

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Landasan Teori**

#### **2.1.1 Pembuatan Batik**

Batik merupakan salah satu kerajinan budaya Indonesia yang memiliki nilai seni tinggi dan menjadi bagian dari budaya Indonesia khususnya Jawa (Yusak & Adi, 2011). Pembuatan batik adalah teknik pembuatan motif atau pola dengan cara perintangan menggunakan lilin atau malam batik (Suheryanto, 2015).

Limbah adalah bahan atau barang sisa suatu kegiatan yang fungsinya telah berubah dari fungsi utama. Limbah dapat berbahaya dan beracun hal ini disebabkan karena sisa suatu kegiatan yang mengandung bahan yang berbahaya dan beracun akibat sifat, konsentrasi dan jumlahnya yang cukup besar. Limbah sendiri dapat merusak lingkungan secara langsung maupun tidak langsung dan tentunya hal ini akan sangat berbahaya terhadap keberlangsungan mahluk hidup (Anggraini *et al*, 2021).

Limbah sendiri memiliki beberapa jenis yaitu limbah padat, limbah cair, limbah gas dan limbah suara. Limbah tekstil sendiri termasuk ke dalam jenis limbah cair. Limbah tekstil merupakan sisa dari suatu kegiatan industri yang memiliki wujud cair dan bercampur dengan bahan-bahan buangan lainnya yang larut ke dalam air. Dalam kasus limbah tekstil batik yang ada di Kota Jambi, limbah tersebut masih hanyut ke dalam sungai hal ini tentunya sangat berdampak buruk terhadap lingkungan dikarenakan pada umumnya limbah cair mengandung logam dan bahan berbahaya bagi lingkungan dan Kesehatan masyarakat, maka perlu diolah hingga mencapai batas aman yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan. Limbah cair sendiri memiliki tiga karakteristik yaitu:

#### **1. Karakteristik Fisik**

##### **a. Bau**

Bau disebabkan oleh udara yang dihasilkan dari proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

##### **b. Temperatur**

Temperatur merupakan suhu dari suatu limbah yang mana dapat mempengaruhi oksigen yang terlarut di dalam air.

##### **c. Kerapatan massa**

Kerapatan adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai  $\text{slug/ft}^3(\text{kg/m}^3)$ . Dimana meningkatnya kerapatan akibat adanya pengotor didalam-Nya.

d. Warna

Warna mengidentifikasi bahwa air tersebut tercemar oleh suatu zat lain. Pada dasarnya air bersih tidak memiliki warna tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob maka air bersih dapat berubah warna.

e. Kekeruhan

Kekeruhan dapat diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipancarkan oleh air limbah dengan cahaya yang dipancarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama.

1. Karakteristik Kimia

a. Bahan organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan dan aktivitas manusia.

b. Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Bahan anorganik juga dapat dihasilkan dari kegiatan yang menggunakan bahan kimia.

c. Gas

Pada umumnya gas ditemukan pada air limbah yang tidak diolah contohnya Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Oksigen (O), Hidrogen Sulfida ( $\text{N}_2\text{S}$ ), amoniak dan karbondioksida.

2. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air.

### **Proses Produksi Batik**

Teknik pembuatan batik meliputi tiga pekerjaan utama, yaitu pelekatan lilin pada media atau kain, pewarnaan, dan pelorotan. Adapun tahapan pembuatan batik meliputi:

a. Pemolaan

Proses yang dilakukan berupa penempelan malam sebagai bahan utama perintang batik ke mori. Mori yang telah dibuat polanya kemudian dimalam dengan canting tulis maupun canting cap. Pada umumnya pelekatan lilin ini menggunakan alat yang disebut dengan canting. Adapula cara pembatikan lainnya adalah dengan menggunakan cap yang telah terbentuk pola. Lilin batik merupakan campuran dari beberapa pokok lilin

yaitu gondorukem, damar mata kucing, parafin (putih dan kuning), microwax, lemak binatang, minyak kelapa, lilin tawon, dan lilin lanceng. Pada proses pembuatan batik, seluruh lilin batik dihilangkan dari permukaan kain dengan cara kain tersebut dimasukkan ke dalam bak yang berisi air panas, sehingga seluruh lilin batik terlepas

b. Pewarnaan atau pencelupan

Motif batik yang telah dicap ataupun ditulis dengan lilin malam merupakan gambaran atau motif dari batik yang akan dibuat. Proses selanjutnya pemberian warna sehingga pada tempat yang terbuka menjadi berwarna, sedangkan tempat yang ditutup lilin tidak terkena warna yang diwarnai. Proses pewarnaan ini dilakukan dengan cara pencelupan air pewarna yang diberi warna. Zat warna yang digunakan dalam proses membatik ada 2 macam, yaitu zat warna alami dan zat warna sintesis. Zat warna alam adalah zat warna yang diperoleh dari alam tumbuh-tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Zat warna sintesis dalam tekstil merupakan hidrokarbon aromatik seperti benzena, toluena, naftalena, dan antrasena yang diperoleh dari arang batubara (*coal, tar, dyestuff*) yang terdiri dari dispersi karbon dalam minyak.

c. Pelorotan atau penghilangan lilin

Pelorotan adalah proses penghilangan lilin malam yang menempel pada kain mori. Menghilangkan lilin malam pada batik dapat bersifat menghilangkan sebagian atau menghilangkan keseluruhan lilin malam. Menghilangkan sebagian atau setempat adalah melepas lilin malam pada tempat-tempat tertentu dengan cara mengerok dengan alat sejenis pisau. Pelorotan yang dilakukan diakhir disebut mbabar atau ngebyok. Pelepasan lilin dilakukan dengan air panas. Lilin akan meleleh dalam air panas sehingga terlepas dari kain. Proses pelorotan bisa dikatakan berhasil apabila semua lilin dapat larut serta tidak mempengaruhi warna dan kekuatan kain. Selain itu Skema proses pembuatan batik pada dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema proses pembuatan batik

## Karakteristik Limbah Industri Batik

Produk yang dihasilkan dari suatu kegiatan industri selain menghasilkan produk yang diinginkan, juga menghasilkan limbah. Industri batik merupakan industri penghasil limbah cair yang sangat besar dan kompleks karena proses produksinya menghasilkan bermacam-macam air limbah. Proses produksi batik dari persiapan hingga penyempurnaan diindikasikan menggunakan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat. Hal ini menyebabkan bahan buangan yang dihasilkan dari proses produksi juga masih mengandung unsur logam berat. Air limbah batik pada umumnya bersifat basa dan memiliki kadar organik yang tinggi akibat sisa proses pematikan.

Kualitas limbah cair industri batik sangat tergantung jenis proses yang dilakukan. Pada umumnya limbah cair bersifat basa dan kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pematikan. Pada proses pencelupan (pewarnaan) umumnya merupakan penyumbang sebagian kecil limbah organik, namun menyumbang warna yang kuat, yang mudah terdeteksi, dan hal tersebut dapat mengurangi keindahan badan air tersebut. Kebanyakan penggunaan bahan pencelup dengan struktur molekul organik yang stabil tidak dapat dihancurkan dengan proses biologis, untuk menghilangkan warna air limbah yang efisien dan efektif adalah dengan perlakuan secara biologis, fisik dan kimia.

Pada proses persiapan, yaitu proses nganji atau penganjian, menyumbang zat organik yang banyak mengandung zat padat tersuspensi. Zat padat tersuspensi apabila tidak segera diolah akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat digunakan untuk menilai kandungan COD dan BOD. Zat pencemar dalam limbah batik pada proses pembuatan batik dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Zat Pencemar dalam Limbah Batik Pada Proses Pembuatan Batik

No	Jenis Proses	Zat-Zat Tercemar	Bahan Pencemar
1.	Persiapan	Kanji, minyak kacang, soda abu	Rendah
2.	Pematikan	Uap lilin batik	Kontak langsung dengan (gas)
3.	Pewarnaan		
a.	Naphtol	Naphtol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji	
b.	Indigosol	Indigosol, NaNO <sub>2</sub> , HC1, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , TRO, Kanji	
c.	Reaktif dingin	Reaktif, NaCl, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> , TRO, Kation Aktif, Kanji.	Sangat Tinggi (cair)

d. Rapid	Rapid, NaOH, Kanji.	
e. Indanthreen	Indanthreen, NaOH, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , TRO, NaCl, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOH, Kanji.	
d. Remazol	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sangat Tinggi (cair)
4. Penguncian Warna	Soda Abu dan Waterglass	

(Sumber: Mubarokah, (2010:19))

Proses pencelupan yang dilakukan merupakan penyumbang zat warna yang kuat apabila tidak diberikannya pengolahan yang tepat. Zat warna yang terkandung dalam air limbah batik umumnya sukar untuk terdegradasi dengan baik. Zat warna ini umumnya didesain untuk memiliki tingkatan kimia yang tinggi untuk menahan kerusakan akibat oksidatif yang berasal dari cahaya matahari. Karakteristik air limbah ini dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

#### 1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik air limbah meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan terlarut, tersuspensi dan padatan total. Sifat fisik ini beberapa dapat dikenali secara visual tetapi untuk mengetahui secara lebih pasti maka dapat digunakan laboratorium. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang ditunjukkan kedalam skala. Suhu dapat mempengaruhi kadar *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air. Kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan akan mempercepat metabolisme 2 kali lipat. Adanya bau yang lain pada air limbah, menunjukkan adanya komponen-komponen lain di dalam air tersebut. Warna biasanya disebabkan oleh adanya materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *settleable*, *suspended* atau *dissolved*, berbau menyengat, dan kontaminan akan membuat air menjadi keruh. Timbulnya gejala tersebut secara mutlak dapat dipakai sebagai salah satu tanda terjadinya tingkat pencemaran air yang cukup tinggi.

#### 2. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia, meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH, DO dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah. COD merupakan banyaknya oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara

kimiawi. Jika semakin tinggi kadar COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. DO merupakan sebuah ukuran banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan hal yang paling penting untuk makhluk hidup didalam air. pH merupakan cara untuk menunjukkan derajat keasaman dalam perairan.

### 3. Karakteristik Biologis

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 10<sup>5</sup>-10<sup>8</sup> organisme/mL. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air. Industri batik menghasilkan limbah cair dengan kandungan organik yang besar, warna yang pekat, berbau menyengat dan memiliki suhu yang tinggi. Nilai keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) yang dihasilkan juga tinggi (Kurniawan *et al.*, 2013).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, terlihat bahwa suatu industri batik perlu mengelola air limbahnya sebelum dibuang ke badan air sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan. Berikut lampiran dari peraturan-peraturan serta parameter yang diperbolehkan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kadar dan Beban Pencemaran Maksimum Air Limbah Industri Tekstil Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

No	Parameter atau Jenis Pencemar	Satuan	Baku Mutu	Beban Pencemar Maksimum Kg/ton produksi
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	60	1,2
2.	COD	mg/L	150	3,0
3.	TSS	mg/L	50	1,0
4.	Fenol Total	mg/L	0,5	0,01
5.	Krom Total (Cr)	mg/L	1,0	0,02
6.	Amonium Total (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	8,0	0,16
7.	Sulfida (S)	mg/L	0,3	0,006
8.	Minyak dan Lemak	mg/L	3,0	0,06
9.	pH	-		6,0-9,0
10.	Debit Limbah Paling Tinggi	m <sup>3</sup> /ton	100 m <sup>3</sup> /ton produk tekstil	

(Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014)

### Dampak Limbah Batik

Pembuatan batik termasuk dalam industri tekstil yang paling banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Limbah cair yang dihasilkan mencapai 80% dari seluruh

jumlah air yang dipergunakan dalam produksi. Kegiatan industri batik menghasilkan limbah cair yang berasal dari obat pemutih dan obat pewarna batik yang dapat menyebabkan pencemaran.

Hal ini disebabkan karena air limbah hasil produksi tersebut langsung dibuang ke sungai ataupun saluran drainase sekitar. Air limbah batik ini akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan menyebabkan penurunan kualitas air. Kandungan limbah batik yang terdiri dari pH, BOD, TSS, dan COD yang tinggi akan membahayakan lingkungan. Keadaan tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan organisme akuatik. Suhu yang tinggi mengakibatkan kandungan oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air menurun dan membunuh organisme. Kondisi tersebut akan mengganggu keseimbangan ekosistem air.

Dampak yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Kandungan limbah organik akan meningkatkan kandungan nitrogen menjadi senyawa nitrat yang menyebabkan bau busuk pada perairan. Zat warna yang terkandung di dalam air limbah dapat merusak estetika (keindahan) (Hastiningrum *et al*, 2017).

Beberapa jenis zat warna yang berasal dari proses pencucian kain batik juga mengandung logam berat, seperti logam Zn, Cr, Pb, Cu, dan lainnya. Logam berat tersebut memiliki sifat toksik bagi tubuh. Tingkat toksisitas logam berat bergantung pada jenis, kadar, efek sinergi-antagonis dan sifat fisik-kimianya. Semakin besar kadar logam beratnya maka semakin besar daya toksisitasnya.

Efek negatif dari pewarna kimiawi dalam proses pewarnaan yang dirasakan adalah risiko terkena kanker kulit (Satria, 2015). Selain itu dampak yang dapat ditimbulkan akibat zat warna ini seperti iritasi kulit, mata, hingga dapat menyebabkan terjadinya mutasi. Hal tersebut dikarenakan pewarna yang digunakan bersifat karsinogenik sehingga dapat menyebabkan kanker pada manusia (Hastiningrum dan Purnawa, 2017). Logam berat juga menyebabkan ulkus pada hidung dan kulit, hiperpigmentasi pada kulit, dan mengindikasikan nekrosis tubulus ginjal.

### **2.1.2 Zat Warna Tekstil**

Suatu zat dapat digunakan sebagai zat warna bila memiliki gugus yang menimbulkan warna (kromofor) dan mempunyai ikatan dengan serat kain/ tekstil. Timbulnya warna adalah akibat dari adanya adsorpsi radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu pada spectrum sinar tampak oleh suatu zat. Pada zat warna, khususnya senyawa sintetik

merupakan molekul dengan system electron terdelokalisasi dan mengandung gugus kromofor dan auksokrom yang dapat memberikan warna dan larut dalam air (Abdulhameed et al.,2019)

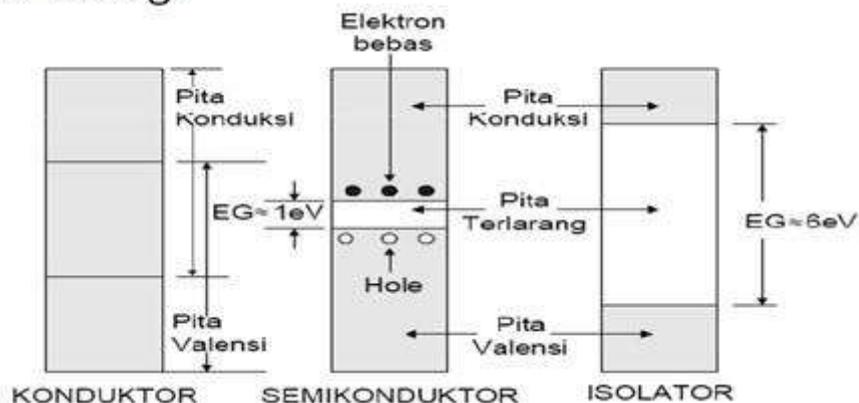
## Remazol

Menurut Trevino dkk. (2013), Remazol adalah jenis dari salah satu zat pewarna pada tekstil yang memiliki sifat tidak mudah luntur dan juga memiliki ketahanan stabilitas yang tinggi. Remazol ini diperkenalkan pada tahun 1958 oleh Hoest. Remazol sendiri berbentuk serbuk amorf dengan berbagai warna. Remazol adalah kelompok zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Remazol termasuk dalam kategori zat warna reaktif yang dikenal memiliki gugus fungsi reaktif yang dapat membentuk ikatan kovalen dengan berbagai jenis serat, termasuk serat selulosa, wol, dan nilon.

### 2.1.3 Semikonduktor

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki nilai hambatan jenis antara konduktor dan isolator yakni sebesar  $10^{-6}$  sampai  $10^4 \Omega\text{m}$ . Semikonduktor memiliki dua tipe yaitu intrinsik dan ekstrinsik. Semikonduktor intrinsik adalah semikonduktor murni dan tidak memiliki penambahan doping. Sedangkan, semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor yang memperoleh pengotor (doping), semikonduktor jenis ini memiliki dua tipe yaitu tipe-n dan tipe-p. penentuan tipe ini didasarkan pada doping yang diberikan. Jenis semikonduktor yang sering digunakan dalam fotokatalis adalah  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CdS}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### Pita Energi

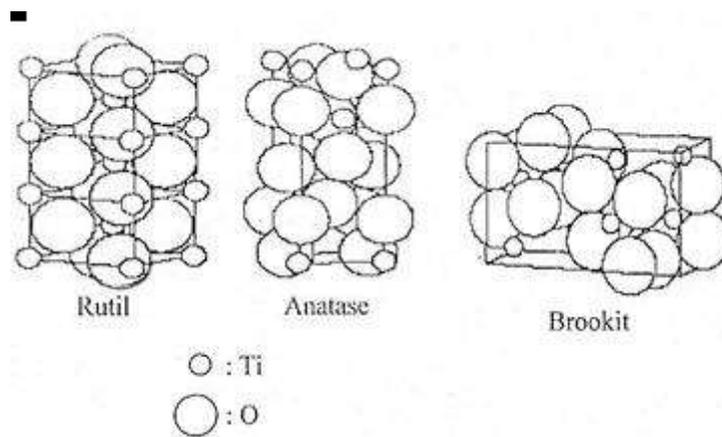


**Gambar 2.** Struktur Pita Energi pada Semikonduktor (Ariswan, 2013)

Syarat sebuah bahan jika ingin dijadikan fotokatalis yaitu harus memiliki energi kosong yang disebut energi ambang atau energi sela (celah pita energi). Oleh karena itu, semikonduktor merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai fotokatalis dikarenakan memiliki celah pita yang terletak pada batas pita konduksi dan pita valensi seperti Gambar 2. Semikonduktor akan berfungsi sebagai katalis jika dikenai dengan foton yang memiliki energi setara atau lebih dari energi gap semikonduktor yang berkaitan (Ariswan, 2013).

## Semikonduktor TiO<sub>2</sub>

TiO<sub>2</sub> merupakan oksida logam Ti (Titanium) yang paling banyak dijumpai. Titanium dioksida dikenal sebagai senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun. Berdasarkan sifatnya TiO<sub>2</sub> telah digunakan sejak dahulu sebagai bahan pewarna putih yang tahan karat dan tidak beracun. Secara mikroskopis TiO<sub>2</sub> memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan amorf. TiO<sub>2</sub> amorf tidak memiliki keteraturan pita konduksi dan valensi, akan tetapi TiO<sub>2</sub> diketahui memiliki kemampuan dalam mendegradasi polutan dalam waktu yang singkat.



**Gambar 3.** Struktur Kristal TiO<sub>2</sub> (Dwiasi dan Setyaningtyas, 2014)

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) sering digunakan sebagai bahan utama dalam fotokatalis, hal ini karena TiO<sub>2</sub> memiliki sifat tidak beracun, memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi dan lainnya. Struktur kristal TiO<sub>2</sub> terdiri dari tiga macam yaitu, *rutil*, *anatase*, dan *brookit*. Namun yang biasa digunakan untuk proses fotokatalis yaitu rutil dan anatase, hal ini didasarkan karena *anatase* memiliki daerah aktivasi yang lebih luas dari pada rutil yang mana struktur kristal ini dapat dilihat pada Gambar 3. TiO<sub>2</sub> sendiri memiliki energi *band gap* ( $E_g = 3,2 \text{ eV}$ ) dapat diaktivasi oleh sinar UV yang berasal dari reaktor fotokatalis maupun dengan bantuan sinar matahari (Dwi dan Setyaningtyas, 2014).

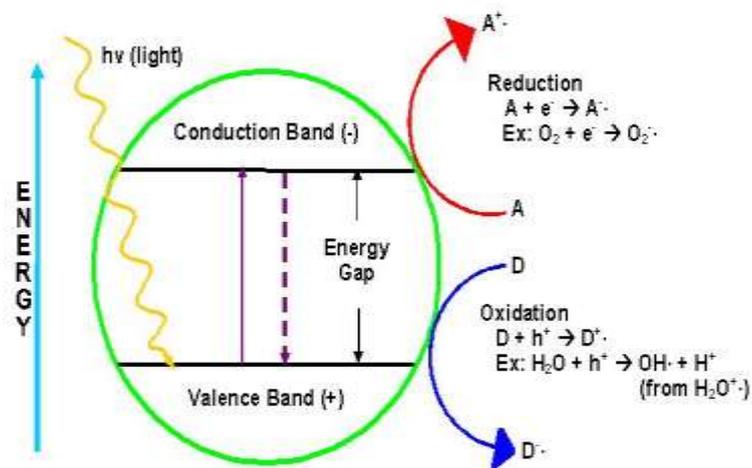
### 2.1.4 Fotokatalitik

Fotokatalitik merupakan salah satu cara yang efektif dalam mengolah limbah tekstil. Fotokatalitik merupakan proses pergabungan antara proses fotokimia dan katalis. Fotokimia adalah proses transformasi kimia dengan bantuan cahaya sebagai pemicunya dan katalis adalah proses substansi yang dapat mempercepat laju reaksi tetapi tidak ikut bereaksi selama proses berlangsung pada awal sampai akhir reaksi jumlah katalis tetap sama. Dalam prosesnya fotokatalitik mengubah energi foton menjadi energi kimia dan dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik

(polutan), sehingga akan kembali jernih karena terpisah dari limbah cair (Sucahya *et al*, 2016).

Fotokatalitik dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berupa semikonduktor. Katalis semikonduktor yang sering digunakan adalah TiO<sub>2</sub>, ZnO, CdS dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Fotokatalis oksida logam dapat bereaksi akibat adanya sinar ultraviolet yang menghasilkan radikal bebas yang selanjutnya akan bereaksi dengan molekul organik yang menjadi polutan melalui proses degradasi. Degradasi hasil fotokatalis akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, mineral dan H<sub>2</sub>O. Untuk meningkatkan aktivitas logam oksida yaitu dengan mencegah oksida logam terbawa bersama dengan larutan polutan, hal yang dilakukan yaitu dengan memasukkan logam oksida ke dalam pori material yang mana nantinya akan dimobilisasi dengan proses impregnasi (Widi, 2018).

Fenomena fotokatalitik terjadi jika suatu semikonduktor tipe n dikenai energi foton ( $h\nu$ ) maka elektron ( $e^-$ ) dan *hole* ( $h^+$ ) akan berkombinasi kembali, baik dipermukaan ataupun didalam bulk partikel. Sedangkan, sebagian lain dari pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya  $h^+$  dapat menginisiasikan reaksi oksida dan dipihak lain  $e^-$  akan menginisiasikan reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar semikonduktor. Reaksi fotokatalitik dapat di tulis sebagai berikut dan dapat dilihat pada Gambar 4.

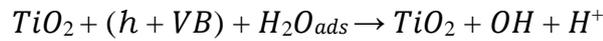


**Gambar 4.** TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis (Sutanto dan Nurhasanah, 2012)

4.2 Foton yang diserap oleh TiO<sub>2</sub> menyebabkan elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi (VB) tereksitasi ke pita konduksi (CB), dengan meninggalkan *hole* ( $h^+$ ) pada pita valensi.

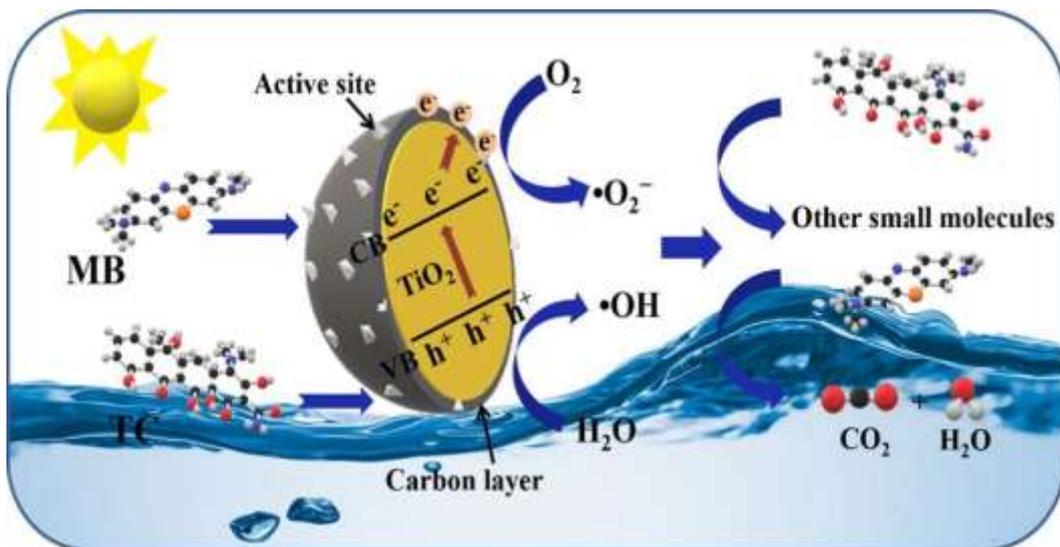
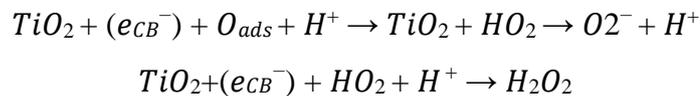


5.2 Elektron dan *hole* dapat mengalami reaksi reduksi oksidasi dengan spesies seperti  $\bullet OH^-$  senyawa organik, atau  $O_2$  yang di adsorpsi pada permukaan titania. Elektron dari pita konduksi akan mengalami reduksi sedangkan *hole* pita valensi akan mengalami oksidasi.



Hasil akhir berupa  $OH^-$  yang berperan penting dalam proses fotokatalitik.

6.2 Pita konduksi elektron mereduksi spesies  $O_2$  yang teradsorpsi menjadi superoksida ( $\bullet O_2^-$ ) kemudian mengalami serangkaian reaksi berikut untuk menghasilkan  $OH^-$ .



**Gambar 5.** Mekanisme degradasi  $TiO_2$ /Biochar (Gao et al., 2020)

Mekanisme degradasi  $TiO_2$ /Biochar dapat dilihat pada Gambar 5, dimana Ketika katalis  $TiO_2$ /Biochar bersentuhan dengan limbah dan menyerap sinar UV sebanyak mungkin, pembawa fotogenerasi tereksitasi dalam fotokatalis  $TiO_2$ /Biochar. Elektron fotogenerasi tereksitasi ke pita konduksi (CB) dan transfer lebih lanjut ke lapisan karbon, sedangkan *hole* tetap berada di pita valensi  $TiO_2$  (VB). Pasangan *electron* dan *hole* ditekan yang mana menyebabkan meningkatnya aktivitas fotokatalitik dan masa pakai. Elektron dengan cepat berpindah ke permukaan fotokatalis melalui lapisan *biochar* untuk

menghasilkan radikal anion superoksida ( $\bullet\text{O}_2$ ) dan *hole* ( $h^+$ ) bereaksi dengan air limbah menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Peranan *biochar* dalam fotokatalis dapat mempermudah katalis dalam menangkap polutan yang akan terdegradasi dengan ( $\bullet\text{O}_2$ ) dan ( $\bullet\text{OH}$ ). Dengan begitu limbah dapat terdegradasi menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Gao *et al.*, 2020).

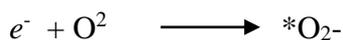
Jika suatu semikonduktor dikenakan cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan berpindah ke pita konduksi, dan akan membentuk yang namanya *hole* ( $h^+$ ) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  ini akan berkombinasi kembali baik dipermukaan ataupun di dalam partikel *bulk*. Sementara itu sebagian pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, sehingga  $h^+$  dapat menginisiasi reaksi oksidasi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  yang terdapat dalam larutan berwarna berbentuk radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ), sedangkan elektron akan menginisiasi reaksi reduksi dengan  $\text{O}_2$  yang terdapat pada larutan berwarna membentuk radikal superoksida ( $\bullet\text{O}_2^-$ ) yang kemudian akan bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  yang ada dalam larutan berwarna membentuk radikal hidroksi ( $\bullet\text{OH}$ ). Proses eksitasi elektron akan terus berlangsung selama lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Biochar}$  disinari dengan sinar matahari sehingga air limbah akan terdegradasi. Menurut Arutanti (2009) reaksi fotokatalis  $\text{TiO}_2$  secara umum yaitu:



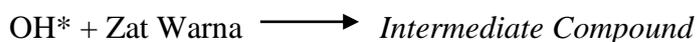
Reaksi Oksidasi



Reaksi Reduksi



Reaksi Total



### 2.1.5 Degradasi

Degradasi adalah proses penurunan atau kerusakan kualitas suatu material, lingkungan, atau sistem, baik secara fisik, kimia, maupun biologis. Proses ini dapat terjadi secara alami maupun dipercepat oleh aktivitas manusia. Dalam konteks lingkungan, degradasi sering mengacu pada kerusakan ekosistem, seperti pencemaran air, tanah, atau udara. Dalam bidang material, degradasi bisa berupa perubahan sifat suatu bahan, seperti pelapukan, korosi, atau penguraian kimiawi.

Degradasi merupakan suatu proses penguraian suatu senyawa kompleks menjadi suatu senyawa yang lebih sederhana seperti air dan karbondioksida. Proses penguraian tersebut memanfaatkan aktivitas mikroorganisme sehingga terjadi perubahan integritas molekuler. Menurut Webb (2013), terdapat empat mekanisme degradasi di lingkungan yaitu dengan fotodegradasi atau proses penguraian dengan memanfaatkan cahaya, degradasi termooksidatif atau proses degradasi dengan memanfaatkan panas, degradasi hidrolitik dan biodegradasi oleh mikroorganisme. pendegradasi limbah mengubah karbon dalam rantai polimer menjadi karbon dioksida atau memasukkannya ke dalam biomolekul. Proses degradasi yang terjadi mengakibatkan limbah pecah menjadi bagian yang lebih kecil, hingga rantai polimer pada limbah memiliki berat molekul yang cukup rendah untuk dimetabolisme oleh mikroorganisme.

#### **2.1.6 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses pemisahan dengan cara menyerap salah satu zat dalam campuran dengan cara mengontakkan dengan suatu cairan dimana suatu komponen terserap sedangkan komponen lain tak terserap (Aditya Muhammad, 2018). Pada dasarnya adsorpsi memiliki 2 jenis proses, yaitu absorpsi kimia dan absorpsi fisika. Adsorpsi kimia melibatkan reaksi kimia antara pelarut cair dengan alir gas dan solut tetap di fase cair. Adsorpsi fisika merupakan proses adsorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia. Adsorpsi dengan reaksi kimia lebih menguntungkan untuk pemisahan, meskipun demikian adsorpsi fisika menjadi penting jika dengan reaksi kimia tidak dapat dilakukan. Besarnya adsorben (cairan) tidak hanya ditentukan oleh jumlah gas yang diolah, melainkan juga oleh daya pelarutan adsorben dan kecepatan pelarutan. Untuk mendapatkan penyerapan yang baik diperlukan cara tertentu untuk memperluas permukaan kontak antara cairan dan gas, salah satu caranya dengan menambahkan perlengkapan alat seperti packing, tray, dan lain-lain. (Sri Ardhiyany, 2018).

#### **Faktor Yang Mempengaruhi Laju Absorpsi**

##### **1. Luas permukaan kontak**

Semakin besar permukaan gas dan pelarut yang kontak, maka laju absorpsi yang terjadi juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan, permukaan kontak yang semakin luas akan meningkatkan peluang gas untuk berdifusi ke pelarut.

##### **2. Laju alir fluida**

Jika laju alir fluida semakin kecil, maka waktu kontak antara gas dengan pelarut akan semakin lama. Dengan demikian, akan meningkatkan jumlah gas yang berdifusi.

### 3. Konsentrasi gas

Perbedaan konsentrasi merupakan salah satu driving force dari proses difusi yang terjadi antar dua fluida.

### 4. Tekanan operasi

Peningkatan tekanan akan meningkatkan efisiensi pemisahan.

### 5. Temperatur komponen terlarut dan pelarut

Temperatur pelarut hanya sedikit berpengaruh terhadap laju absorpsi

### 6. Kelembaban

Kelembaban yang tinggi akan membatasi kapasitas gas untuk mengambil kalor laten, hal ini tidak disenangi dalam proses absorpsi. Dengan demikian, proses dehumidification gas sebelum masuk ke dalam kolom absorber sangat dianjurkan.

Adsorben yang telah lama dikenal dan sering digunakan pada industri antara lain arang aktif, silika gel, alumina, polimer berpori, mineral dan Biochar. Pemilihan adsorben akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi antara lain:

- a. Luas permukaan, semakin halus partikel adsorben, semakin luas permukaan adsorben semakin banyak adsorbat yang dapat diserap sehingga akan mempermudah dan mempercepat proses adsorpsi. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.
- b. Ukuran pori, kebanyakan zat pengadsorpsi (adsorben) adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi akan berlangsung pada dinding-dinding pori atau pada bagian tertentu di dalam partikel adsorben.
- c. Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynold, 1982).

#### **2.1.7 Biochar**

*Biochar* merupakan suatu bahan padat yang sangat aromatic dan kaya karbon yang dihasilkan dari pemanasan ataupun pirolisis yang berbiaya rendah dan suhu relative rendah dari sumber daya terbarukan atau bahan limbah seperti serpihan kayu, jerami padi dan lain sebagainya (Goncalves et al, 2021).

Sebagian besar *Biochar* terdiri atas atom *karbon* bebas yang mempunyai permukaan dalam, sehingga *biochar* memiliki kemampuan untuk daya serap yang baik. *Biochar* juga dapat meningkatkan reaktivitas material nano dengan cara meningkatkan luas permukaan dan jumlah situs aktif nanopartikel logam dan juga memperbaiki energy gap sehingga meningkatkan degradasi polutan organik.

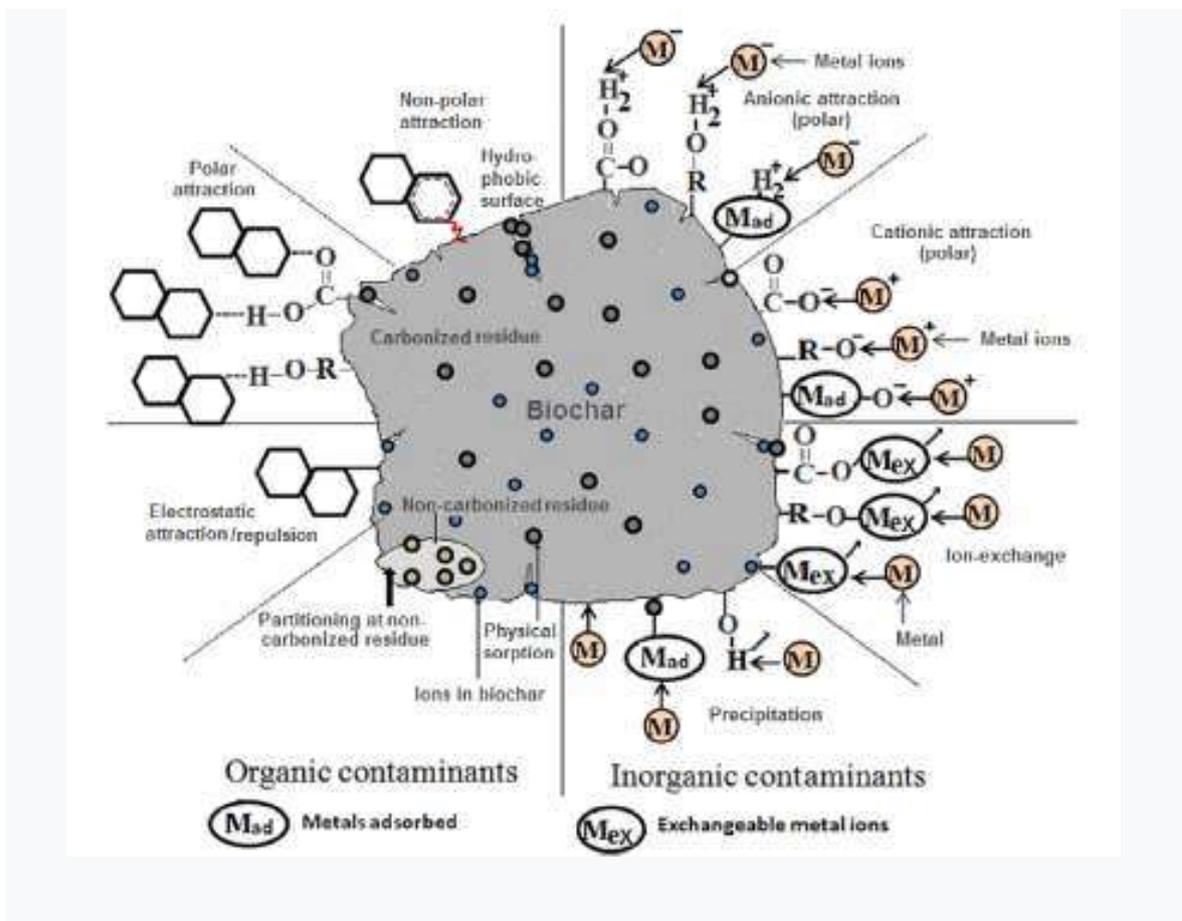
Biochar adalah bahan berpori yang kaya karbon, berbutir halus, dan diproduksi dalam kondisi terbatas oksigen dan pada suhu antara 350 dan 700C (Brassard, et al., 2016). Itu juga dapat didefinisikan sebagai benda padat residu yang diperoleh dari dekomposisi termo-kimia atau pirolisis tanaman dan bahan baku limbah, dan dapat secara khusus digunakan untuk aplikasi pada tanah sebagai bagian dari agronomi, penyerapan *biochar* atau rehabilitasi lingkungan.

Selama proses pirolisis, dekomposisi parsial molekul dalam bahan baku seperti lignin, selulosa, hemi-selulosa, lemak, dan pati terjadi; akibatnya sifat dan komposisi biochar yang dihasilkan bergantung pada jenis pirolisis dan bahan baku (Suliman *et al.*, 2016). Mengandung oksigen senyawa yang terjadi secara alami pada permukaan biochar secara bertahap menurun seiring dengan suhu pirolisis meningkat. Pirolisis lambat menghasilkan sedikit muatan negatif pada permukaan biochar sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap kation bermuatan positif. Pada suhu pirolisis yang lebih tinggi (600°C atau lebih) sebagian besar senyawa yang mengandung oksigen dilepaskan dan biochar yang dihasilkan memiliki sifat netral hingga positif permukaan bermuatan. Biochar yang dihasilkan dengan pirolisis cepat ini memiliki kapasitas pertukaran kation yang lebih rendah. Mengontrol suhu pirolisis merupakan parameter penting dan determinan dalam biochar produksi. Ketika suhu meningkat, jumlah zat volatil yang tersisa dalam biochar menurun. Dengan cara ini, seiring dengan peningkatan kandungan *biochar* tetap dan abu yang stabil, stabilitas dan luas permukaan biochar juga meningkat yang dihasilkan juga akan meningkat. Luas permukaan biochar yang dihasilkan pada suhu yang lebih rendah (<500°C) adalah sebesar umum di bawah 150 m<sup>2</sup>/g tergantung juga pada bahan bakunya.

Beberapa publikasi terbaru telah menunjukkan buktinya kemampuan biochar yang sangat baik dalam melumpuhkan polutan organik, polutan anorganik (Li, et al., 2016) dan kedua kontaminan (Liu, et al., 2017) di sistem tanah dan air. Kapasitas biochar yang tinggi untuk melumpuhkan kontaminan organik dan anorganik telah dikaitkan dengan adanya perubahan berbagai struktur molekul dan susunan atom masing-masing dalam molekul setelah pirolisis (Oliveira, et al, 2018). Beberapa laporan menunjukkan bahwa komponen karbon dalam biochar sangat bandel di dalam tanah dengan waktu tinggal dalam rentang

100 hingga 1000 tahun; itu sekitar 10 000 kali lebih lama daripada waktu tinggal sebagian besar bahan organik tanah (SOM) (Fuchs, dkk, 2014).

Pada mekanisme pembuangan sering kali diatur oleh interaksi polutan tertentu yang ditargetkan dengan limbah berbagai atribut biochar. Untuk polutan organik, penghilangannya terutama melalui kemisorpsi (interaksi elektrofilik) dan fisisorpsi (misalnya difusi pori, hidrofobik, elektrostatis). tarik-menarik/tolak menolak melalui donor-akseptor elektron, dan ikatan H melalui COOH, OH, dan R-OH kelompok fungsional. Apalagi mekanisme lain termasuk partisi (dalam fase non-karbonisasi karena penurunan polaritas substrat), transformasi kimia (melalui reaksi reduktif atau konduktivitas listrik), dan sebagian besar polutan terikat pada akhirnya termineralisasi melalui biodegradasi (oleh beragam mikroorganisme yang ada di permukaan dan di pori-pori mikro biochar).



**Gambar 6.** Berbagai mekanisme interaksi biochar dengan polutan organik dan anorganik (Oliveira, et al., 2017)

Menurut Enaime et al (2020), Penggunaan biochar dalam degradasi limbah pewarna tekstil adalah salah satu aplikasi menarik dari teknologi ini dalam konteks pengelolaan limbah dan lingkungan. Limbah pewarna mengandung senyawa kimia yang dapat menjadi polusi lingkungan jika tidak dikelola dengan benar. Secara intensif dan efektif sebagai

penyerap kontaminan organik dalam air dan air limbah. biochar pirolisis yang berasal dari makroalga telah efektif digunakan untuk menghilangkan pewarna tekstil (hijau perunggu, kristal ungu, dan merah Kongo), yang sulit terdegradasi karena stabilitasnya terhadap cahaya dan zat pengoksidasi, serta ketahanan terhadap pencernaan aerobik. Biochar dapat digunakan dalam proses degradasi limbah pewarna dengan beberapa cara:

1. Biochar memiliki sifat adsorpsi yang baik, artinya dapat menyerap dan mengikat senyawa-senyawa organik dan anorganik dari limbah batik. Ini bisa membantu dalam mengurangi kontaminan dan polutan dalam limbah, menjadikannya lebih ramah lingkungan.
2. Biochar dapat digunakan sebagai media untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa kimia dalam limbah batik. Mikroorganisme ini dapat memecah senyawa-senyawa yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan lebih aman.
3. Biochar dapat digunakan sebagai filter atau penyaring dalam proses pengolahan limbah batik. Dengan memanfaatkan struktur pori-pori yang besar, biochar dapat menyaring partikel-partikel limbah dan menghasilkan air limbah yang lebih bersih.

Penggunaan biochar dalam degradasi limbah batik merupakan salah satu contoh aplikasi yang inovatif dan ramah lingkungan dari teknologi ini dalam mengatasi masalah lingkungan dan pengelolaan limbah.

### **2.1.8 Kulit Ubi Kayu Racun (*Manihot Glaziovii*)**

Ubi kayu merupakan salah satu sumber karbohidrat setelah padi dan jagung. Ubi kayu dapat dibudidayakan di daerah yang lembab cenderung kering. Kulit ubi kayu sendiri mengandung 59,31% karbon, yang mana hal ini dapat memastikan bahwa kulit ubi kayu layak digunakan sebagai bahan pembuatan karbon. Untuk meningkatkan jumlah karbon yang ada pada kulit ubi kayu dapat dilakukan proses karbonisasi yaitu dengan aktivasi fisika. Aktivasi fisika yaitu proses pemanasan kulit ubi dalam suhu tinggi, hal ini bertujuan untuk membuka pori-pori yang ada pada kulit ubi kayu racun.

Kulit ubi kayu racun memiliki potensi untuk menyerap polutan organik jika diolah menjadi biochar karena beberapa kandungan dan sifat yang dihasilkan selama proses pirolisis. Berikut adalah komponen yang berperan dalam penyerapan polutan organik ketika kulit ubi kayu racun dijadikan biochar:

1. Struktur Berpori

Biochar yang dihasilkan dari kulit ubi kayu racun memiliki struktur yang sangat berpori, dengan pori-pori mikro dan meso yang mampu menyerap molekul-molekul kecil, termasuk polutan organik seperti pestisida, herbisida, atau senyawa kimia lainnya. Struktur porositas tinggi ini meningkatkan luas permukaan biochar, yang penting dalam penyerapan polutan.

#### 2. Kandungan Karbon Aktif

Selama proses pirolisis, kulit ubi kayu racun terurai menjadi karbon. Karbon aktif yang dihasilkan dalam biochar memiliki sifat adsorptif yang tinggi. Ini memungkinkan biochar untuk menarik dan menyerap molekul polutan organik dari air atau tanah. Karbon aktif mampu mengikat senyawa-senyawa organik melalui proses fisik (adsorpsi) dan kimiawi.

#### 3. Kehadiran Gugus Fungsional Oksigen (Oxygen-Containing Functional Groups)

Biochar dari kulit ubi kayu racun mengandung berbagai gugus fungsional seperti karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), dan fenolik, yang membantu dalam mengikat polutan organik. Gugus-gugus ini berperan dalam reaksi kimia antara biochar dan polutan, membuat biochar efektif dalam menjerat dan menghilangkan senyawa organik dari lingkungan.

#### 4. Kemampuan Penyerapan Hidrofobik

Polutan organik sering kali bersifat hidrofobik, artinya mereka cenderung larut dalam minyak daripada air. Biochar yang dihasilkan dari kulit ubi kayu racun memiliki afinitas terhadap senyawa hidrofobik ini, sehingga efektif dalam menyerap polutan organik seperti hidrokarbon dan senyawa aromatik dari tanah atau air.

#### 5. Stabilitas Kimia

Biochar sangat stabil secara kimia, yang berarti biochar dapat menyerap dan menyimpan polutan organik untuk jangka waktu yang lama tanpa mudah terdegradasi. Hal ini penting untuk pengolahan limbah jangka panjang atau remedi lingkungan, terutama dalam pembersihan tanah dan air yang terkontaminasi polutan organik.

#### 6. Kemampuan Tukar Ion

Selain menyerap senyawa organik, biochar juga memiliki kemampuan pertukaran ion yang baik, yang membantu dalam menghilangkan polutan organik yang bermuatan negatif atau positif dari lingkungan. Ini juga memperkaya kemampuan biochar dalam penyerapan berbagai jenis kontaminan.

### 2.1.9 Metode Sol-Gel

Metode sol-gel merupakan salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini banyak digunakan karena proses reaksinya menggunakan suhu rendah dan baik dalam tingkat homogenitasnya (Ibrahim dan Srekantan, 2010). Pada proses ini, larutan mengalami perubahan fasa menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar dari pada sol).

Tahapan proses sol-gel terbagi menjadi tiga bagian yaitu hidrolisis, kondensasi alkohol, dan kondensasi air (Yani dan Zainudin, 2016). Akan tetapi, ada juga beberapa yang berpendapat bahwa proses sol gel terbagi menjadi empat tahap yaitu, hidrolisis, kondensasi, *aging* atau pematangan, dan *drying* atau pengeringan.

### 1. Hidrolisis

Pada tahap pertama alkoksida dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, netral atau basa menghasilkan sol koloid. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah rasio air/prekursor dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan. Peningkatan rasio pelarut/prekursor akan meningkatkan reaksi hidrolisis yang mengakibatkan reaksi berlangsung cepat. Reaksi hidrolisis ini dapat terjadi karena adanya serangan atom oksigen dari molekul air, sehingga gugus (-OR) pada prekursor digantikan dengan gugus hidroksil (-OH).

### 2. Kondensasi

Reaksi kondensasi terjadi sebelum reaksi hidrolisis selesai. Dimana molekul yang telah terhidrolisis akan membentuk ikatan siloksan (O-Ti-O), dua logam yang digabungkan melalui rantai oksigen. Reaksi kondensasi ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu kondensasi dalam suasana asam dan kondensasi dalam suasana basa. Pada kondisi asam silanol akan terprotonasi yang menyebabkan silikon lebih elektrofik sehingga lebih mudah diserang oleh nukleofilik. Pada kondisi basa nukleofilik akan menyerang silanol yang terdeprotonasi pada asam silika netral menghasilkan ikatan siloksan.

### 3. *Aging* (pematangan)

Pada proses pematangan ini terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut di dalam larutan. Fase cair yang masih mengandung partikel padat dan menggumpal akan terus beraksi dan akan mengembun saat gel mengering. Gel yang dihasilkan sangat fleksibel. Gel tersebut akan semakin kental yang disebabkan oleh kelompok-kelompok cabang disampingnya yang mengembun. Hal ini menyebabkan cabang

tersebut sehingga gel mengalami penyusutan. Proses ini akan terus berlanjut selama di dalam gel masih terdapat fleksibilitas.

#### 4. *Drying* (pengeringan)

Fase cair atau pelarut yang tersisa perlu dihilangkan melalui proses *Drying* atau pengeringan yang disertai dengan penyematan dan densifikasi. Ketika cairan dikeluarkan dari gel, ada beberapa hal yang mungkin terjadi. Apabila cairan dalam gel digantikan oleh udara maka akan terjadi perubahan besar pada struktur jaringan. Jika gel dikeringkan dengan penguapan maka jaringan gel akan runtuh dan menghasilkan serogel. Jika pengeringan terjadi pada kondisi superkritis, maka struktur jaringan dapat dipertahankan, dan akan membentuk gel dengan pori-pori yang besar yang disebut aerogel.

### 2.1.10 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter kimia organik dengan mengukur tingkat asam atau basa suatu air. Parameter ini dapat ditentukan dari skala 0-14. Dalam skala pH kurang dari 7 mengidentifikasi bahwa air tersebut bersifat asam atau memiliki sifat korosi yang tinggi. Sedangkan, air yang memiliki nilai skala pH lebih besar dari 7 memiliki sifat basa yang mana dalam kondisi ini air dapat menyebabkan kurang efektifnya proses pembunuhan bakteri. Air yang dikategorikan baik akan memiliki sifat netral dimana dalam skala pH bernilai 7 (Amani dan Prawiroredjo, 2016).

pH meter merupakan alat yang digunakan dalam mengukur pH atau derajat keasaman suatu larutan. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur keasaman suatu larutan melalui elektrodanya yang sensitif. Dalam proses penentuan derajat keasaman suatu larutan ditentukan dengan konsentrasi ion  $H^+$  yang terdapat di dalam larutan tersebut. Elektroda pada pH meter adalah bagian yang paling sensitif dan tidak boleh berada dalam kondisi kering (Mujadin *et al*, 2017).

### 2.1.11 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel, baik secara kuantitatif maupun kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV, dan inframerah. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Penggunaan spektrofotometer UV-Vis

didasarkan pada prinsip satuan cahaya. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul senyawa tersebut, serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV-Vis tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektrum UV-Vis dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi diantara tingkatan tenaga elektronik (Santrohmidjodjo, 2001).

Karakterisasi sampel menggunakan spektrometer UV-Vis juga untuk menentukan energi gap menurut Welte dkk dan Monllor Satocca dkk dalam Valencia dkk (2010). Spektrum adsorpsi dari semikonduktor sangat penting. Semikonduktor untuk fotokatalis mempunyai nilai antara *band gap* dengan gelombang cahaya baik *visible* atau ultra-violet, mempunyai  $E_g < 3.5$  eV. Pada penelitian ini, untuk menentukan sifat optiknya menggunakan UV-Vis pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai transmitansi yang akan diolah dengan persamaan *Swanepoel* menggunakan metode *Tauc Plot* pada aplikasi *origin* untuk mendapatkan nilai energi gap dari masing-masing sampel dengan cara menarik garis lurus dari grafik hubungan antara  $(hv)$  dan  $(ahv)$ .

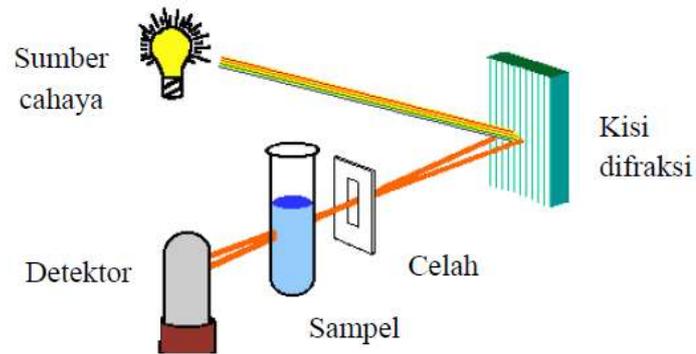
**Tabel 3.** Skala spektrum cahaya tampak Panjang gelombang (nm)

Skala spektrum cahaya tampak panjang gelombang (nm)	Warna-warna yang diserap	Warna komplementer (warna yang terlihat)
400 – 435	Ungu	Hijau Kekuningan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru Kehijauan	Jingga
490 – 500	Hijau kebiruan	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu kemerahan
560 – 580	Hijau Kekuningan	Ungu
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 610	Jingga	Biru kehijauan

(Sumber: Ratnasari, 2014)

Menurut Ratnasari (2014) spektrofotometer UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380) dan sinar tampak (380-780) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif ketimbang kualitatif. Gambar 7 di bawah merupakan instrumen pada

spektrofotometri UV-Vis yang mana terdapat 6 komponen utama pada spektrofotometer UV-Vis yaitu :



**Gambar 7.** Instrumen pada Spektrofotometer UV-Vis (Ratnasari, 2014)

Secara sederhana, Spektrum UV-Vis terdiri dari beberapa komponen pokok yaitu sumber radiasi lampu hidrogen, lampu *deuterium*, atau *wolfram*, monokromator, kuvet, dan detektor. Berdasarkan karakterisasi UV-Vis diperoleh hasil berupa transmitansi dan adsorbansi. Nilai transmitansi (%) terhadap panjang gelombang ( $\lambda$ ) diperoleh untuk mengetahui energi gap.

Prinsip kerjanya adalah jika suatu sinar monokromatis paralel datang dengan sudut tertentu mengenai lapisan permukaan materi padatan, maka sebagian sinar akan direfleksikan tanpa transmisi, sisa sinar akan diserap dan muncul kembali ke permukaan setelah dihamburkan (*scattered*) oleh materi tersebut. Sinar yang muncul kembali ini disebut sinar difusi yang akan diterima detektor. Panjang gelombang cahaya UV-Vis jauh lebih pendek daripada panjang gelombang radiasi inframerah. Spektrum sinar tampak terentang dari sekitar 400 nm (ungu) sampai 700 nm (merah), sedangkan spektrum ultraviolet terentang dari 100 nm sampai 400 nm (Wibowo, 2016).

Data transmitansi dapat diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Transmitansi merupakan perbandingan antara intensitas cahaya setelah melewati material semikonduktor yang akan ditentukan besar transmitansinya dengan intensitas cahaya mula-mula yang ditembakkan pada material semikonduktor. Data transmitansi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Dimana diketahui  $I_0$  adalah intensitas cahaya mula-mula yang mengenai sampel dan  $I$  adalah intensitas cahaya yang ditransmisikan setelah melewati bahan (sampel). Hubungan adsorbansi dengan transmitansi dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$A = -\log T \quad (2)$$

Dimana diketahui  $T$  adalah transmitansi yaitu perbandingan intensitas sinar datang ( $I_0$ ) dan intensitas sinar yang diteruskan ( $I$ ).

Sampel yang biasanya digunakan untuk spektrofotometer UV-Vis yaitu berbentuk cairan (larutan encer) walaupun penyerapan gas dan bahkan padatan juga dapat diukur. Sampel biasanya diletakan di sebuah sel transparan yang disebut kuvet. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diadsorpsi secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi).

Untuk menentukan hubungan antara adsorbansi dengan konsentrasi dapat ditentukan menggunakan persamaan hukum *Lambert-Beer*.

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \quad (3)$$

dengan syarat bahwa sinar yang digunakan harus monokromatik. Pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis akan menghasilkan spektrum sehingga dapat diketahui adsorbansi dari sampel. Hubungan antara adsorbansi dan konsentrasi ini kemudian dimasukkan ke dalam persamaan (2).

Dimana  $A$  adalah adsorbansi,  $\epsilon$  adalah adsorptivitas molar ( $M^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $b$  adalah tebal kuvet (cm) dan  $C$  adalah konsentrasi larutan (M).

Untuk mengetahui *energy gap* dimulai dengan penentuan nilai transmitansi maksimum dan minimum, ketebalan lapisan dan koefisien serap lapisan. Kemudian nilai energi gap ditentukan menggunakan metode *tauc plot*. Pengukuran energi gap bertujuan untuk mengetahui besarnya selisih energi celah pita optik kristal lapisan tipis yang disintesis (sampel) dengan data energi celah optik kristal pada literatur sehingga dapat dijadikan parameter keberhasilan proses sintesis lapisan tipis. Prosedur pengukuran energi celah optik dapat dilakukan dengan beberapa pilihan bergantung pada ketersediaan instrumen yang digunakan. Namun, yang paling umum digunakan adalah metode *Tauc Plot*. Metode ini banyak digunakan karena instrumen yang dibutuhkan untuk mendapatkan data sederhana yaitu berupa data transmitansi kristal dan untuk mengolah datanya cukup umum dengan hasil yang cukup akurat (Devi, 2018).

Metode *Tauc Plot* merupakan sebuah metode penentuan celah pita optik dengan melihat grafik linear hubungan  $E$  (eV) pada sumbu-x dan  $(\alpha h)$  sumbu-y. Penarikan garis lurus antara

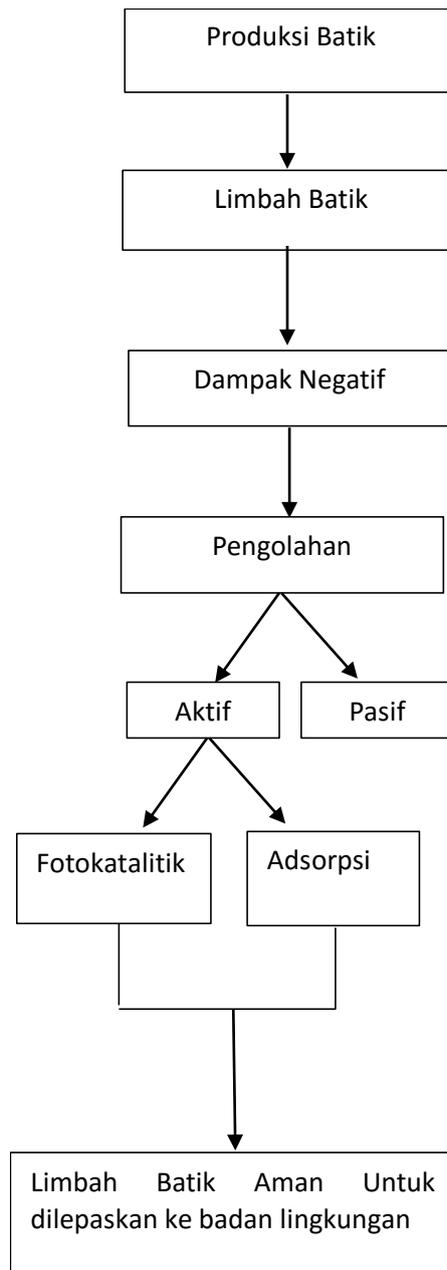
koefisien serap ( $h\nu$ ) dan koefisien serap terhadap foton ( $\alpha h$ ) sesuai dengan persamaan *Tauc Plot* yaitu:

$$(\alpha h\nu)^n = B (h\nu - E_g) \quad (4)$$

dimana notasi  $\alpha$  adalah koefisien serap ( $m^{-1}$ ),  $h$  merupakan konstanta *plank* ( $6.63 \times 10^{-34}$  J.s),  $B$  adalah konstanta,  $E_g$  adalah energi gap optik kristal (eV) (Agustina, 2013) dan  $\nu$  adalah frekuensi foton (Hz).

## 2.2 Kerangka Berfikir

Air Limbah batik terbentuk pada proses pembuatan ataupun produksi batik. Untuk menjadi sekolah batik dan menciptakan produksi baju batik berkskala mikro SMAN 3 Muaro Jambi meningkatkan jumlah batik yang diproduksi. Hal tersebut juga meningkatkan jumlah air limbah batik yang dihasilkan dari proses produksi dan berpotensi menimbulkan pencemaran di lingkungan tersebut. Proses pengolahan limbah batik akan dilakukan dengan metode Fotokatalisis dengan menggunakan Semikonduktor  $TiO_2$  yang terdoping dengan *biochar* dari kulit ubi kayu racun dan dilakukan beberapa tahapan proses sehingga dapat menyerap konsentrasi dari limbah batik tersebut. pengolahan air limbah batik sangat diperlukan untuk mengelola dan mengolah air limbah batik agar limbah tersebut jika dikembalikan lingkungan sudah tidak menimbulkan pencemaran. Secara singkat kerangka pemikiran yang akan dilakukan dalam penelitian mulai dari tahapan awal sampai terakhir dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Kerangka Berfikir Penelitian