BAB II
TINJAUAN PUSAKA

A. Tinjauan Pustaka

A.1 Limbah cair

1. Definisi Limbah Cair

Limbah cair adalah buangan yang dihasilkan dari produksi dan operasi rumah tangga yang tidak digunakan dan dapat berdampak negatif pada lingkungan. Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan selama proses produksi dan biasanya dikumpulkan terlebih dahulu, kemudian diproses, atau kadang-kadang langsung dibuang ke air atau lingkungan. Membuang limbah cair secara langsung ke lingkungan sangat berbahaya karena dapat memasukkan zat berbahaya dan limbah beracun yang tidak dapat dicerna oleh mikroba di lingkungan. Di lingkungan pertambangan, kamar mandi, laundry, dan kantin adalah sumber limbah domestik. Kandungan organik limbah cair terus menjadi masalah besar yang menyebabkan air sungai menjadi lebih buruk (Fitriyanti, 2020).

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air menjelaskan pengertian dari limbah yaitu sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Pengertian limbah cair lainnya adalah sisa hasil buangan proses produksi atau aktivitas domestik yang berupa cairan, salah satunya adalah limbah cair laundry mengandung berbagai macam zat kontaminan yang dapat menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan yang dapat terjadi di antaranya eutrofikasi, penurunan kualitas air, serta terganggunya ekosistem perairan. Eutrofikasi adalah kejadian peningkatan pertumbuhan tanaman air yang tidak normal di suatu perairan akibat jumlah nutrien yang berlebihan. Limbah cair laundry yang menumpuk di perairan dapat menyebabkan perubahan warna air menjadi hitam dan bahkan berbusa. Detergen di dalam air dapat menimbulkan busa dan menutupi permukaan air sehingga dapat menghalangi sinar matahari yang masuk dan menghambat proses fotosintesis pada siklus hidup biota air. Salah satu biota yang merasakan dampak dari penggunaan detergen adalah ikan dan

dapat menyebabkan terjadinya kematian ikan akibat pencemaran air tersebut. Kondisi perairan yang semakin memburuk akibat penumpukan limbah cair ini menyebabkan proses degradasi polutan secara aerobik menjadi terganggu. Nilai COD, BOD, bahkan fosfat yang tinggi menyebabkan terganggunya ekosistem perairan (Yuliana, Markus Heryanto Langsa, 2020). Oleh karena itu, limbah cair laundry harus dilakukan pengolahan khusus sebelum dibuang ke perairan. Beberapa teknik pengolahan air limbah secara fisik, kimia, maupun biologi. Salah satu teknik pengolahan yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan limbah laundry tersebut yaitu metode adsorpsi.

Adsorpsi adalah sebuah proses yang terjadi ketika molekul dari zat cair atau gas terakumulasi pada suatu permukaan padatan-*liquid*, sehingga membentuk suatu lapisan tipis yang terbentuk dari molekul. Ketika larutan mengandung zat terlarut yang dapat diserap bersentuhan dengan struktur permukaan padatan berpori, gaya tarik antar molekul cair - padat menyebabkan beberapa molekul zat terlarut dari larutan terkonsentrasi di permukaan padatan. Zat terlarut yang tertahan pada permukaan padat dalam proses adsorpsi disebut adsorbat, sedangkan padatan yang menahannya melalui proses adsorpsi di permukaan disebut sebagai adsorben.
(Ernawati, 2022)

Proses pencucian pakaian yang dilakukan dalam skala besar menghasilkan air limbah yang mengandung berbagai zat kimia seperti detergen, fosfat, dan senyawa organik lainnya. Kandungan bahan-bahan kimia tersebut, dapat berdampak negatif pada lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Limbah laundry yang dihasilkan oleh detergen mengandung bahan–bahan aktif yang berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup dan dapat merusak lingkungan. Detergen yang digunakan saat ini sebagian besar menggunakan *Linier Alkyl Sulfonat* (LAS) yang merupakan anionik surfaktan yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air. Kandungan surfaktan dalam air limbah juga akan mempengaruhi nilai dari limbah tersebut, apabila kandungan surfaktan dalam air limbah tinggi maka nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah tersebut juga semakin tinggi karena senyawa organik yang terkandung dalam limbah tersebut juga

tinggi. Pengolahan limbah cair *laundry* yang mengandung detergen, surfaktan, serta senyawa organik dan anorganik lainnya memerlukan metode yang efektif dan ramah lingkungan. (Fitrianingsih *et al*, 2025)

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Laundry (Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016)

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/l)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/ton)
BOD	50	0,25
COD	125	0,625
TDS	2.000	10
TSS	50	0,25
Detergen	5	0,025
Suhu	± 3ºC terhadap suhu udara	
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Banyak (m^3/Ton produk)	5	

(Sumber : Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016)

2. Sumber Limbah Cair

Limbah cair dapat berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air. Menurut Hana Hanifah Isnaini (2020) limbah cair dapat diklasifikasikan dalam empat kelompok diantaranya yaitu:

a). Limbah cair domestik (*domestic wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran. Contohnya yaitu: air sabun, air detergen sisa cucian, dan air tinja.

b). Limbah cair industri (*industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Contohnya yaitu: sisa pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil, air dari industri pengolahan makanan, sisa cucian daging, buah, atau sayur.

c). Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke dalam tanah atau melalui luapan dari permukaan. Air limbah dapat merembes ke dalam saluran pembuangan melalui pipa yang pecah, rusak, atau bocor sedangkan luapan dapat melalui bagian saluran yang membuka atau yang terhubung ke permukaan. Contohnya yaitu: air buangan dari talang atap, pendingin ruangan (AC), bangunan perdagangan dan industri, serta pertanian atau perkebunan.

d). Air hujan *(storm water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah. Aliran air hujan di permukaan tanah dapat melewati dan membawa partikel- partikel buangan padat atau cair sehingga dapat disebut limbah cair.

Limbah cair yang tidak ditangani atau diolah dengan baik dapat menimbulkan dampak yang besar bagi pencemaran lingkungan serta dapat menjadi sumber penyakit bagi masyarakat. Mengingat penting dan besarnya dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair bagi lingkungan, sehingga penting bagi sektor industri maupun domestik untuk memahami dasar-dasar teknologi pengolahan limbah cair. Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Adapun macam teknologi pengolahan air

limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat setempat. Teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan. Pengolahan limbah cair dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu: pengolahan secara biologi, pengolahan secara fisika, dan pengolahan secara kimia.
(Hana Hanifah Isnaini, 2020)

3. Karakteristik Limbah Cair

Menurut (Natalia, 2022) karakteristik limbah cair dapat dibagi menjadi tiga:

A. Karakteristik Fisika,

1). Total Solid (TS)

Merupakan padatan di dalam air yang terdiri dari bahan organik maupun anorganik yang larut, mengendap, atau tersuspensi dalam air.

2). Total Suspended Solid (TSS)

Merupakan berat dari mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

3). Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu kehitaman.

4). Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik.

5). Temperatur

Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk aktivitas sehari-hari.

5). Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah, pengendalian bau sangat penting karena terkait dengan masalah estetika.

B. Karakteristik Kimia

1). *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air.

2). *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (part per milion) atau ml/O2/liter.

3). *Dissolved Oxygen* (DO)

Adalah kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroorganisme. DO di dalam air sangat tergantung pada temperatur dan sanlitas.

4). *Amonia* (NH3)

Amonia adalah penyebab iritasi dan korosi meningkatakan pertumbuhan mikroorganisme dan mengganggu proses disinfeksi dengan *chlor*. Amonia terdapat dalam larutan dan dapat berupa senyawa ion amonium atau amonia,(tergantung pada pH larutan.

5). *Sulfida*

Sulfat direduksi menjadi sulfida dalam sludge digester dan dapat mengganggu proses pengolahan limbah secara biologi jika konsentrasinya melebihi 200 mg/l. Gas H2S bersifat korosif terhadap pipa dan dapat merusak mesin.

6). *Fenol*

Fenol mudah masuk lewat kulit. Keracunan kronis menimbulkan gejala gastero intestinal, sulit menelan, dan hipersalivasi, kerusakan ginjal dan hati, serta dapat menyebabkan kematian.

7). Derajat Keasaman (pH)

pH dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air, bila terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mematikan kehidupan mikroorganisme. Ph normal untuk kehidupan air adalah 68.

8). Logam Berat

Logam berat jika konsentrasinya kelebihan dapat bersifat toksik sehingga N diperlukan pengukuran dan pengelolaan limbah yang mengandung logam berat.

C. Karakteristik Biologi,

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah.

4. Dampak Limbah Cair Bagi Lingkungan dan Bagi Kesehatan

Limbah cair yang tidak diolah dapat menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan, salah satunya adalah dampak pencemaran air tanah, yang merupakan sumber utama air bersih di banyak wilayah. Limbah yang mengandung bahan kimia berbahaya atau patogen dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah, sehingga air tersebut tidak lagi aman untuk diminum atau digunakan. Selain itu, limbah cair yang mencemari sungai dan laut dapat menyebabkan kematian massal ikan dan makhluk laut lainnya (Arda Dinata, 2024). Menurut (Rezania Asyfiradayati *et al*, 2019) dampak limbah cair dibagi menjadi beberapa bagian, di antaranya:

A. Masalah Kesehatan

Dampak akibat limbah cair yang tidak di kelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai permasalahan seperti gangguan kesehatan dan juga penyakit akibat bawaan vector (*water borne diseases*). Gangguan Kesehatan akibat pencemaran limbah cair mempunyai sifat beracun yang dapat menyebabkan iritasi dan bahan mudah terbakar, sumber pencemar kimia tersebut antara lain:

1. Timbal

   Paparan timbal akan berdampak terhadap kesehatan manusia seperti menyebabkan anemia, kerusakan fungsi otak, serta gangguan pada ginjal.

2. Kromium

   Paparan kromium terhadap manusia akan berdampak terhadap Kesehatan manusia seperti menyebabkan penyakit kanker kulit dan saluran pencernaan.

3. Sianida

   Sianida mempunyai sifat yang sangat beracun bagi manusia, meskipun kandungan sianida dalam jumlah yang sangat kecil akan tetapi dapat langsung menyebabkan keracunan dan kerusakan organ hati.

B. Penurunan Kualitas Lingkungan

1. Limbah organik

   Limbah organik merupakan limbah yang dapat terurai oleh bakteri aerob dengan bantuan oksigen dalam limbah cair dan biasanya berasal dari hasil kegiatan rumah tangga seperti pembuangan minyak dari sampah dapur, plastik dan larutan pembersih yang dibuang ke badan air, menjadi salah satu penyebab kematian biota air. Keadaan tersebut akan mengakibatkan kandungan oksigen dalam air menjadi berkurang, sehingga akan mempengaruhi kehidupan biota air karena kekurangan oksigen.

2. Polusi air

   Polusi air terjadi apabila limbah cair dibuang ke sumber air sehingga dapat mencemari sumber air tersebut atau air tanah sekitarnya. Air tanah yang tercemar sudah tidak dapat difungsikan kembali untuk air bersih dalam memenuhi kebutuhan makhluk hidup terutama kebutuhan minum bagi manusia.

3. Limbah anorganik

   Limbah anorganik mengandung bahan pencemar seperti Timbal (Pb), *Cadmium* (Cd), *Amoniak,* Air raksa (Hg), Seng (Zn) dan Fosfat.

Apabila konsentrasi bahan pencemar tersebut melebihi baku mutu dapat menyebabkan kematian biota air dan mencemarkan pertanian, sedangkan jika limbah anorganik konsentrasinya rendah maka tidak akan berbahaya pada organisme air secara langsung.

4. Limbah yang berasal dari kebocoran atau ledakan pada sumur minyak lepas pantai sehingga mencemari air laut dan menyebabkan kematian biota di laut. Tumpahan minyak yang berada di permukaan air laut dapat menyebabkan oksigen tidak dapat masuk ke dalam air laut yang berdampak kadar oksigen terlarut mengalami penurunan, penurunan kadar oksigen di dalam air laut itulah yang menyebabkan kehidupan biota laut menjadi terganggu.

C. Kerusakan Benda Lebih Cepat

Limbah cair dapat merusak benda-benda karena kandungan zat yang beragam, zat tersebut diubah oleh bakteri anaerob sehingga menghasilkan suatu gas yang menyebabkan besi menjadi berkarat. Agar kandungan limbah cair memenuhi baku mutu sebaiknya dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan dapat menyebabkan kerusakan benda-benda yang ada di sekitarnya.

5. Pengolahan Limbah Cair Laundry

Salah satu penyebab pencemaran lingkungan yaitu akibat pembuangan air limbah secara langsung ke lingkungan. Pembuangan air limbah baik yang bersumber dari kegiatan domestik (rumah tangga) maupun industri ke badan air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan apabila kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu air limbah. Sebagai salah satu contohnya yaitu limbah laundry yang dibuang secara langsung ke badan air. Limbah laundry biasanya langsung dibuang di selokan terdekat. Hal itu mengakibatkan limbah laundry tersebut terakumulasi di badan air. Konsekuensinya adalah beban pencemaran badan air yang selama ini dijadikan tempat pembuangan limbah rumah tangga menjadi semakin berat, termasuk terganggunya komponen lain seperti saluran air, biota perairan dan sumber air penduduk. Keadaan tersebut

menyebabkan terjadinya pencemaran yang banyak menimbulkan kerugian bagi manusia dan lingkungan. (Widyaningsih & Mt, 2023)

Pembuangan limbah *laundry* secara langsung ke badan air dapat menimbulkan dampak negatif, seperti eutrofikasi, penurunan drastis kadar oksigen terlarut, degradasi kehidupan biota air, serta potensi risiko terhadap kesehatan manusia apabila air tersebut digunakan secara langsung untuk konsumsi atau aktivitas sehari-hari. (V Rivai, 2022)

1. **Pengolahan Secara Kimia**
   a. Koagulasi dan Flokulasi

      Proses ini melibatkan pemberian zat koagulan seperti alumunium sulfat atau feri klorida yang berfungsi mengumpulkan partikel halus serta bahan larut dalam air limbah. Selanjutnya, melalui tahap flokulasi, partikel-partikel tersebut bergabung membentuk gumpalan yang cukup besar sehingga lebih mudah untuk mengendap atau disaring. Metode ini digunakan guna mengurangi tingkat kekeruhan dan kandungan bahan organik dan anorganik berlebih dalam limbah.

   b. Netralasi pH

      Limbah dari aktivitas laundry umumnya memiliki sifat basa selain dipengaruhi oleh detergen yang dipakai. Oleh sebab itu, dilakukan proses penyesuaian pH menggunakan bahan asam seperti asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl) agar pH limbah kembali seimbang dan sesuai dengan standar lingkungan serta mendukung proses biologis berikutnya.

   c. Oksidasi Kimia

      Pada tahap ini digunakan agen oksidator kuat, misalnya klorin, hidrogen peroksida, atau ozon, yang berfungi untuk menguraikan bahan organik kompleks, menekan bau tidak sedap, sekaligus membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam limbah.

2. **Pengolahan Secara Fisika**
   a. Sedimentasi

      Proses ini mengandalkan gravitasi untuk menurunkan dan mengendapkan partikel-partikel padat berbobot lebih besar yang

terkandung dalam limbah. Dengan menjalankan proses sedimentasi selama beberapa jam, air limbah dapat menjadi lebih bening karena partikel berat turun ke dasar.

b. Filtrasi

Limbah cair dialirkan melalui media penyaringan seperti pasir, karbon aktif, atau membran yang mampu menghilangkan partikel-partikel halus, mengurangi bau, serta menyingkirkan bahan pencemar organik dalam limbah tersebut.

c. Floatasi (skimming)

Proses ini bertujuan mengangkat zat-zat ringan seperti minyak dan lemak yang cenderung mengapung di permukaan air limbah, kemudian diambil untuk dipisahkan dari cairan utama, sehingga konsentrasi polutan menjadi berkurang. (V Rivai, 2022)

A.2. Chemical Oxygen Demand (COD)

1. Pengertian Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik secara kimia. Proses penguraian bahan organik menyebabkan kelarutan oksigen menjadi berkurang. COD salah satu parameter kunci sebagai pendeteksi tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada.

COD merupakan banyaknya kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimiawi. Nilai COD akan lebih besar dibandingkan dengan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) hal ini dikarenakan sebagian besar senyawa akan mudah teroksidasi secara kimiawi dibandingkan secara biologis. Pengujian COD lebih cepat dari pada pengujian BOD, pengujian COD memerlukan waktu 2 jam sedangkan pengujian BOD memerlukan waktu selama 5 hari. COD salah satu parameter kunci sebagai pendeteksi tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada. Pada reaksi oksigen sekitar 85% zat organik yang ada di dalam air teroksidasi menjadi CO2 dan H2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri. Hasil dari pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat

organik yang stabil dan yang tidak stabil. Angka COD juga merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Semakin tinggi COD, maka semakin rendah kandungan oksigen terlarut dalam air. (Putri, 2023)

2. Dampak Chemical Oxygen Demand (COD)

COD memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, dan kesehatan manusia di antara lain:

1. terhadap lingkungan Konsentrasi COD yang tinggi dapat menimbulkan dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam badan air menjadi rendah, bahkan habis. Faktor ini dapat mengakibatkan oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk yang berada di dalam air seperti hewan dan tumbuhan air yang tidak dapat terpenuhi.
2. Terhadap kesehatan manusia Tingginya konsentrasi COD dalam badan air menunjukkan bahwa adanya bahan pencemar organik dalam jumlah tinggi, adanya mikroorganisme baik secara patogen dan tidak yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit untuk manusia.
3. Apabila kadar oksigen terlarut berkurang mengakibatkan hewan-hewan yang menempati perairan tersebut akan mati. Dan jika kadar BOD dan COD meningkat menyebabkan perairan menjadi tercemar

A.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah sebuah proses yang terjadi ketika molekul dari zat cair atau gas terakumulasi pada suatu permukaan padatan-*liquid*, sehingga membentuk suatu lapisan tipis yang terbentuk dari molekul. Ketika larutan mengandung zat terlarut yang dapat diserap bersentuhan dengan struktur permukaan padatan berpori, gaya tarik antar molekul cair – padat menyebabkan beberapa molekul zat terlarut dari larutan terkonsentrasi di permukaan padatan. Zat terlarut yang tertahan pada permukaan padat dalam proses adsorpsi disebut adsorbat, sedangkan padatan yang menahamelalui proses adsorpsi di permukaan disebut sebagai adsorben.

Material adsorben merupakan bahan berpori sebagai media proses adsorpsi. Pada umumnya pori – pori yang terdapat pada adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar dari pada permukaan luar. Dalam sistem *bulk material,* semua persyaratan ikatan (baik ionik, kovalen, atau logam) dari atom penyusun materi diisi oleh atom lain. Namun, molekul zat pada permukaan adsorben tidak seluruhnya dikelilingi oleh atom adsorben lain, sehingga dapat menarik adsorbat. Sifat dari ikatan tergantung pada spesies yang terlibat, tetapi proses adsorpsi umumnya di klafikasikan sebagai *physicsorption* (karakteristik Van der Waals yang lemah) atau *chemisorption* (karakteristik kovalen ikatan). Ini juga dapat terjadi karena daya tarik elektrostatik. (Ernawati, 2022)

Media yang akan digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif tempurung kelapa, karena Karbon aktif adalah salah satu adsorben yang paling umum digunakan karena luas permukaan dan porositasnya yang tinggi, sehingga efektif untuk menghilangkan polutan organik dan logam berat dari air dan udara (Zanardini *et al*., 2023). Karbon aktif adalah salah satu adsorben yang paling umum digunakan karena luas permukaan dan porositasnya yang tinggi, sehingga efektif untuk menghilangkan polutan organik dan logam berat dari air dan udara (Batubara *et al*., 2023). Dengan menggunakan media ini diharapkan dapat mengurangi konsentrasi pada parameter COD (*Chemical Oxygen Demand)* yang terdapat pada limbah cair laundry. Penelitian ini menggunakan sistem downflow, pada umumnya sistem ini menggunakan biaya yang rendah dan pengoperasian serta pemeliharaannya dapat dilakukan dengan mudah.

A.4 Karbon Aktif

Karbon aktif dapat didefinisikan sebagai bahan karbon dengan struktur amorf dan luas permukaan internal yang besar dengan tingkat porositas yang tinggi. Karbon aktif memiliki bentuk karbon mikrokristalin dan non-grafit. Bentuk non-grafit berarti terdiri dari sejumlah kecil hidrogen atau sejumlah besar oksigen dalam strukturnya. Karbon aktif memiliki kinerja tinggi dalam konduktivitas listrik, stabilitas termal yang baik, serta reaktivitas permukaan yang menjadi alasan utama karbon aktif digunakan dalam beberapa tahun

terakhir. Karbon aktif mengandung mikropori, mesopori, dan makropori dalam strukturnya. Struktur ini memiliki peran penting dalam menentukan kinerja karbon aktif sebagai adsorben**.**

Karbon aktif dikategorikan dalam karbon non grafit karena memiliki kerapatan rendah dan struktur berpori. Karbon aktif dapat diproduksi dari bahan yang mengandung karbon salah satunya dari limbah pertanian seperti cangkang kelapa sawit, kulit buah, tempurung, akar, batang, kulit kayu, bunga, daun, kulit buah. Beberapa kriteria pemilihan bahan baku untuk membuat karbon aktif yaitu kandungan karbon tinggi, kandungan zat anorganik rendah agar hasil abu rendah, berlimpah sehingga biayanya rendah, tingkat degradasi rendah pada penyimpanan, dan kemungkinan menghasilkan karbon aktif dengan hasil persen tinggi, Karbon aktif telah diakui sebagai salah satu adsorben yang paling populer dan banyak digunakan dalam pengolahan air dan air limbah di seluruh dunia. Sifat adsorptif spesifik arang adalah pertama kali ditemukan oleh Scheele pada tahun 1773 untuk perawatan gas diikuti dengan penghilangan warna pada air pada tahun 1786. Karbon aktif memiliki struktur berpori yang melimpah dan kapasitas adsorpsi yang kuat, banyak digunakan di berbagai industri, termasuk dalam pemisahan, penghilangan zat warna dan polutan dari air limbah, dan pada proses penjernihan air (Alfi et al., 2020)

Karbonasi, yaitu pengarangan atau pembakaran adalah proses yang menghasilkan arang. Sebagian besar komponen arang terdiri dari senyawa karbon yang diuraikan selama perlakuan panas. Arang aktif adalah arang yang telah mengalami perlakuan khusus dan diproses pada suhu tinggi dengan menggunakan aktivator gas CO2, uap air atau bahan kimia. Perlakuan pada arang yang biasa disebut dengan aktivasi bertujuan untuk meningkatkan pori dengan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan. Proses ini menyebabkan arang mengalami perubahan sifat fisika dan kimia dengan luas permukaan dan daya serap meningkat. Setelah proses aktivasi, pori-pori arang terbuka dan dapat digunakan sebagai adsorben, memiliki luas permukaan pori yang luar biasa yang berkisar 300-2000 m^2/g dan

mengandung 85-95% karbon (Alimah *et al*., 2024). Dengan peningkatan luas pemukaan ini, arang aktif sangat mampu menyerap logam dalam larutan.

Menurut (Faisal *et al*., 2019) adsorpsi karbon aktif untuk menyerap kadmium memiliki efisiensi yang relatif tinggi dengan nilai lebih dari 97%. Hasil ini menunjukkan arang aktif dalam mengolah zat kontaminan lebih optimal. Perlakuan pada arang aktif yang biasa disebut dengan aktivasi bertujuan untuk meningkatkan pori dengan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan. Proses ini menyebabkan arang mengalami perubahan sifat fisika dan kimia dengan luas permukaan dan daya serap meningkat. Setelah proses aktivasi, pori-pori arang terbuka dan dapat digunakan sebagai adsorben, memiliki luas permukaan pori yang luar biasa yang berkisar 300-2000 m^2/g dan mengandung 85-95% karbon (Alim*ah et al*., 2024). Aktivasi secara kimia biasanya dilakukan untuk bahan baku yang memiliki kandungan selulosa. Aktivator NaOH memiliki peran sangat penting dalam proses pembuatan karbon aktif. NaOH sebagai aktivator memiliki manfaat mampu meningkatkan luas permukaan dan porositas, membentuk struktur mikropori dan menghilangkan kontaminan seperti abu, mineral yang ada dalam bahan baku karbon. NaOH sangat membantu meningkatkan kualitas karbon aktif sehingga lebih optimal dalam aplikasi pengolahan limbah sebagai adsorben. Dengan demikian, aktivator NaOH dapat memengaruhi pH, warna, bau, dan kadar Total Suspended Solid (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD).Aktivator NaOH memiliki peran sangat penting dalam proses pembuatan karbon aktif (Alimah *et al*., 2024).

NaOH sebagai aktivator memiliki manfaat mampu meningkatkan luas permukaan dan porositas, membentuk struktur mikropori dan menghilangkan kontaminan seperti abu, mineral yang ada dalam bahan baku karbon (Alimah *et al*., 2024). NaOH sangat membantu meningkatkan kualitas karbon aktif sehingga lebih optimal dalam aplikasi pengolahan limbah sebagai adsorben (NA Berliany *et al*, 2023). Dengan demikian, aktivator NaOH dapat memengaruhi pH, warna, bau, dan kadar *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD)



Gambar 1. Karbon Aktif

A.5 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan arang batok kelapa dan karbon aktif karena mengandung karbon, sehingga dapat dijadikan arang aktif untuk mengatasi permasalahan limbah cair domestik. Perkembangan dan inovasi dalam pemanfaatan tempurung kelapa menjadi karbon aktif sangat maju, dikarenakan material ini memiliki keunggulan berupa efisien, murah dan mudah didapat. Berdasarkan hal tersebut, upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas suatu arang aktif seperti arang aktif dari tempurung kelapa dapat dilakukan dengan menjadikan arang aktif tersebut sebagai media menjernihkan limbah cair detergen (Rusdiokanto, Tauny Akbari, 2022). Tempurung kelapa dipilih menjadi material dasar arang aktif sebab belum banyak dimanfaatkan. Selain itu, penggunaan tempurung kelapa sebagai karbon aktif menawarkan solusi ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah yang tersedia, mengurangi jumlah sampah, serta mengurangi efek buruk pada ekosistem. Karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa mempunyai kapasitas penyerapan tinggi terhadap zat kimia, logam berbahaya, dan senyawa toksik, sehingga efektif untuk penyaringan air serta eliminasi polutan berbahaya.

Karakteristik tempurung kelapa mencakup kadar air sebesar 7,8%, kadar abu 0,4%, kadar material yang menguap 80,80%, dan kadar karbon 18,80%. Secara kimiawi, tempurung kelapa mengandung selulosa 33,61%,

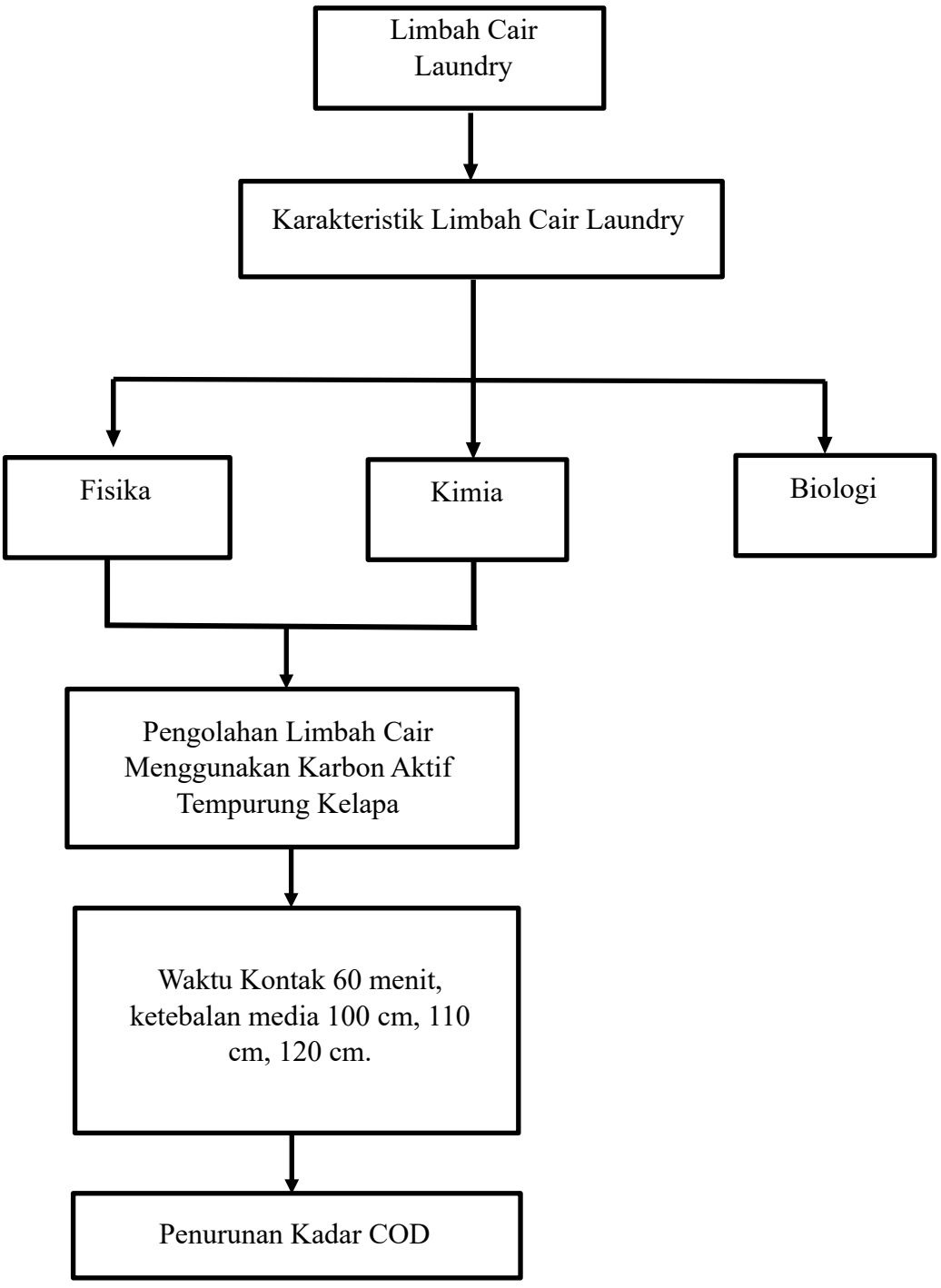
hemiselulosa 19,27%, dan lignin 36,51%. Di mana karakteristik tempurung kelapa tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang Persyaratan Arang Aktif.

Tempurung merupakan salah satu potensi yang terdapat pada kelapa. Dalam tiap buah kelapa terkandung sekitar 15-19% tempurung. Tempurung (juga disebut *batok*) adalah bagian kelapa yang bersifat keras karena mengandung Silikat (SiO2), yang memiliki 3 (tiga) buah lubang tumbuh di bagian pangkalnya. Pembentuk tempurung adalah lignin, selulosa, metoksil dan berbagai mineral lainnya, di mana jumlah kandungan bahan pembentuk tempurung tersebut beragam berdasarkan jenis kelapanya.



Gambar 2. Tempurung Kelapa

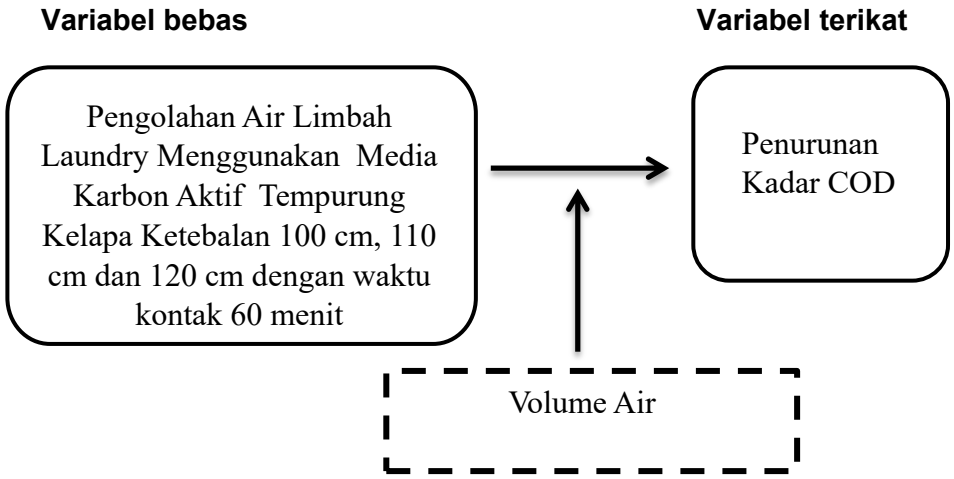
B. Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

Sumber : (M *et a*l., 2024)

C. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

Keterangan

= Diteliti

= Tidak diteliti namun dikendalikan

D. Definisi Operasional

Tabel 2. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
1.	Karbon Aktif Tempurung Kelapa	Karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi tempurung kelapa pada suhu 400°C - 600°C kemudian di aktivasi secara kimia menggunakan NaOH hingga membentuk permukaan berpori	Timbangan Analitik	gram	Rasio
2.	Air Limbah Laundry	Air buangan sisa proses pencucian pakaian yang menggunakan detergen, berpotensi mencemari lingkungan karena mengandung zat kimia seperti surfaktan dan memiliki karakteristik seperti COD tinggi.	Jerigen	ml	Rasio
3.	Kadar COD	Jumlah oksigen (mg O_2/L) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik yang terdapat pada air limbah laundry menggunakan $K_2Cr_2O_7$ pada kondisi asam dan pemanasan tertentu	Spektrofotomer	mg/l	Rasio

4.	Waktu Kontak	Lama waktu air limbah laundry bersentuhan (kontak) dengan media filter (karbon aktif tempurung kelapa) di dalam unit filtrasi.	Stopwatch	menit	Rasio
5.	Penurunan COD	Persentase penurunan kadar COD: [(COD awal - COD akhir) / COD awal] × 100%	Kalkulator	%	Rasio
6.	Volume Air	Jumlah total air limbah atau air baku yang dialirkan melalui sistem filtrasi dalam satuan volume tertentu (liter atau m^3) selama periode waktu eksperimen tertentu, diukur sebagai debit aliran (rate filtrasi) × luas permukaan media filtrasi × waktu pengolahan. Dalam konteks filtrasi pipa PVC berisi karbon aktif dan ijuk, volume air ini merupakan volume air efektif yang diproses untuk menguji efisiensi pengurangan parameter seperti TSS, BOD, COD, atau kekeruhan	Gelas Ukur	liter	Rasio

E. Hipotesis

H nol : Tidak adanya perbedaan penurunan kadar COD pada air limbah cair laundry sebelum dan sesudah saat dilakukan pengolahan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa pada ketebalan 100 cm, 110 cm dan 120 cm dengan kontak waktu 60 menit.

Ha : Adanya perbedaan penurunan kadar COD pada limbah cair laundry sebelum dan sesudah saat dilakukan pengolahan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa.