

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian yang peneliti lakukan berupa pembuatan karbon aktif berbahan baku limbah cangkang telur mengacu pada beberapa penelitian tentang karbon aktif sebelumnya. Penelitian pertama dari Ramadhani dkk. (2020) tentang karbon aktif dengan metode aktivasi fisika menggunakan bahan baku limbah tempurung kelapa. Hasil penelitian Ramadhani dkk. (2020) memperoleh produk karbon dikarenakan yield arang yang dihasilkan lebih besar, suhu yang diperlukan lebih rendah meskipun membutuhkan waktu yang cukup lama, apabila semakin tinggi suhu yang digunakan maka arang yang terbentuk akan menjadi abu sebagian bahkan bisa menjadi abu seluruhnya, sehingga yield arang yang dihasilkan akan rendah.

Huda dkk. (2020) meneliti tentang karakteristik karbon aktif dari bambu ori (*bambusa arundinacea*) dengan aktivator asam klorida (HCl). Diperoleh karakteristik karbon aktif dari bambu ori yang dilakukan aktivasi menggunakan HCl, hasil terbaik pada variabel suhu karbonisasi 300°C dengan konsentrasi HCl 1 N. Karakteristiknya berupa 5,9 % kadar air, 4,463 % kadar zat mudah menguap, 9,3 % kadar abu, 80,337 % karbon terikat, dan 698,12 mg/g daya serap terhadap Iodium, Kadar air, kadar zat menguap sudah memenuhi standar SNI, akan tetapi untuk kadar abu dan daya serap terhadap Iodium belum memenuhi standar SNI.

Efiyanti dkk. (2019) meneliti tentang karakterisasi dan potensi katalis karbon aktif tersulfonasi limbah kayu pada reaksi hidrolisis sekam padi, diperoleh bahwa katalis karbon aktif tersulfonasi dari limbah kayu campuran meranti dan kamper memiliki rendemen, kadar air, zat terbang, kadar abu, dan karbon terikat masing-masing sebesar 32,98%; 2,07%; 16,3%; dan 2,87% sehingga memenuhi persyaratan SNI. Katalis karbon juga memiliki daya jerap iod sebesar 589,07 mg/g dan keasaman sebesar 4,32 mol/g, serta terdeteksi memiliki gugus SO<sub>3</sub>H. Katalis tersebut juga berpotensi untuk diaplikasikan pada proses hidrolisis sekam padi menggunakan microwave sehingga menghasilkan kadar glukosa optimum sebesar

330,51 ppm dengan energi 216 kJ serta persen perolehan glukosa sebesar 61,97% pada daya 400 W selama 9 menit dan rasio KA-SO<sub>3</sub>H : selulosa 1:8. Penggunaan 1 g katalis pada substrat sebanyak 8 g dapat menghasilkan perolehan glukosa 61,97% dengan kadar 330,51 ppm.

Penelitian Erawati & Fernando (2018) tentang pengaruh jenis aktivator dan ukuran karbon aktif terhadap pembuatan adsorben menyatakan bahwa kondisi optimum proses karbonisasi dalam pembuatan karbon aktif dari limbah serbuk kayu sengon adalah suhu 500°C selama 30 menit menggunakan aktivator terbaik H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,1M dan buah menggunakan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menghasilkan uji BET dengan luas permukaan sebesar 1.493 m<sup>2</sup>/g, menunjukkan bahwa ukuran pori-pori pada luas permukaan menentukan kapasitas kemampuan adsorpsi dari karbon aktif.

Penelitian Idrus (2013) tentang pengaruh suhu aktivasi terhadap kualitas karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa menyebutkan bahwa suhu aktivasi dapat mempengaruhi kualitas karbon aktif yang terbentuk. Dari hasil pengujian yang dilakukan kualitas karbon aktif yang dilakukan kualitas karbon aktif yang terbaik diperoleh pada suhu 1000°C dengan kadar air 7,7 %, kadar abu 0,84 % memenuhi standar SII 0258-79 dan memiliki daya serap terhadap kadar iod sebesar 586,318 mg/g yang memenuhi standar SNI 06-3730.

Penelitian yang dilakukan Aritonang dkk (2019) tentang arang aktif dari cangkang telur bebek dan kulit durian setelah diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 4N sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI No. 06-3730-1995, diperoleh kadar air 2,5 %, kadar abu 5 %, daya serap iod 746 mg/g, kadarkarbon terikat 86%.

Penelitian Ellysa dkk (2020) bagaimana cara mengetahui karakteristik dan kinerja adsorben daun pandan laut terhadap kapasitas penyerapan dan efiseien penyisihan konsentrasi kromium. Karakteristik adsorben dilakukan uji kadar air, kadar abu, daya serap iodin, gugus fungsi (FT-IR) dan uji morfologi (SEM). Adapun hasil penelitian untuk kadar air, kadar abu dan daya serap iodin, adsorben dengan ukuran 35 mesh merupakan ukuran terbaik untuk adsorpsi logam kromium.

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Takwanto dkk., 2018). Adsorpsi adalah penyerapan substansi dalam permukaan zat padat. Dalam adsorpsi terdapat gaya tarik menarik antara substansi yang terserap dengan penyerapnya. Proses adsorpsi terjadi karena terdapat gaya tarik molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Dengan adanya gaya tersebut, padatan lebih cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan mengakibatkan konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar.

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Karbon aktif dipilih karena memiliki daya serap yang tinggi yakni mencapai 25-100% (Utomo dkk., 2018).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan – bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding – dinding pori atau pada letak – letak tertentu didalam partikel itu Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap. Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahanbahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letakletak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Sudarmawan dkk., 2020). Bagian telur yang paling banyak digunakan adalah bagian putih telur dan kuning telur, sedangkan cangkang telurnya banyak terbuang sebagai limbah. Limbah cangkang telur ini banyak

dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku pembuatan tepung. Dari data penelitian yang ada, limbah cangkang telur yang dihasilkan adalah sebesar 9 – 12% dari berat total limbahnya yaitu sekitar 170 ribu ton tiap tahunnya yang dihasilkan di Indonesia. Selain itu juga cangkang telur banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan pertanian. Cangkang telur ayam memiliki 10.000 hingga 20.000 pori-pori. Komposisi terbanyak yang ada pada cangkang telur adalah 97% CaCO<sub>3</sub>. Dilihat dari komposisinya yang terbanyak dari cangkang telur adalah kalsium karbonat yang memiliki potensi dalam penyerapan zat warna. Pada kalsium karbonat memiliki ion bermuatan positif sehingga kalsium karbonat merupakan kation yang dapat berikatan dengan anion (NBB). Struktur dari cangkang telur ini adalah berpori yang mengandung asam protein mukopolisakarida. Pada asam protein ini terdapat gugus yang penting seperti karboksil, amina, dan sulfat yang berfungsi untuk mengikat ion logam sehingga dapat membentuk ikatan ionik (Permatasari, 2021).

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorbsinya dengan melakukan proses karbonasi dan aktivasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan hidrogen, air dan gas-gas pada permukaan karbon aktif dan mengakibatkan perubahan fisiknya. Gugus aktif terbentuk karena adanya proses interaksi antara radikal bebas atom-atom oksigen dengan nitrogen pada permukaan karbon aktif. Kegunaan karbon aktif dalam filter adalah menyerap bau, mengurangi intensitas warna air, menyerap bau, menyerap logam dan bakteri, karbon aktif tersebut banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri (Suherman dkk., 2020).

**Tabel 2. 1** Penelitian Terdahulu

<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Perbedaan</b>
1.	Ramadhani dkk., (2020)	Aktivasi fisika pada	Penelitian yang dilakukan dengan metode pirolisis menghasilkan	Metode aktivasi menggunakan

		pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa.	produk karbon dikarenakan yield arang yang dihasilkan lebih besar, suhu yang diperlukan lebih rendah meskipun membutuhkan waktu yang cukup lama, apabila semakin tinggi suhu yang	kimia dan fisika
<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Perbedaan</b>
			digunakan maka arang yang terbentuk akan menjadi abu sebagian bahkan bisa menjadi abu seluruhnya, sehingga yield arang yang dihasilkan akan rendah.	
2.	Huda dkk., (2020)	Karakteristik karbon aktif dari bambu ( <i>bambusa arundinaca</i> ) yang teraktivasi menggunakan asam klorida (HCl).	Dalam pengujian karakteristik karbon aktif dari bambu ori yang dilakukan aktivasi menggunakan HCl, hasil terbaik pada variabel suhu karbonisasi 300°C dengan konsentrasi HCl 1 N. Karakteristiknya berupa 5,9 % kadar air, 4,463 % kadar zat mudah menguap, 9,3 % kadar abu, 80,337 % karbon terikat, dan 698,12 mg/g daya serap terhadap Iodium.	Bahan baku yang digunakan cangkang telur ayam ras petelur
3.	Efiyanti dkk., (2019)	Dilakukan proses pembuatan karbon aktif	Penggunaan katalis karbon aktif tersulfonasi (daya 400 W, rasio sekam padi terhadap katalis 1:8, serta waktu 9 menit)	Bahan baku yang digunakan cangkang telur ayam ras petelur

		dari limbah campuran kayu kamper dan meranti	menghasilkan kadar glukosa sebesar 330,51 ppm dengan persen perolehan glukosa 61,97%, dan energi yang diperlukan sebesar 216 kJ.	
<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Perbedaan</b>
4.	Erawati & Fernando (2018)	Pengaruh jenis aktivator dan ukuran karbon aktif terhadap pembuatan adsorben dari serbuk kayu sengon.	Pada suhu 500°C selama 30 menit dengan menggunakan activator terbaik menghasilkan uji BET dengan luas permukaan sebesar 1.493 m <sup>2</sup> /g, menunjukkan bahwa ukuran pori-pori pada luas permukaan menentukan kapasitas kemampuan adsorpsi dari karbon aktif	Bahan baku yang digunakan cangkang telur ayam ras petelur
5.	Idrus (2013)	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik luas permukaan pori, kadar air, kadar abu, daya serap karbon	Karbon aktif yang mempunyai karakteristik terbaik adalah arang tempurung kelapa yang diaktivasi pada suhu 1000°C dengan kadar air 7,7 %, kadar abu 0,84% dan daya serap terhadap iod 586,318 mg/g. Pengujian karbon aktif pada penjernihan air menunjukkan hasil yang maksimal ketika menggunakan karbon aktif dari suhu aktivasi	Aktivasi menggunakan asam klorida (HCl)

		aktif terhadap iod dan mengetahui pengaruh suhu aktivasi karbon aktif pada	1000°C dengan parameter perubahan fisik air yaitu warna air menjadi jernih, tidak berbau dan memenuhi pH standar air (7,0-7,5).	
<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Perbedaan</b>
		penjernihan air.		
6.	Ellysa dkk., (2020)	Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik dan kinerja adsorben daun pandan laut terhadap kapasitas penyerapan dan efiseien penyisihan konsentrasi kromium.	Hasol penelitian untuk kadar air 3,52%, kadar abu 14%, dan daya serap iodin 262,2 mg/g, adsorben dengan ukuran 35 mesh merupakan ukuran terbaik untuk adsorbs logam kromium.	Bahan baku yang digunakan cangkang telur ayam ras petelur
7.	Perdani dkk., (2021)	Menentukan karakteristik karbon aktif kulit singkong (KASP)	Karbon aktif kulit singkong optimum didapatkan pada konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 30% selama 1 jam pada suhu 600 °C mengandung gugus fungsional O-H, C-H, C-O, C≡C, dan C=C,	Aktivasi menggunakan asam klorida (HCl)

		berdasarkan konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> dan lama waktu aktivasi pada suhu 600 °C.	dengan kristalinitas bersifat amorf yang ditandai dengan tidak adanya puncak runcing atau tajam pada 2theta = ~24° dan ~43°. KASP menunjukkan permukaan yang berongga yang didominasi oleh unsur C(55,20%),	
<b>No.</b>	<b>Nama Peneliti (Tahun)</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Perbedaan</b>
			O(28,86%), N(8,00%), P(6,22%), dan Na(1,72%).	
8.	Aritonang dkk., (2019)	Bertujuan untuk menurunkan kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas pada minyak goreng bekas sebelum dan sesudah 3,4 dan 5 kali penggorengan dengan dan tanpa pemberian arang aktif dari cangkang telur bebek dan kulit durian.	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan arang aktif dari cangkang telur bebek dan kulit durian setelah diaktivasi dengan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 4N sudah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI No. 06-3730-1995, diperoleh kadar air 2,5 %, kadar abu 5 %, daya serap iod 746 mg/g, kadar karbon terikat 86%.	Bahan baku yang digunakan cangkang telur ayam ras petelur dan asam klorida (HCl)

Dari penelitian terdahulu diatas terdapat perbedaan dalam penelitian, metode, suhu, bahan dalam karakteristik adsorben yang digunakan. Dalam penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan yaitu motode aktivasi menggunakan HCl dan non aktivasi dengan limbah cangkang telur sebagai bahan utama dalam pembuatan adsorben.

## 2.2 Teori-Teori Yang Relavan

### 2.2.1 Cangkang Telur

Cangkang telur ayam petelor merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) agar mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Salah satunya adalah sebagai adsorben, Cangkang telur ayam petelor mengandung protein (asam amino), lemak, serat kasar dan abu sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi dan memiliki kandungan kalsium karbonat. kalsium karbonat berinteraksi kuat dengan beberapa ion logam divalent ( $\text{M}^{2+}$ ), penghilang ion logam dalam larutan dapat dilakukan dengan adsorpsi. Oleh karena itu cangkang telur merupakan salah satu jenis sampah yang dapat digunakan sebagai adsorben serta pendukung penerapan minimalisasi limbah karena dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas limbah cangkang telur dengan prinsip pakai ulang (*reuse*) dan pungut ulang (*recovery*). Ada empat bagian yang membentuk kerabang telur, yaitu (a) kutikula, lapisan tipis sekali (3— 10 mikron) dan tidak mempunyai pori-pori, tetapi sifatnya dapat dilalui gas; (b) lapisan bunga karang (*spongy calcareous layer*) terdiri dari protein serabut yang berbentuk anyaman dan lapisan kapur ( $\text{CaCO}_3$ );  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ; (c) lapisan mamalia (*mammillary layer*), sangat tipis, tebalnya 1/3 lapisan seluruh kerabang telur; dan (d) lapisan membran, terdiri dari 2 lapisan yang menyelubungi seluruh telur, tebalnya sekiar 65 mikron, semakin kearah tumpul semakin tebal (Muhammad & Dewi, 2020).

**Tabel 2.2** Komponen Cangkang Telur

Komponen	% Berat
Kalsium Karbonat	97
Magnesium, Natrium, Kalium, Seng,	3

Mangan, Besi, dan Tembaga	
Fosfor	3

*Sumber : (Permatasari, 2021)*

### **2.2.2 Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Dan Bioadsorben**

Cangkang telur mengandung protein (asam amino) sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi. Oleh karena itu, cangkang telur yang merupakan salah satu jenis limbah dapat dipergunakan sebagai adsorben serta pendukung penerapan minimalisasi limbah karena dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas limbah cangkang telur dengan prinsip pakai ulang (*reuse*) dan pungut ulang (*recovery*). Pada penelitian ini digunakan limbah dari cangkang telur ayam ras untuk dimanfaatkan sebagai bahan adsorben logam berat, khususnya pada logam Pb. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu optimum, berat optimum dan kapasitas adsorpsi cangkang telur ayam ras pada kondisi optimum (Satriani dkk., 2016). Penelitian ini dilakukan untuk melihat waktu pengocokan optimum, berat adsorben optimum dan kapasitas adsorpsi pada kondisi optimum. Penentuan konsentrasi timbal dalam larutannya diukur menggunakan spektrofotometer spektrodirekt dengan jumlah logam timbal terserap ( $C_b$ ) oleh serbuk cangkang telur ayam ras adalah selisih konsentrasi timbal mula-mula ( $C_i$ ) dengan konsentrasi logam timbal pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ). Salah satu cara alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan cangkang telur ayam ras yang selama ini dikenal sebagai sampah, dimana cangkang telur ayam dapat dijadikan adsorben logam berat untuk mengurangi kandungan logam berat yang ada di lingkungan. Cangkang telur ayam ras pada awalnya dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, cangkang telur ayam ras tersebut diblender, setelah itu diayak menggunakan ayakan 100 mesh, berat bersih adsorben yang didapatkan adalah 210,5 gram. Kemudian dipanaskan pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$ . Setelah melalui proses pemanasan kemudian serbuk cangkang telur ayam ras dimasukkan

dalam desikator. Tahap akhir yaitu menyimpan serbuk cangkang telur ayam ras tersebut di dalam wadah yang kedap udara. Pada penelitian ini konsentrasi awal larutan logam Pb yang digunakan sebesar 78,48 ppm (Satriani dkk., 2016).

Salah satu cara alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan cangkang telur ayam ras yang selama ini dikenal sebagai sampah, dimana cangkang telur ayam dapat dijadikan adsorben logam berat untuk mengurangi kandungan logam berat yang ada di lingkungan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan efektivitas cangkang telur ayam dan karbon aktif sebagai adsorben pada penyerapan logam berat  $Pb^{+2}$ . Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa cangkang telur dan karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben logam timbal dan kapasitas adsorpsi cangkang telur terhadap cemaran logam timbal lebih baik daripada kapasitas adsorpsi karbon aktif (Misfadhila dkk., 2018).

Cangkang telur merupakan bagian terluar dari telur yang berfungsi memberikan perlindungan bagi komponen-komponen isi telur dari kerusakan secara fisik, kimia maupun mikrobiologis. Berdasarkan komposisi mineral yang ada, maka cangkang telur tersusun atas kristal  $CaCO_3$  (98,41%),  $MgCO_3$  (0,84%) dan  $Ca_3(PO_4)_2$  (0,75%). Cangkang telur memiliki kadar kalsium yang cukup tinggi sehingga memiliki potensi untuk menjadi penyerap atau adsorben. Bioadsorben yang berasal dari limbah cangkang telur dapat digunakan untuk pengolahan limbah hasil industri, yaitu limbah logam berat. Bioadsorben yang berasal dari bahan alam seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam (Fiber dkk., 2020). Beberapa proses diatas dikombinasikan yaitu dengan menggunakan perlakuan asidifikasi dengan asam fosfat sebagai pretreatment awal kemudian dilanjutkan dengan adsorpsi dimana adsorben yang digunakan adalah limbah cangkang telur ayam yang diharapkan akan didapat gliserol dengan kemurnian yang tinggi dan juga warna yang bersih (Nadeak dkk., 2019).

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai arang aktif untuk memurnikan minyak goreng bekas adalah cangkang telur bebek dan kulit durian. Cangkang telur bebek dan kulit durian merupakan limbah yang terdapat di alam

dalam jumlah yang cukup banyak dan harganya murah (ekonomis). Selain itu, cangkang telur bebek mengandung senyawa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) 94%, kalsit ( $\text{CaO}$ ) dan asam amino, sementara itu kulit durian secara proporsional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60%) dan kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%). Cangkang telur bebek dan kulit durian mengandung karbon yang cukup tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben (Aritonang dkk., 2019).

Salah satu sumber pembuatan adsorben yang potensial sebagai pengganti karbon aktif yaitu cangkang telur ayam dan sekam padi. Komponen penyusun cangkang telur yaitu kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (98,41%) dalam bentuk kristal,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (0,75%), dan  $\text{MgCO}_3$  (0,84%). Material ini berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai adsorben karena mempunyai sekitar 10.000- 20.000 pori-pori sehingga dapat menjerap suatu zat terlarut. Sedangkan kandungan dari abu sekam padi yaitu silika sekitar 87%-97% dari berat kering yang dibakar dengan pembakaran sempurna. Abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dikarenakan material tersebut memiliki pori-pori serta memiliki gugus aktif silanol ( $\text{Si-OH}$ ) dan siloksan ( $\text{Si-O-Si}$ ). Cangkang telur ini sebelumnya telah digunakan sebagai material penjerap untuk penurunan kadar logam pada limbah cair hasil industri elektroplating, peningkatan kualitas minyak jelantah, serta pemisahan kromium. Metode adsorpsi merupakan metode alternatif yang dapat digunakan untuk menurunkan kandungan zat warna terlarut dalam limbah cair tekstil. Pada adsorpsi zat warna limbah cair metilen biru dengan adsorben kombinasi dari cangkang telur dan abu sekam padi terbukti mampu menurunkan konsentrasi larutan dari 20 ppm dalam 50 mL menjadi 0.237 ppm sehingga mampu menggantikan adsorben karbon aktif yang sulit terdegradasi. Kondisi operasi optimum pada adsorpsi ini yaitu rasio massa cangkang telur dengan abu sekam padi sebesar 0.2:0.8 gram, waktu kontak 80 menit, dan pH 3 menghasilkan daya adsorpsi 98.817%. Potensi kedua bahan tersebut sebagai bioadsorben didukung oleh adanya pori-pori dan gugus aktif. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu mengkaji pengaruh konsentrasi zat warna metilen biru terhadap

daya adsorpsi. Selain itu perlu dilakukan pengkajian mengenai proses aktivasi sampel adsorben menggunakan asam kuat dan basa kuat dengan variasi konsentrasi aktivator tersebut (Lestari dkk., 2021).

### **2.2.3 Cangkang Telur Ayam Sebagai Pupuk**

Salah satu sampah daur ulang yang dapat digunakan dan bernilai tinggi adalah cangkang telur. Cangkang telur merupakan sampah daur ulang yang sangat mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari. produksi cangkang telur ayam per tahun mencapai 150.000 menyatakan bahwa kandungan cangkang telur terdiri atas 97% kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), sisanya fosfor, magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga. Cangkang telur mengandung hampir 95,1% adalah garam-garam organik, 3,3% bahan organik (terutama protein), dan 1,6% air. Komponen utama dari garam anorganik pada cangkang telur ayam didominasi oleh kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan kandungan hingga 98,5%, dengan kalsium fosfat dan magnesium karbonat yang masing-masing mengandung komposisi sekitar 0,7%. Tingginya kadar garam yang disertai adanya senyawa organik dalam telur ayam berpotensi mencemari lingkungan akibat aktivitas mikroba di dalamnya. Kandungan kalsium pada cangkang telur yang cukup besar dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Kalsium merupakan suatu zat yang berperan penting dalam pembentukan struktur tubuh, tulang, dan gigi pada manusia dan hewan serta dinding sel pada tanaman. Peran kalsium lain khususnya pada tanaman antara lain, menebalkan dinding sel, meningkatkan pemanjangan sel akar, kofaktor proses enzimatik dan hormonal, pelindung dari cekaman panas, hama, dan penyakit. Pada tanaman ketersediaan nutrisi kalsium didapat dari media tanam dan pemberian pupuk. Kalsium pada pupuk merupakan unsur makro selain nitrogen, fosfor, dan kalium, yang berfungsi untuk mendorong pembentukan dan pertumbuhan akar lebih dini, memperbaiki ketegaran tanaman, dan meningkatkan pH tanah (Ernawati dkk., 2019).

Cangkang telur memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. sebanyak 97% kalsium terkandung dalam cangkang telur ayam. Tingginya kandungan kalsium ini diketahui sebagai senyawa kalsium karbonat yang sangat baik sebagai bahan

baku pembuatan POC dan dapat menaikkan pH media tanah dan air. Machrodania dkk. (2015) menambahkan bahwa limbah cangkang telur ayam broiler juga mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebesar 97%, 3% fosfor, 3% magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga. Pengolahan limbah menjadi pupuk organik biasanya menggunakan teknologi fermentasi yang memanfaatkan mikroorganisme berupa bakteri. Langkah-langkah dalam pembuatan adalah menyediakan peralatan untuk membuat, menyediakan bahan baku, melakukan pencampuran bahan, fermentasi serta melakukan pengecekan, dan setelah 2 minggu siap digunakan. Senyawa kalsium karbonat pada cangkang telur dapat larut dalam senyawa asam dan air panas dalam waktu yang lama, sehingga pengolahan pupuk organik cair dibutuhkan dengan larutan EM4 sebagai bioaktivator yang bersifat asam. Penggunaan EM4 dalam pembuatan pupuk organik dapat meningkatkan kadar kandungan hara nitrogen, fosfor, dan kalium daripada pembuatan kompos yang tidak menggunakan EM4. Penggunaan EM4 dapat membantu meningkatkan unsur hara pada pupuk. Limbah cangkang telur di Kecamatan Kwandang berasal dari rumah tangga dan limbah pasar tradisional terutama limbah dari warung makan yang berada dilingkungan pasar. Tumpukan limbah ini telah meresahkan masyarakat karena dapat menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan aroma bau busuk telur memasuki wilayah pemukiman, sehingga banyak masyarakat yang ingin memanfaatkan limbah cangkang telur ini, namun belum diketahui teknologi tepat guna yang dapat dilakukan guna meminimalisir cemaran limbah disekitar pasar (Taha & Mukhtar, 2022).

### **2.2.5 Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorbsinya dengan melakukan proses karbonasi dan aktivasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan hidrogen, air dan gas-gas pada permukaan karbon aktif dan mengakibatkan perubahan fisiknya. Gugus aktif terbentuk karena adanya proses interaksi antara radikal bebas atom-atom oksigen dengan nitrogen pada permukaan karbon aktif. Kegunaan karbon aktif dalam filter adalah menyerap bau, mengurangi intensitas warna air, menyerap bau, menyerap logam dan bakteri, karbon aktif tersebut banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan

berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri (Suherman dkk., 2020).

Berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 tentang baku arang aktif di tunjukan pada tabel di bawah :

**Tabel 2.3** Baku mutu arang aktif menurut SNI 06-3730-1995

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Air	%	Maks 4,4	Maks. 15
2	Abu	%	Maks 2,5	Maks. 10
3	Daya Serap Terhadap Iodin	mg/g	Min. 750	Min. 750

### 2.2.6 Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letakletak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena senyawa adsorbat harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben. Akan tetapi gerakan konstan dari partikel adsorbat dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Gerakan partikel kecil yang cepat membuat partikel adsorbat yang lebih kecil akan terdifusi lebih cepat ke dalam pori (Mirandha, 2016). Kegunaan

zeolite sebagai adsorben adalah untuk mengatasi limbah cair yang disebabkan oleh senyawa-senyawa ammonia dan kombinasi turunannya. Hal ini disebabkan struktur zeolit yang sangat porous serta memiliki kation-kation yang dapat dipertukarkan dapat dimanfaatkan untuk menyerap limbah industri. Limbah ammonia memerlukan perlakuan khusus dikarenakan beberapa senyawa turunan ammonia-organik tertentu yang sangat beracun bagi biota akuatik pada kadar ratusan kali lipat lebih kecil dari kadar ammonia bebas dalam limbah cair. Selain itu, menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 1995 batas maksimum persyaratan ammonia bebas dalam air minum yaitu kurang dari 0,05 ppm (Mukti, 2017).

### **2.2.7 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses penyerapan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya adsorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap. Adsorpsi adalah pengumpulan dari adsorbat diatas permukaan adsorben. Metode aktivasi secara kimia arang tempurung kelapa sebanyak 100 gram lalu direndam dengan larutan NaOH 0,2 N selama 18 jam kemudian disaring dengan kertas saring setelah itu dicuci dengan aquadest hingga pH netral. Setelah itu arang yang telah diaktivasi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150 °C, kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai rendemen. Arang aktif yang telah diperoleh di uji standard mutu dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif (Aryani, 2019).

Metode absorpsi penyerapan dari adsorbat kedalam adsorben dimana disebut dengan fenomena *sorption*. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben (Izmah, 2021).

### **2.2.8 Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl)**

Pada aktivasi adsorben menggunakan larutan HCl berfungsi untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor atau kation yang memungkinkan pada adsorben. Larutan HCl juga bisa menghilangkan oksida-oksida logam pada tulang ayam yang menutupi pori. Selain itu HCl yang sebagai asam kuat mampu memperbanyak pori-pori pada tulang ayam secara maksimal. Pada adsorben yang diaktivasi dengan larutan HCl sangat mudah mengadsorpsi kromium karena akibat adanya gaya elektrostatis tarik-menarik antara bagian positif dari permukaan adsorben dengan bagian negatif dari kation logam kromium. Bahwa serbuk tulang ayam yang diaktivasi dengan larutan HCl mendapatkan nilai yang bagus untuk penurunan konsentrasi kromium. Sedangkan serbuk tulang ayam yang tanpa aktivasi hasil penurunan tidak terlalu signifikan karena masih ada pengotor yang menutupi pori-pori dan tidak homogenya serbuk tulang ayam. Hal ini juga didukung dengan hasil uji ANOVA yang didapatkan nilai  $F = 124,612$  dan nilai  $F_{critical} = 4,25649$  sehingga dapat ditarik hipotesis bahwa  $F > F_{critical}$  menandakan adanya perbedaan pengaruh jenis aktivasi terhadap penurunan konsentrasi kromium (Ferriansyah, 2021).

### **2.2.9 Metode Aktivasi**

Metode aktivasi terdiri dari 2 jenis, antara lain:

#### **1. Metode Kimia**

Proses aktivasi dengan penggunaan bahan kimia dalam proses ini bahan yang diaktivasi akan memiliki pori-pori lebih besar sehingga dapat menjerap polutan dengan lebih efektif, salah satu bahan kimia yang dapat digunakan asam klorida (HCl) (Aryani dkk., 2019).

#### **2. Metode Fisika**

Proses aktivasi dengan suhu panas yang tinggi  $300^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$  pada proses aktivasi fisika ini tidak menggunakan oksigen dalam prosesnya (Aryani dkk., 2019).

## **2.3 Hipotesis**

Hipotesis yang dikemukakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Adsorben dari cangkang telur dapat dibuat dengan proses kalsinasi dengan cara memanaskan pada  $600^{\circ}\text{C}$
2. Adsorben dari cangkang telur yang dikalsinasi pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  akan memiliki kadar air, kadar abu, dan daya serap iodine yang memenuhi nilai SNI 06-3730-1995.