Kondisi optimum penyisihan fosfat dengan adsorben sabut kelapa menggunakan larutan artifisial pada waktu kontak 120 menit, pH adsorbat 4, diameter adsorben 0,106 mm, dosis adsorben 2 g/L, dan konsentrasi adsorbat 35 mg/L menghasilkan efisiensi penyisihan 80,5% dan kapasitas adsorpsinya yaitu sebesar 14,087 mg/g;</p> <p>b. Adsorpsi fosfat dalam air limbah laundry menggunakan sabut kelapa memberikan nilai efisiensi penyisihan sebesar 19,42%, 15,53%, 3,51% dengan kapasitas adsorpsi 4,167 mg/g, 3,363 mg/g, 0,837 mg/g untuk ketiga sampel air limbah laundry, sedangkan penyisihan yang terjadi setelah air limbah laundry mengalami pengaturan pH pada kondisi optimum memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 41,53%, 37,76 %, dan 7,56% dengan kapasitas adsorpsi 8,913 mg/g, 8,177 mg/g, 1,803 mg/g. Lebih rendahnya efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi pada percobaan aplikasi diakibatkan oleh adanya senyawa lain (BOD5, COD, TSS, MBAS (detergen), minyak dan lemak) dalam air limbah laundry yang ikut berkompetisi dengan fosfat dalam proses adsorpsi dengan adsorben sabut kelapa;</p> <p>c. Persamaan isoterm yang sesuai dengan adsorpsi fosfat menggunakan adsorben sabut kelapa yaitu isoterm Freundlich memberikan nilai K_F sebesar 0,368 L/g dan nilai $1/n$ sebesar 2,5595.</p>
4.	Lilik Maslukah Muhammad Zainuri Anindya Wirasatriya	Studi Kinetika Adsorpsi dan Desorpsi Ion Fosfat (PO_4^{3-}) di Sedimen Perairan	1. Pengambilan sampel: Sampel sedimen diambil dari dua lokasi, yaitu Muara Sungai Banjir Kanal Barat (Semarang) dan Muara Sungai Wiso (Jepara). Pengambilan dilakukan menggunakan grab	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi ion fosfat (PO_4^{2-}) oleh sedimen perairan Semarang dan Jepara memiliki perbedaan yang signifikan. Sedimen perairan Semarang menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum (Q_{max}) sebesar 11,57 $\mu\text{mol g}^{-1}$, sedangkan sedimen perairan Jepara memiliki kapasitas adsorpsi maksimum yang sedikit lebih rendah, yaitu 11,2 $\mu\text{mol g}^{-1}$. Temuan ini mengindikasikan bahwa sedimen di perairan Semarang

	Rikha Widiaratih (2020)	Semarang dan Jepara.	<p>sampler dengan ketebalan sekitar 25 cm 3.</p> <p>2. Persiapan sampel: Sampel sedimen dikeringkan di bawah sinar matahari dan diayak untuk mendapatkan ukuran butir yang sesuai. Parameter kualitas sedimen yang diukur meliputi ukuran butir dan kandungan karbon organik 3.</p> <p>3. Percobaan adsorpsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dua percobaan dilakukan dengan menggunakan 0,3 g sedimen dan 200 ml air dari masing-masing lokasi, serta larutan KH_2PO_4 dengan konsentrasi 6 μM. • Sedimen dijenuhkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengukuran konsentrasi fosfat terlarut pada interval waktu tertentu (0, 60, 360 menit) 4, 5. <p>4. Analisis kinetika: Kinetika adsorpsi ditentukan dengan membuat grafik hubungan antara perubahan konsentrasi fosfat terhadap waktu. Model yang digunakan untuk analisis</p>	<p>lebih efektif dalam mengadsorpsi ion fosfat dibandingkan dengan sedimen di perairan Jepara, yang dapat berimplikasi pada pengelolaan kualitas air dan pemulihan ekosistem di kedua lokasi tersebut. Kinetika adsorpsi ion P oleh sedimen Semarang dan Jepara lebih tepat dijelaskan oleh model persamaan ordo 2 (<i>pseudo-second-order</i>) Dari persamaan tersebut dapat diketahui nilai slope adalah 1,0143 dan intersep 34,853 untuk sedimen Semarang dan 1,1824 dengan intersep 105,1 untuk sedimen Jepara. Hasil perhitungan menggunakan nilai slope = $1/Q_t$ dan intersep = $1/(k Q_t^2)$ dihasilkan nilai kecepatan reaksi (k) untuk sedimen Semarang dan Jepara adalah 0,03 $\text{g } \mu\text{mol}^{-1}\text{menit}^{-1}$ dan 0,01 $\text{g } \mu\text{mol}^{-1}\text{menit}^{-1}$. Persamaan adsorpsi perairan Jepara dan Semarang lebih cocok digambarkan berdasarkan persamaan <i>Langmuir</i>. Penentuan ini didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1. Model <i>Langmuir</i> dibuat berdasarkan asumsi bahwa permukaan adsorben terdistribusi secara homogen, sehingga adsorpsi terjadi pada satu lapisan. <i>Figure 7</i> menjelaskan bahwa perairan Jepara menghasilkan persamaan linier $y = 0,0893x - 0,0006$.</p>
--	-------------------------	----------------------	---	---

			<p>adalah model orde pertama dan kedua, serta isoterm adsorpsi Freundlich dan Langmuir 5, 3.</p> <p>5. Pengukuran fosfat: Pengukuran konsentrasi fosfat terlarut dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 885 nm</p>	
5.	Rajagukguk Paul Timnie Reminiscere (2018)	Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben untuk Penyisihan Detergen dan Fosfat dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode Adsorpsi Penggunaan adsorben untuk menghilangkan deterjen dan fosfat dari air limbah laundry. 2. Variasi Waktu Kontak Menggunakan variasi waktu kontak antara air limbah dan adsorben (0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit) untuk menentukan waktu optimum dalam proses adsorpsi. 3. Variasi Dosis Adsorben Menggunakan variasi dosis adsorben (1, 2, 3, dan 4 gram) untuk mengetahui dosis optimum adsorben yang diperlukan untuk menghilangkan deterjen dan fosfat dengan efektif. 4. Model Isoterm Adsorpsi Penerapan model isoterm 	<p>Hasil penelitian menunjukkan pada kajian efektivitas penyisihan detergen dan fosfat dengan metode adsorpsi dengan variasi waktu kontak (0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 menit) dan variasi dosis adsorben (1, 2, 3 dan 4 gram) serta model isoterm adsorpsi akan diterapkan pada isotherm Freundlich dan Langmuir dengan variasi dosis adsorben. Dalam pengujian variasi waktu kontak didapat waktu optimum yaitu 25 menit. Efisiensi penyisihan detergen dan fosfat pada waktu kontak optimum secara berturut-turut yaitu sebesar 97,95% dan 57,17%. Pada pengujian variasi dosis adsorben didapat efisiensi penyisihan detergen dan fosfat terbesar secara berturut-turut sebesar 99,46% dan 98,35% pada dosis 3 gr. Pemodelan isoterm adsorpsi yang mewakili adsorpsi detergen dan fosfat adalah model isoterm Freundlich.</p>

			<p>adsorpsi (Freundlich dan Langmuir) untuk menganalisis dan memodelkan proses adsorpsi deterjen dan fosfat pada variasi dosis adsorben.</p>	
--	--	--	--	--



UNMAS DENPASAR