

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

##### **2.1.1 Limbah Industri Tahu**

Limbah Industri Tahu merupakan sisa pengolahan tahu dari kedelai yang terbuang karena tidak dapat digunakan dan tidak bisa dikonsumsi lagi. Limbah pada industri tahu dapat berupa limbah cair maupun limbah padat. Jika limbah padat biasanya diolah menjadi tempe gembus maupun pakan ternak. Sedangkan Limbah cair industri tahu memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi seperti COD dan BOD. Limbah cair tahu tersedia dalam jumlah besar di Indonesia. Tingkat konsumsi tahu di Indonesia mencapai 7,4 kg/orang/tahun. Data yang diperoleh dari BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) menunjukkan bahwa untuk setiap 80 kg tahu yang dihasilkan, dihasilkan 2.610 kg limbah. Artinya setiap tahun, untuk sekitar 240 juta orang di Indonesia, 5,7942 x 10<sup>10</sup> kg limbah industri tahu yang dihasilkan setiap tahunnya (Dianursanti et al., 2014). Limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan tahu mempunyai kadar BOD dan COD yang tinggi yaitu kandungan BOD sekitar 5000 mg/L – 10.000 mg/L dan COD sekitar 7000 mg/L – 12.000 mg/L, jika limbah tersebut langsung dibuang ke dalam badan air dapat menyebabkan menurunnya daya dukung lingkungan pada perairan (Kelurahan et al., 2020).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada kegiatan pengolahan kedelai terutama pada limbah tahu indikator pencemar bahan organik ditandai oleh parameter berikut :

**Tabel 2.1** Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	150
COD	mg/L	300
TSS	mg/L	200

Ph	mg/L	6-9
----	------	-----

(sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014)

### 2.1.2 Parameter Pencemar

#### a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

*Biological Oxygen Demand* adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada dalam limbah. Kadar BOD yang tinggi tidak diperbolehkan untuk langsung dibuang ke sungai. Limbah tahu mempunyai kadar BOD yang tinggi. Oleh karena itu sebelum limbah tersebut dibuang, kadar BOD harus diturunkan sesuai dengan baku mutu limbah. Kadar BOD dapat diturunkan dengan mengalirkan limbah tersebut pada berbagai variasi aliran. Variasi aliran tersebut antara lain adalah loncatan pada terjunan yang tiba-tiba dan loncatan pada ekspansi yang tiba-tiba. Adanya variasi aliran yang berbeda akan menimbulkan karakteristik aliran yang berbeda (Hendrasari, 2016).

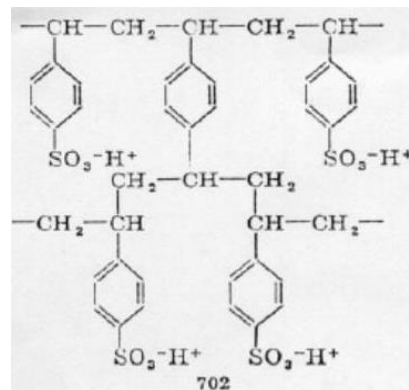
#### b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

*Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang sulit terurai dengan menggunakan oksidator kimia. Biasanya sengaja ditambahkan untuk menguraikan zat-zat organik yang kompleks menggunakan kalium bikarbonat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat. Nilai COD mencakup kebutuhan oksigen untuk reaksi biokimiawi, karena senyawa yang dapat dirombak oleh mikroorganisme dapat pula mengalami oksidasi lewat reaksi kimiawi. bertambahnya efisiensi penyisihan COD disebabkan oleh senyawa COD yang terdapat dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa (Zahra et al., 2016).

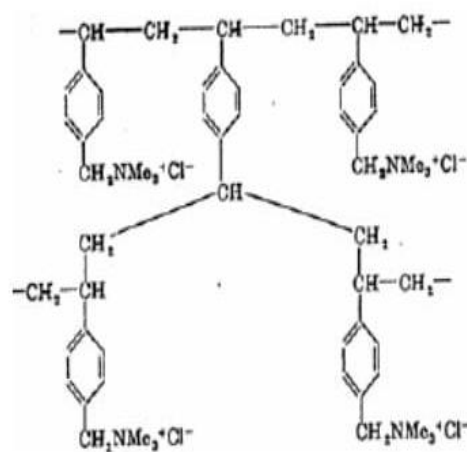
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Resin

Resin merupakan suatu senyawa hidrokarbon terpolimerisasi dan mengandung ikatan-ikatan hubungan silang (*Cross-linking*) serta mengandung ion-ion yang dipertukarkan. Resin penukar ion dapat dibagi menjadi dua, yaitu resin penukar anion yang mengandung anion yang dapat dipertukarkan dan resin penukar kation yang juga mengandung kation yang dapat dipertukarkan (Lestari & Utomo, 2007) Berikut rumus struktur resin penukar ion yang merupakan resin kation dan anion sebagai :



**Gambar 2.1.** Resin Penukar Kation



**Gambar 2.2.** Resin Penukar Anion

Sifat-sifat penting yang dimiliki oleh resin penukar ion adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas Penukaran Ion

Sifat yang memiliki nilai ukuran kuantitatif seperti jumlah ion-ion yang dapat dipertukarkan dan resin kering bentuk hydrogen dan kloridanya dinyatakan dalam miliekivalen tiap gram (meq/gram) atau dinyatakan dalam milliekivalen tiap milliliter resin (meq/ml).

2. Selektivitas

Sifat yang menunjukkan aktivitas pilihan ion tertentu yang disebabkan karena penukar ion merupakan proses stoikiometrik dan dapat balik (*reversible*) serta memenuhi hukum kerja massa. Selektivitas memiliki beberapa faktor terutama yaitu gugus ionogenik dan derajat ikat silang yang secara umum dipengaruhi oleh muatan ion dan jari-jari ion. Selektivitas pada resin ini yang menentukan dapat atau tidaknya suatu ion tersebut dipisahkan dalam suatu larutan tersebut memiliki ion-ion bertanda muatan sama, serta ada atau tidaknya ion yang terikat tersebut dilepaskan.

3. Derajat ikat silang (*Cross-linking*)

Sifat yang menunjukkan konsentrasi di dalam polimer. Derajat ikat silang mempengaruhi kelarutan dan juga kapasitas penukaran, perilaku mekaran, perubahan volume, selektivitas, ketahanan kimia maupun oksidasi

4. Porositas

Sifat yang menunjukkan ukuran pori-pori pada setiap saluran kapiler. Porositas berbanding lurus dengan derajat ikat silang ukuran yang dimiliki saluran-saluran tersebut biasanya tidak seragam. Pada jalinan resin yang berongga-rongga merupakan tempat air terserap masuk. Porositas juga berpengaruh pada kapasitas dan keselektifan. Bila tanpa pori, maka hanya gugus ionogenik dipermukaan saja yang aktif.

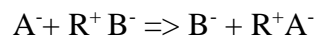
5. Kestabilan Resin

Sifat yang ditentukan juga oleh mutu produk sejak dibuat. Kestabilan fisik dan mekanik menyangkut kekuatan dan ketahanan gesekan. Pada ketahanan terhadap pengaruh osmotik saat pembebanan maupun saat regenerasi, juga terkait jenis monomernya. Kestabilan termal jenis makroperil biasanya

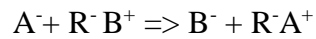
lebih baik dari pada jenis gel walaupun derajat ikat silangnya serupa tetapi lakukan panas penukar kation makropori sedikit mengubah struktur pada kisi ruang dan porositas (Lestari & Utomo, 2007).

Jika pada suatu larutan yang mengandung anion dan kation dikontakkan dengan media penukar ion, maka akan terjadi pertukaran sebagai berikut :

1. Mekanisme Pertukaran Anion



2. Mekanisme Pertukaran Kation



Keterangan :

A = Ion yang akan dipisahkan (dalam larutan)

B = Ion yang menggantikan an ion A (dalam padatan/media penukar ion)

R = Gugus fungsional / bagian ionic pada penukar ion

(Repository, n.d.)

Berikut gambar 2.3 merupakan wujud dari resin merk Dowex :



**Gambar 2.3.** Resin Dowex

### 2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Resin

Beberapa *factor* yang dapat mempengaruhi selektivitas resin:

1. Besarnya muatan. Luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya valensi pertukaran ion. Contoh:  $\text{Th}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$
2. Pada deret ion logam alkali yang memiliki muatan sama, luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya nomor atom . Contohnya:  $\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$
3. Jari-jari ion. Semakin kecil jari-jari suatu ion dengan muatan tertentu maka semakin kuat ion tersebut akan diikat oleh resin.
4. Kapasitas penukar ion yang dimaksud adalah jumlah pertukaran ion yang ada pada satu mol resin. Dinyatakan dalam miliequivalent per gram (meq/gr ) pada resin kering. Namun resin yang digunakan selalu dalam keadaan basah sehingga kapasitas resin selalu kurang dari nilai keadaan resin kering. Kapasitas pada keadaan basah ditentukan secara eksperimen dan pada umumnya kapasitas yang dimiliki 65-70% dari kondisi kering.
5. Porositas adalah nilai yang menunjukkan ukuran pori-pori saluran kapiler. Ukuran saluran-saluran ini biasanya tidak sama atau seragam. Porositas biasanya berbanding lurus dengan derajat cross-linking walaupun ukuran saluran-saluran kapiler yang dimiliki tidak seragam. Porositas juga mempengaruhi selektivitas dan kapasitas.
6. Resin memiliki stabilitas yang dapat digunakan pada waktu yang lama dan tidak mudah rusak saat regenerasi.

#### 2.2.4 Fotokatalis

Fotokatalisis adalah suatu reaksi perpaduan fotokimia dan katalis. Fotokatalis merupakan suatu material semikonduktor yang memiliki keunggulan baik sifat fisika maupun kimia. Umumnya semikonduktor dapat mempercepat proses fotodegradasi . Performa yang dimiliki semikonduktor tersebut berbeda-beda tergantung pada metode sintesis yang berpengaruh pada ukuran partikel, kristalisasi, kemurnian, serta komposisi fasa. Beberapa material fotokatalis yang biasanya digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  dengan bantuan sinar UV dapat mempercepat proses degradasi (Sucharya et al., 2016).

Secara umum sintesis komposit pada fotokatalis menggunakan metode *sol-gel* dengan menambahkan asam kemudian dipanaskan pada suhu tertentu. Pada

metode ini dapat membuat partikel berukuran nano, seragam, murni, tidak menggumpal, homogen dan dapat mengontrol distribusi massa. Dari hasil nanopartikel semikonduktor dengan metode tersebut dilakukan uji morfologi dengan menggunakan uji SEM untuk masing-masing nanopartikel. Selain itu metode yang secara umum digunakan untuk sintesis komposit fotokatalis yaitu menggunakan metode *flame spray* dengan cara penguapan dan nukleasi dari material yang mengenai flame tersebut selanjutnya dikondensasikan. Pada metode ini menghasilkan nano partikel yang baik dibandingkan dengan metode sol-gel (Sucharya et al., 2016).

### **2.2.5 Bahan Fotokatalis**

#### **a. TiO<sub>2</sub> (titanium dioksida)**

Titanium dioksida murni adalah bubuk putih halus yang memberikan pigmen putih cerah. Titanium dioksida telah digunakan selama satu abad dalam berbagai produk industri dan konsumen, termasuk cat, pelapis, perekat, kertas, plastik dan karet, tinta cetak, kain dan tekstil berlapis, serta keramik, penutup lantai, bahan atap, kosmetik, pasta gigi, sabun, agen pengolahan air, farmasi, pewarna makanan, produk otomotif, tabir surya, dan katalis (Masood et al., 2020).

Titanium dioksida diproduksi dalam dua bentuk utama. Bentuk utama, terdiri lebih dari 98 persen dari total produksi, adalah titanium dioksida tingkat pigmen. Bentuk pigmen memanfaatkan sifat hamburan cahaya titanium dioksida yang sangat baik dalam aplikasi yang membutuhkan opasitas dan kecerahan putih. Bentuk lain di mana titanium dioksida diproduksi adalah sebagai produk ultrafine (nanomaterial). Bentuk ini dipilih ketika sifat yang berbeda, seperti transparansi dan penyerapan sinar ultraviolet maksimum, diperlukan, seperti pada tabir surya kosmetik.

Sifat fotokatalitik TiO<sub>2</sub> diturunkan dari pembentukan pembawa muatan fotogenerasi (lubang dan elektron) yang terjadi pada penyerapan sinar ultraviolet (UV) yang sesuai dengan celah pita. Lubang fotogenerasi pada pita valensi berdifusi ke permukaan TiO<sub>2</sub> dan bereaksi dengan molekul air yang teradsorpsi, membentuk radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Lubang fotogenerasi dan radikal hidroksil mengoksidasi molekul organik terdekat pada permukaan TiO<sub>2</sub>. Sementara itu,

elektron pada pita konduksi biasanya berpartisipasi dalam proses reduksi, yang biasanya bereaksi dengan molekul oksigen di udara untuk menghasilkan anion radikal superoksida ( $O_2^-$ ) (Nakata & Fujishima, 2012).

Prinsip-prinsip teknik fotokatalitik  $TiO_2$  dimulai dengan pembentukan pasangan elektron/hole ( $e^-/h^+$ ) melalui eksitasi oleh foton dengan energi yang lebih tinggi dari energi celah pita  $TiO_2$ . Selanjutnya fotoelektron dan lubang yang dihasilkan dapat berpartisipasi dalam reaksi redoks langsung dengan kontan yang terjadi pada penyerapan sinar ultraviolet (UV) yang sesuai dengan celah pita minan organik target. Selain itu, elektron dan hole yang dihasilkan oleh foto juga dapat bereaksi dengan oksigen, air, atau  $H_2O$  untuk menghasilkan spesies oksidatif reaktif (ROS), misalnya radikal hidroksil ( $H_2O^\bullet$ ), anion radikal superoksida ( $O_2^{\bullet-}$ ), dll. ROS yang dihasilkan secara in-situ mampu bereaksi dengan banyak polutan, dan kontribusi ROS spesifik bergantung pada sifat polutan spesifik (Ye et al., 2019). Gambar 2.4 merupakan wujud dari bahan fotokatalis jenis  $TiO_2$  :



**Gambar 2.4** Titanium diOksida

b. ZnO (Seng Oksida)

ZnO merupakan salah satu semi konduktor yang dapat digunakan sebagai bahan fotokatalis. Partikel seng oksida (ZnO) memiliki kepentingan global sebagai opacifier, penyerap sinar ultraviolet (UV), dan penggunaan skala luas sebagai pigmen dalam cat, plastik, pelapis kertas, dan lotion tabir surya. Kedua



bahan ini adalah fotokatalis penting dan karena itu telah dipelajari secara ekstensif untuk menghilangkan senyawa organik dari udara dan air yang terkontaminasi dan untuk desinfeksi mikroba. Ketika fotokatalis ZnO disinari dengan energi cahaya yang lebih besar atau sama dengan pitanya celah, pasangan elektron-lubang dihasilkan yang menginduksi reaksi redoks pada permukaannya. Melalui reduksi oksigen oleh elektron dan oksidasi air atau ion hidroksida oleh lubang fotogenerasi, reaksi fotokatalitik ini menimbulkan spesies oksigen reaktif (ROS), termasuk radikal hidroksil, hidrogen peroksida, dan ion superoksida. Karena ZnO hampir sama energi celah pita sebagai  $\text{TiO}_2$ , kapasitas fotokatalitiknya diperkirakan serupa. Namun, dalam kasus ZnO, korosi foto sering terjadi dengan penerangan sinar UV, yang menyebabkan penurunan aktivitas fotokatalitik dalam larutan berair (Barnes et al., 2013). Gambar 2.5 merupakan wujud dari bahan fotokatalis jenis ZnO :

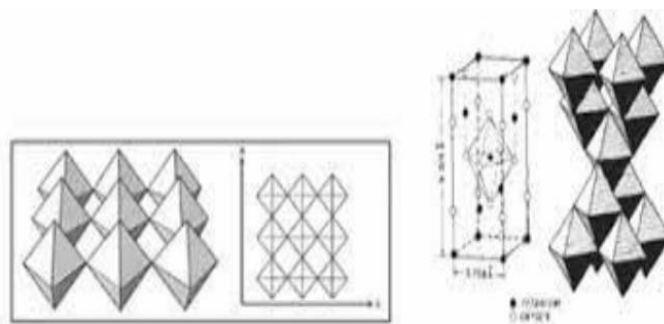


**Gambar 2.5** Seng Oksida

### **2.2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fotokatalis**

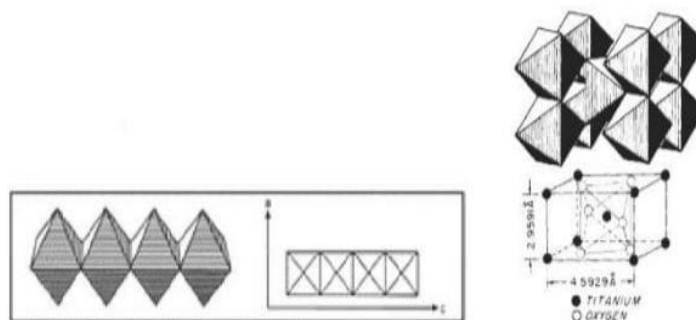
Pengaruh faktor-faktor seperti pH, kalsinasi, dan beberapa pengubah lain pada sintesis dan efisiensinya dalam pengolahan air limbah telah dijelaskan. Karakterisasi penting dari katalis yang disintesis menjelaskan cara kerjanya efisiensi juga telah menjadi beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja fotokatalis. Beberapa faktor akan mempengaruhi aktivitas fotokatalis  $\text{TiO}_2$ , salah satu yang terpenting adalah bentuk kristalnya yaitu anatase, rutil dan brookite. Pada struktur  $\text{TiO}_2$  kristal brookite sulit untuk dipreparasi sehingga hanya struktur

Kristal anatase dan rutile yang umum digunakan. Struktur anatase dianggap menunjukkan aktivitas lebih baik dari segi kereaktifan dibandingkan dengan struktur rutile (Su, 2004 dalam Afrozi.A, 2010). Berikut gambaran struktur anatase dan rutile pada Gambar 2.6 dan 2.7



**Gambar 2.6** Struktur Kristal Anatase  $\text{TiO}_2$

(Licciuli L, 2002 dalam Afrozi.A, 2010)

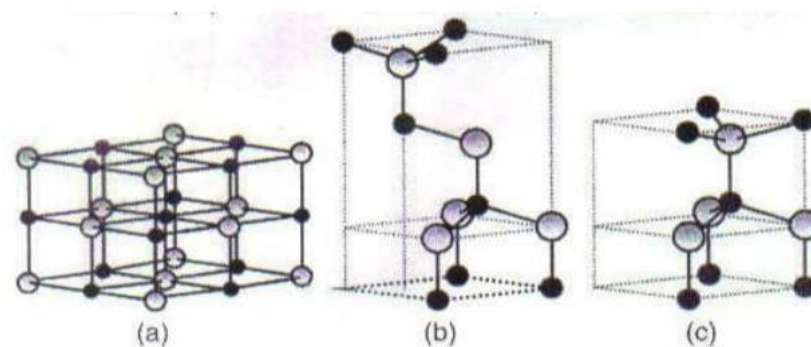


**Gambar 2.6** Struktur Kristal Rutile  $\text{TiO}_2$

(Licciuli L, 2002 dalam Afrozi.A, 2010)

Untuk kepentingan pengolahan limbah, dispersi  $\text{TiO}_2$  pada pengembangan berpori (mesoporous material) memberikan keuntungan lebih khususnya secara ekonomis. Aktivitas  $\text{TiO}_2$  –montmorillonit dapat dimanfaatkan untuk fotodegradasi zat warna dan pada fotodegradasi senyawa organik dari limbah cair

industri tekstil (Kumar et al., 2020). Sedangkan faktor yang mempengaruhi kinerja ZnO pada kristalnya terbagi dengan 3 struktur yaitu : wurtzite, zinc blende, dan rocksalt. Pada struktur wurtzite terbentuk pada kondisi tekanan normal dan juga pada fase termodinamika yang stabil, Sedangkan struktur zinc blende terbentuk pada substrat kubik, dan pada struktur rocksalt terbentuk ketika dengan tekanan yang tinggi (Morkoc dan Özgür,2009). Berikut gambaran struktur Kristal ZnO rocksalt , zincblende dan wurtzite pada Gambar 2.7 :



**Gambar 2.7** Struktur Kristal ZnO : (a) rocksalt, (b) zincblende, (c) wurtzite  
(Morkoc dan Özgür,2009)

### 2.2.7 *Advanced Oxidation Processes (AOPs) pada Proses Fotokatalis*

Prinsip teknologi AOPs adalah menciptakan oksidasi yang kuat dengan bantuan berbagai peralatan listrik dengan tegangan dan frekuensi tertentu. AOP merupakan kombinasi dari beberapa proses seperti ozon, hidrogen peroksida, sinar ultraviolet, fotokatalis dll, yang menghasilkan radikal hidroksil. AOPs merupakan proses pembentukan radikal aktif hidroksil ( $^*OH$ ) dalam jumlah yang cukup untuk proses penguraian air limbah dengan menggunakan oksidator kuat (Nugroho dan Iqbal, 2005). Sehingga proses ini dicirikan oleh fitur kimia yang sama, seperti radikal hidroksil ( $OH$ ) dan anion superoksida, yang dihasilkan ketika katalis semikonduktor menyerap radiasi ketika bersentuhan dengan air dan oksigen (Bethi et al., 2016).

Mekanisme AOP dalam menurunkan BOD dan COD atau polutan lainnya berlangsung dengan memanfaatkan  $OH$  radikal.  $OH$  radikal merupakan golongan oksidator kuat yang paling reaktif untuk menguraikan unsur – unsur polutan yang

terdapat didalam limbah. Pembentukan OH radikal ini dihasilkan dari kombinasi oksidator teruji yaitu  $O_3$  ,  $H_2O_2$  dan dipaparkan dengan UV. Setelah terjadi pembentukan OH radikal maka reaksi oksidasi tersebut mengubah target polutan menjadi fragmen atau molekul yang lebih kecil sehingga dapat mengubah polutan hingga termineralisasi terurai kembali menjadi  $H_2O + CO_2$ . Langkah-langkah oksidasi fotokatalitik heterogen dapat dijelaskan dalam mekanisme berikut: polutan organik berdifusi dari fase cair ke permukaan ZnO, adsorpsi polutan organik pada permukaan ZnO, reaksi oksidasi dan reduksi pada fase teradsorpsi, desorpsi produk, penghilangan produk dari daerah antarmuka. Ketika ZnO diinduksi foto oleh cahaya matahari dengan energi fotonik ( $h\nu$ ) sama atau lebih besar dari energi eksitasi (EG),  $e^-$  dari pita valensi terisi (VB) dipromosikan menjadi pita konduksi kosong (CB). Pasangan elektron-hole dapat bermigrasi ke permukaan ZnO dan terlibat dalam reaksi redoks, di mana  $H^+$  bereaksi dengan air dan ion hidroksida untuk menghasilkan radikal hidroksil sementara  $e^-$  bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan anion radikal superoksida kemudian hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida kemudian akan bereaksi dengan radikal superoksida membentuk radikal hidroksil. Kemudian, radikal hidroksil yang dihasilkan, yang merupakan oksidator kuat, akan menyerang polutan yang teradsorpsi pada permukaan ZnO untuk menghasilkan senyawa antara dengan cepat. Zat antara pada akhirnya akan diubah menjadi senyawa hijau seperti  $CO_2$ ,  $H_2O$  dan asam mineral (Herrmann, 1999)

Pada fotokatalis merupakan teknologi yang menjanjikan berdasarkan Advanced Oxidation Processes (AOPs) telah dipelajari secara ekstensif di mana berbagai pewarna organik dapat dioksidasi dengan cepat dan tidak selektif (Bethi et al., 2016). Proses oksidasi fotokatalitik heterogen yang dikembangkan pada 1970-an menjadi perhatian khusus terutama ketika cahaya matahari digunakan. Sifat membandel dari pewarna organik, sintetis, dan salinitas tinggi air limbah yang mengandung pewarna, membuat proses pengolahan biologis konvensional tidak efektif, bahkan dalam kondisi anaerobik pewarna azo mudah direduksi menjadi amina aromatik yang berpotensi berbahaya (Molinari et al., 2017).

### 2.2.8 Sinar UV

Sinar ultraviolet merupakan bagian gelombang elektromagnetik dari energi radiasi matahari pada pita 100-400 nm. Radiasi matahari yang menjangkau permukaan bumi sendiri berada pada sekitar panjang gelombang 100 nm sampai dengan 1 mm. Sinar matahari mengandung radiasi ultraviolet (UV) yang umumnya terdiri dari 3 jenis sinar matahari berdasarkan panjang gelombangnya yaitu sinar UltraViolet A (UVA) gelombang panjang, sinar UltraViolet B (UVB) gelombang pendek, dan sinar UltraViolet C (UVC) gelombang sangat pendek. (Hendrasari, 2016). Pada proses fotodegradasi menggunakan bahan fotokatalis maka perlu menggunakan radiasi sinar UV untuk membantu prosesnya yang terjadi pada penyerapan sinar ultraviolet (UV) yang sesuai dengan celah pita.

#### a. Lampu tungsten 50watt

Lampu tungsten adalah sebuah lampu dengan filamen tungsten yang memancarkan cahaya bersumber dari tenaga listrik. Filamen tersebut akan menyala / memancarkan cahaya akibat panas yang dihasilkan oleh arus listrik itu sendiri. Lampu pijar tergolong lampu listrik generasi awal yang masih digunakan hingga saat ini. Filamen lampu pijar terbuat dari tungsten (wolfram), bola lampunya diisi gas. Prinsip kerja lampu pijar, ketika ada arus listrik mengalir melalui filamen yang mempunyai resistivitas tinggi akan menghasilkan panas hingga filamen berpijar. Pada dasarnya lampu halogen merupakan jenis atas lampu pijar biasa bukan lampu pendar. Lampu pijar terdiri dari filamen tungsten yang ditutupi oleh kaca yang berisi gas. Waktu ada tegangan listrik, filamen menjadi panas hingga berpijar dan memancarkan cahaya putih. Cahaya tampak terang, tetapi sesungguhnya 10% ~ 12% energi yang dipancarkan kasat mata. Selebihnya kira-kira 70% dipancarkan radiasi inframerah yang tidak kasat mata dan lebih panas. Bola lampu pijar biasa, berisi gas merupakan gas lembab (tidak reaktif), argon / kripton ditambah nitrogen. Dengan adanya gas ini agar tungsten tidak teroksidasi atau menguap seperti ketika di udara bebas. Ada juga untuk mengatasi hal ini dengan cara dihampakan, yaitu tidak ada gas sama sekali (Fajri et al., 2016). Berikut Gambar 2.8 merupakan gambar dari lampu tungsten 50 watt



**Gambar 2.8** Lampu tungsten 50 watt

### **2.2.9 Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT)**

Imobilisasi berasal dari kata imobil yang berarti berulang kali. Imobilisasi merupakan suatu upaya untuk meningkatkan kestabilan struktur suatu senyawa dan mempertahankan sifat dari senyawa tersebut sehingga senyawa tersebut dapat digunakan lebih dari satu kali. Dalam penelitian ini dilakukan imobilisasi fotokatalis menggunakan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  ke dalam suatu resin yang bertujuan untuk mempertahankan aktifitas fotokatalis dari  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  tersebut sehingga  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  bisa digunakan berulang kali, walaupun tetap mempunyai masa aktif. Selain itu, imobilisasi  $\text{TiO}_2$  ke dalam resin juga bertujuan untuk meningkatkan aktifitas fotokatalisnya yaitu dengan memperbesar luas permukaan  $\text{TiO}_2$  sehingga fungsinya sebagai fotokatalis lebih optimal.

Ide resin imobilisasi fotokatalis ini dikembangkan dari penelitian sebelumnya, yaitu fotokatalis yang baru dikembangkan Methylene Blue Immobilized Resin Dowex-11 (MBIRD-11) oleh Pachwarya dkk. (2011). Metilen Biru adalah pewarna fotosensitisasi, dan molekul Metilen Biru diimobilisasi dalam pori-pori resin (mengisi pori-pori resin). Fotokatalisis menggunakan fotokatalis MBIRD-11 telah dipelajari sebagai alternatif proses konvensional. Fotokatalisis heterogen adalah proses penyinaran semikonduktor oksida logam menghasilkan elektron terfoto-eksitasi ( $e^-$ ) dan lubang bermuatan positif ( $h^+$ ). Foto-eksitasi partikel semikonduktor, melalucahaya dengan energi yang lebih tinggi dari ada energi celah pita elektronik semikonduktor, menghasilkan elektron berlebih pada pita konduksi ( $e^-$  CB) dan kekosongan elektron pada pita valensi ( $h^+$  VB). MBIRD-11 ditemukan efektif untuk penghancuran berbagai kontaminan lingkungan yang ada dalam air dan air limbah (Pachwarya et al., 2019).

Teknologi ini belum berhasil dikomersialkan di masa lalu karena biaya dan masalah yang terkait dengan pemisahan partikel fotokatalis dari suspensi setelah perawatan. Untuk mengatasi masalah ini, fotokatalis pendukung telah dikembangkan, khususnya bubuk titania telah diimobilisasi pada penyangga transparan terhadap radiasi UV/VIS (Pachwarya et al., 2019a).

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu sebagai pendukung penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.2** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian
1.	Robert J. Barnes, Rodrigo Molina, Jianbin Xu, Peter J. Dobson, Ian P. Thompson	Comparison of TiO <sub>2</sub> and ZnO nanoparticles for photocatalytic degradation of methylene blue and the correlated inactivation of gram-positive and gram-negative bacteria	2012 (Jurnal)	Potensi pembunuhan fotokatalitik dari tiga konsentrasi nanopartikel (0,01, 0,1, dan 1 g/L) adalah kemudian dinilai pada empat bakteri representatif: dua gram positif ( <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> ) dan dua gram negatif ( <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> ). Hasil menunjukkan bahwa dari tiga nanopartikel yang diuji, Nanopartikel TiO <sub>2</sub> menghasilkan lebih banyak ROS dari pada ZnO nanopartikel, sesuai dengan fotokatalitik yang lebih besar inaktivasi tiga dari empat spesies bakteri dianalisis.
2.	Rosyid Ridho, Endang Tri	Imobilisasi TiO <sub>2</sub> kedalam Resin Penukar Kation dan	2013 (Jurnal)	Hasil fotoreduksi dihitung berdasarkan selisih antara konsentrasi ion Hg(II) awal

	Wahyuni, Suyanta	Aplikasinya sebagai Fotokatalis dalam proses Fotoreduksi Ion Hg <sup>+</sup>		dengan ion Hg(II) yang tak tereduksi. Penentuan konsentrasi ion Hg(II) yang tak tereduksi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) teknik pembangkitan uap dingin atau Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry (CV-AAS). Hasil preparasi menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Titanium Isopropoksida yang ditambahkan pada resin semakin tinggi juga kadar TiO <sub>2</sub> yang terbentuk pada TiO <sub>2</sub> -Resin. Hasil uji fotokatalis menunjukkan bahwa penggunaan fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Resin dapat meningkatkan hasil fotoreduksi ion Hg(II) yang peningkatannya lebih tinggi dibandingkan TiO <sub>2</sub> serbuk. Penambahan fotokatalis dengan massa yang semakin besar menambah efektivitas fotoreduksi terhadap ion Hg(II) yang semakin besar
3.	Junia Rahma,	Imobilisasi TiO <sub>2</sub> ke	2012	. Uji aktivitas TiO <sub>2</sub> -resin dan



	Adelia	<p>dalam Resin Penukar Kation sebagai Fotokatalis Pada Fotodegradasi Zat Warna Kuning Metanil</p>	<p>Ti(IV)isopropoksida-resin pada proses fotodegradasi zat warna kuning metanil dilakukan untuk membandingkan efektifitas dari fotokatalis TiO<sub>2</sub>-resin dan Ti(IV)isopropoksida-resin dilihat dari jumlah zat warna terdegradasi (%). Proses imobilisasi dilakukan dengan menggunakan massa optimum sebesar 2,5 gram untuk TiO<sub>2</sub> dan 1,5 gram untuk Ti(IV)isopropoksida. Hasil uji aktivitas pada proses fotodegradasi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan didapatkan nilai absorbansi untuk menghitung konsentrasi sisa dan jumlah zat warna terdegradasi (%). Hasil uji aktivitas TiO<sub>2</sub>-resin dan Ti(IV)isopropoksida-resin secara berurutan adalah 71,555 % dan 0,107 %. Sedangkan penggunaan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-resin setelah digunakan pada proses fotodegradasi mengalami penurunan efektifitas dilihat</p>
--	--------	---	--

				dari jumlah zat warna terdegradasi (%), karena fotokatalis sudah jenuh dan menjadi tidak aktif.
4.	Egi Rizki Pebritama dan Tuhu Agung R	Degredasi Limbah Tahu Dengan Koagulasi Flokulasi Aluminium Sulfat Dan Fotokatalis TiO <sub>2</sub> Dalam Tangki Berpengaduk	2021 (Jurnal)	Pada Proses degradasi limbah cair tahu menggunakan metode koagulasi flokulasi aluminium sulfat dan fotokatalis TiO <sub>2</sub> . Hasil dari pengolahan tersebut dapat menurunkan COD sebesar 50.3% dan TSS sebesar 81% dengan dosis koagulan 1000mg/L dan pada fotokatalis hanya dapat menurunkan COD 50%.
5.	Dessy Gilang Permata, Ni Putu Diantariani, Ida Ayu Gede Widihati	Degredasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis ZnO dan Sinar UV	2016 (Jurnal)	Telah dilakukan penelitian mengenai degradasi fotokatalitik fenol menggunakan fotokatalis ZnO dan sinar UV. ZnO disintesis menggunakan metode pengendapan dan dikarakterisasi menggunakan Difraksi Sinar-x (XRD) dan Scanning Electron Microscope (SEM). Degradasi fotokatalitik fenol meliputi penentuan pH optimum, jumlah

				<p>fotokatalis optimum, waktu reaksi optimum, dan efektivitas degradasi fotokatalitik. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan ZnO memiliki struktur kristal heksagonal wurtzite dengan ukuran kristal 28,05 nm. Dari hasil karakterisasi SEM menunjukkan ZnO yang dihasilkan berbentuk bulat. Kondisi optimum degradasi fotokatalitik fenol dengan fotokatalis ZnO yaitu pH optimum 8, jumlah fotokatalis ZnO optimum 40 mg, dan waktu optimum radiasi 8 jam. Efektivitas degradasi fotokatalitik fenol pada kondisi optimum sebesar 63,80%.</p>
--	--	--	--	---