

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait “Sintesis komposit ZnO/C Aktif Sekam Padi dengan Metode Hidrotermal dan Aplikasinya dalam Penjerapan Zat Warna *Naphtol Yellow*” merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan. Penelitian terdahulu mengenai sintesis komposit ZnO atau karbon aktif dengan metode hidrotermal dan aplikasinya dalam penjerapan warna *naphtol yellow* menjadi bahan pertimbangan serta landasan dalam pelaksanaan penelitian ini. Tujuan dari peninjauan studi pustaka untuk membandingkan penelitian sebelumnya dengan pembaruan atau inovasi baru yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sugesti (2018) bertujuan untuk mensintesis komposit ZnO/KA sebagai adsorben pada proses pencegahan pencemaran zat warna dilingkungan dapat disimpulkan bahwa pembuatan komposit ZnO atau karbon aktif berhasil dilakukan dengan metode hidrotermal pada suhu 250°C selama 2,5 jam dan mampu digunakan sebagai adsorben. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR untuk komposit ZnO/KA ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 414,05 cm⁻¹ dan 443,79 cm⁻¹ (C-O alifatik), pita serapan pada daerah 1541,18 cm (vibrasi ulur Zn-O), puncak serapan 1032,56 cm⁻¹ (regangan C-C alifatik), serapan pada bilangan gelombang 1697,67 cm⁻¹ ; 3648,36 cm⁻¹ (C-O karbonil), dan daerah serapan 3610,04 cm⁻¹ (*stretching* O-H). SEM-EDX menunjukkan bahwa morfologi volume pori komposit ZnO/KA terlihat lebih besar dan lebih dalam, sehingga adsorpsi dapat berjalan secara maksimal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutisna (2023) yang bertujuan untuk mensintesis menggunakan metode hidrotermal dengan proses pencampuran TTIP, etanol dan H₂O kemudian ditambahkan karbon aktif dan selanjutnya campuran dimasukan kedalam autoklaf. Karakterisasi FTIR pada sampel dengan perfoma terbaik (TiO₂-KA/10) menghasilkan adanya pergeseran puncak bilangan gelombang pada gugus hidroksil dan karbon. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM menunjukan partikel-partikel TiO₂ sudah menempel di

permukaan KA, yang diperkuat dengan data EDX dengan keberadaan unsur Ti dan O pada material yang disintesis.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Utomo dkk (2019) membuat karbon aktif yang digunakan untuk mengadsorpsi zat warna *naphthol yellow*. Uji adsorpsi yang didapatkan bahwa jumlah adsorben terbaik adalah 0,2 gram dengan waktu kontak 30 menit dengan efisiensi adsorpsi mencapai 95,81% atau jumlah zat warna teradsorpsi sebesar 143,72 mg/g. Semakin lama waktu kontak pada proses adsorpsi maka akan menurunkan jumlah *naphthol yellow* yang teradsorpsi. Pengujian secara kuantitatif terhadap limbah batik asli bahwa karbon aktif dapat menurunkan kadar zat warna dalam limbah cair dengan ditandai pada perubahan warna limbah batik yang lebih pudar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bemis dkk (2019) dilakukan sintesis dan karakterisasi ZnO/KA. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya serapan vibrasi ulur (*stretching*) Zn-O pada bilangan gelombang 420-437 cm^{-1} dan serapan *stretching* C-O yang berasal dari karbon aktif. Massa optimum ZnO/KA untuk degradasi adalah 200 mg dengan presentase degradasi 65,052%, presentase degradasi meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah massa ZnO/KA. Waktu optimum ZnO/KA untuk fotodegradasi adalah selama 90 menit dengan presentase degradasi 86,84%. Semakin bertambahnya waktu kontak maka akan semakin meningkatkan presentase degradasi warna.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutisna dkk (2023) dilakukan sintesis komposit TiO_2 -KA dengan metode hidrotermal menunjukkan hasil analisis morfologi material TiO_2 -KA menggunakan SEM menunjukkan sintesis dengan metode hidrotermal partikel TiO_2 dapat menempel pada permukaan karbon aktif. Hasil diperkuat dengan hasil analisis EDX dan FTIR yang menunjukkan adanya komposisi gugus fungsi Ti.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wismiyati dkk (2015) mengenai pembuatan sintesis komposit ZnO/karbon aktif yang dilakukan ZnO:Karbon aktif 5:2 ; 5:1 dan 15:2 dilakukan karakteristik menggunakan FTIR menunjukkan puncak serapan bilangan gelombang 435,91 cm^{-1} diidentifikasi sebagai regangan ZnO. Regangan ZnO berkisar 400-500 cm^{-1} . Puncak serapan pada bilangan gelombang

1043,56 cm^{-1} dengan serapan tajam diidentifikasi sebagai daerah regangan C-O alifitik yang menjelaskan pada komposit tersebut terdapat karbon aktif. Puncak serapan pada bilangan gelombang 1342,46 cm^{-1} dengan serapan yang kuat menunjukan daerah tekukan C-H serta pada bilangan gelombang 1577,77 cm^{-1} diidentifikasi sebagai renggangan C-C alifatik yang menunjukan gugus-gugus fungsional dari karbon aktif. Puncak serapan pada bilangan gelombang 3414 cm^{-1} dengan serapan yang melebar diidentifikasi sebagai renggangan O-H dari molekul H_2O yang terserap pada permukaan ZnO.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Septiani (2014) menjelaskan bahwa katalis ZnO/Karbon aktif yang dilakukan untuk mendegradasi zat warna menunjukan hasil FTIR yaitu adanya serapan *stretching* C=C yang diasumsikan berasal dari karbon aktif. Selain itu juga terdapat vibrasi ulur dari ZnO pada bilangan gelombang 420 cm^{-1} . Hasil karakteristik menggunakan SEM menunjukan bahwa dengan penambahan karbon aktif dapat menghalangi terjadinya penumpukan ZnO dimana partikel ZnO menempel dan menyebar pada permukaan karbon aktif yang diasumsikan akan menyebabkan luas permukaan semakin besar yang nantinya akan meningkatkan efektifitas ZnO dalam mendegradasi.

Pada penelitian Deviani (2018) sintesis dengan bahan dasar abu sekam padi dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal dengan autoklaf pada temperatur 160° selama 7 jam. menunjukan bahwa metode hidrotermal dapat memodifikasi tekstur atau struktur pada suatu bahan padatan yang akan menyebabkan perubahan pada luas permukaan dan meningkatkan ukuran partikel pori.

Pada penelitian (Rahmawanti & Dony., 2024) sintesis komposit arang aktif dengan aktivator H_3PO_4 menjelaskan aktivasi pada karbon aktif bertujuan untuk memperbesar pori serta membentuk beberapa pori baru dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan agar karbon yang dihasilkan dapat berubah sifatnya, baik secara fisika maupun kimia, yaitu luas permukaan yang bertambah besar dan daya serap yang tinggi. Produk akhir karbonisasi tidak dapat langsung digunakan sebagai adsorben tanpa adanya proses aktivasi karena struktur porinya tidak berkembang. Bahan kimia yang digunakan

sebagai *activating agent* adalah asam fosfat (H_3PO_4). Aktivasi kimia memiliki kelebihan, yakni produk yang dihasilkan lebih banyak, suhu yang digunakan lebih rendah, penggunaan larutan kimia mempengaruhi pembentukan dan pengembangan pori dalam karbon aktif. Pengaruh dari penggunaan H_3PO_4 ini akan mengikat senyawa sehingga akan terlepas keluar melewati pori-pori karbon aktif. Hal ini menyebabkan pori-pori karbon aktif akan bertambah dan memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya serapnya akan semakin besar pula.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	(Sugesti, 2018)	Membuat komposit ZnO/KA sebagai adsorben pada proses pencemaran fenol. Mengetahui sifat-sifat komposit ZnO/KA sebagai adsorben.	Pembuatan komposit ZnO atau karbon aktif berhasil dilakukan dengan metode hidrotermal pada suhu 250°C selama 2,5 jam. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR untuk komposit ZnO/KA ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 414,05 cm^{-1} dan 443,79 cm^{-1} (C-O alifatik), pita serapan pada daerah 1541,18 cm (vibrasi	1. Bahan baku karbon aktif dari sekam padi. 2. Pengaplikasian dilakukan sebagai adsorben untuk penjerapan zat warna <i>naphthol yellow</i> . 3. Metode hidrotermal dengan suhu 121°C selama 18 jam.

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			<p>ulur Zn-O), puncak serapan 1032,56 cm⁻¹ (regangan C-C alifatik), serapan pada bilangan gelombang 1697,67 cm⁻¹ ; 3648,36 cm⁻¹ (C-O karbonil), dan daerah serapan 3610,04 cm⁻¹ (stretching O-H). SEM-EDX menunjukkan bahwa morfologi volume pori komposit ZnO/KA terlihat lebih besar dan lebih dalam, sehingga adsorpsi dapat berjalan secara maksimal.</p>	
2.	(Sutisna , 2023)	Menghasilkan komposit TiO ₂ -Karbon Aktif dengan metode hidrotermal.	Karakterisasi FTIR pada sampel dengan perfoma terbaik (TiO ₂ -KA/10) menghasilkan adanya pergeseran puncak bilangan	1. Bahan yang digunakan untuk mensintesis adalah ZnO/C sekam padi

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			<p>gelombang pada gugus hidroksil dan karbon. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM menunjukkan partikel-partikel TiO₂ sudah menempel di permukaan KA, yang diperkuat dengan data EDX dengan keberadaan unsur Ti dan O pada material yang disintesis.</p>	<p>yang digunakan sebagai bahan komposit ZnO/C.</p> <p>2. Pengaplikasian degradasi zat warna <i>naphthol yellow</i>.</p> <p>3. Suhu proses hidrotermal yang digunakan 121°C selama 18 jam.</p>
3.	(Utomo dkk., 2019)	<p>Untuk mengetahui presentase adsorpsi karbon aktif dari ampas tebu terhadap zat warna <i>naphthol yellow</i>.</p> <p>Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi</p>	<p>Karbon aktif dengan presentase adsorpsi yang tinggi berhasil dibuat dari ampas tebu karena proses aktivasi dari asam sulfat mampu memperluas</p>	<p>1. Bahan yang digunakan berupa karbon aktif dari sekam padi</p> <p>2. Karbon aktif yang diaktivasi</p>

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
		<p>presentase adsorpsi karbon aktif ampas tebu terhadap penjerpan zat warna <i>naphthol yellow</i>.</p>	<p>permukaan karbon aktif. Uji adsorpsi menunjukkan bahwa jumlah adsorben terbaik adalah 0,2 gram dengan waktu kontak selama 30 menit dengan presentase adsorpsi 95,81% atau jumlah zat warna teradsorpsi sebesar 143,72 mg/g. waktu kontak yang semakin lama dapat menurunkan jumlah <i>naphthol yellow</i> yang teradsorpsi.</p> <p>Pengujian secara kualitatif terhadap limbah batik riil menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan kadar zat warna dalam limbah cair tersebut yang ditandai</p>	<p>dengan H_3PO_4.</p>

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			dengan warna limbah batik yang lebih pudar.	
4.	(Bemis dkk., 2019)	Untuk mengetahui keberhasilan sintesis ZnO/KA untuk mendegradasi <i>rhodamin B</i>	Hasil uji FTIR menunjukkan adanya serapan vibrasi ulur (<i>stretching</i>) Zn-O pada bilangan gelombang 420-437 cm^{-1} dan serapan <i>stretching</i> C-O yang berasal dari karbon aktif. Massa optimum ZnO/KA untuk degradasi adalah 200 mg dengan presentase degradasi 65,052%, presentase degradasi meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah massa ZnO/KA. Waktu optimum ZnO/KA untuk fotodegradasi adalah selama 90 menit dengan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode yang digunakan menggunakan metode hidrotermal 2. Zat warna yang digunakan dalam degradasi yaitu <i>naphthol yellow</i>. 3. Bahan yang digunakan berupa karbon aktif dari sekam padi

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			<p>presentase degradasi 86,84%. Semakin bertambahnya waktu kontak maka akan semakin meningkatkan presentase degradasi warna.</p>	
5.	(Wismayan ti dkk., 2015)	Membuat komposit ZnO-arang aktif untuk mendegradasi zat warna metilen biru.	<p>Karakteristik menggunakan FTIR menunjukan puncak serapan bilangan gelombang 435,91 cm^{-1} diidentifikasi sebagai regangan ZnO. Regangan ZnO berkisar 400-500 cm^{-1}. Puncak serapan pada bilangan gelombang 1043,56 cm^{-1} dengan serapan tajam diidentifikasi sebagai daerah regangan C-O alifitik yang menjelaskan pada komposit tersebut</p>	<p>1. Metode yang digunakan yaitu hidrotermal 2. Zat warna yang digunakan adalah zat warna <i>naphthol yellow</i>. 3. Bahan yang digunakan berupa karbon aktif dari sekam padi.</p>

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			<p>terdapat karbon aktif. Puncak serapan pada bilangan gelombang $1342,46 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan yang kuat menunjukan daerah tekukan C-H serta pada bilangan gelombang $1577,77 \text{ cm}^{-1}$ diidentifikasi sebagai renggangan C-C alifatik yang menunjukan gugus-gugus fungsional dari karbon aktif. Puncak serapan pada bilangan gelombang 3414 cm^{-1} dengan serapan yang melebar diidentifikasi sebagai renggangan O-H dari molekul H_2O yang terserap pada permukaan ZnO.</p>	

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
6.	(Septiani dkk., 2014)	Untuk mensintetis katalis ZnO/karbon aktif pada degradasi rhodamin B.	Menjelaskan bahwa katalis ZnO/Karbon aktif yang dilakukan untuk mendegradasi zat warna menunjukkan hasil FTIR yaitu adanya serapan <i>stretching</i> C=C yang diasumsikan berasal dari karbon aktif. Selain itu juga terdapat vibrasi ulur dari ZnO pada bilangan gelombang 420 cm^{-1} . Hasil karakteristik menggunakan SEM menunjukan bahwa dengan penambahan karbon aktif dapat menghalangi terjadinya penumpukan ZnO dimana partikel ZnO menempel dan menyebar pada permukaan karbon	1. Metode yang digunakan yaitu metode hidrotermal 2. Zat warna yang digunakan adalah <i>naphthol yellow</i>

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			aktif yang diasumsikan akan menyebabkan luas permukaan semakin besar yang nantinya akan meningkatkan efektifitas ZnO dalam mendegradasi.	
7.	(Deviani dkk., 2018)	Untuk mensintesis dan mengkarakterisasi berbahan dasar abu sekam padi.	Hidrotermal dapat memodifikasi tekstur atau struktur pada suatu bahan padatan yang akan menyebabkan perubahan pada luas permukaan dan meningkatkan ukuran partikel pori.	Bahan yang disintesis yaitu karbon aktif dari sekam padi
8.	(Rahmawanti & Dony, 2024)	Sintesis komposit arang aktif dengan aktivator H ₃ PO ₄	Asam fosfat merupakan aktivator asam yang baik pada proses pembuatan karbon aktif. Pengaruh dari penggunaan H ₃ PO ₄ ini akan mengikat senyawa tar sehingga akan	Bahan pembuatan karbon aktif dari sekam padi.

No.	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
			terlepas keluar melewati pori-pori karbon aktif. Hal ini menyebabkan pori-pori karbon aktif akan bertambah dan memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya serapnya akan semakin besar pula.	

2.2. Teori -Teori yang Relevan

2.2.1 Karbon Aktif

Karbon merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Selain digunakan sebagai bahan bakar, karbon juga dapat digunakan sebagai adsorben (penjerap). Penjerap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Karbon yang demikian disebut sebagai karbon aktif.

Karbon aktif adalah salah satu bahan yang memiliki kandungan karbon bebas yang besar dan karbon bebas inilah yang berfungsi sebagai daya serap tinggi dan berpori sehingga meningkatkan daya serap karena mengalami reaksi kimia sebelum dan sesudah karbonisasi. Dalam kehidupan sehari-hari karbon aktif dimanfaatkan

sebagai bahan penyerap, penghilang bau. Manfaat karbon aktif yang paling adalah kemampuan daya serapnya (adsorpsi) (Fanani dkk., 2019). Karbon aktif yang berbahan dasar sekam padi dapat dikembangkan lebih lagi sebagai bahan mensintesa suatu material komposit. Penggunaan sekam padi menjadi karbon aktif diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan nilai tambah dari limbah sekam padi yang nantinya limbah tersebut akan menjadi bernilai ekonomi yang tinggi (Venisia dkk., 2021).

2.2.2 Zinc Oxide (ZnO)

Zinc oxide atau seng oksida (ZnO) merupakan material logam oksida. ZnO diproduksi dari oksida termal lembaran seng (Rahmawati dkk, 2019). ZnO memiliki kemampuan yang bagus dan merupakan bahan yang paling aktif dalam mendegradasi zat warna. Dalam proses degradasi kemampuan adsorpsi dari ZnO yang rendah menjadi salah satu kelemahannya. Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi maka diperlukan penambahan material adsorben berupa karbon aktif. Karbon aktif digunakan karena memiliki daya serap yang tinggi serta memiliki permukaan dalam yang luas (Saraswati dkk., 2015).

Diantara berbagai macam semikonduktor, ZnO merupakan salah satu semikonduktor anorganik yang tidak bersifat toksik yang dapat memberikan mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik. ZnO disintesis dan digunakan dalam mendegradasi zat warna sintetik *Methylen Blue*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ZnO memiliki nilai persen degradasi sebesar 65,26% selama 60 menit (Raganata dkk., 2020).



Gambar 2.1 Serbuk ZnO

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024)

Zink oksida merupakan logam semikonduktor yang banyak diteliti secara luas. Partikel ZnO berukuran mikro hingga nanometer dapat disintesis dengan penambahan *capping agent*, yaitu senyawa atau ekstrak yang berperan mencegah terjadinya aglomerasi partikel. Oksida logam ini memiliki sifat yang ramah lingkungan, tidak beracun dan tahan terhadap korosi. Karakteristik dan kinerja ZnO sangat bergantung pada ukuran partikel, bentuk, dan morfologi. Zink oksida dapat disintesis dengan metode sol-gel, hidrotermal, presipitasi dan metode lainnya. Partikel ZnO yang disintesis dapat menghasilkan partikel berukuran mikro hingga nanometer (Yunita dkk., 2020).

2.2.3 Sintesis Komposit ZnO/C

Komposit merupakan proses terbentuknya bahan dari dua atau lebih komponen yang berlainan bergabung. Selain itu, komposit adalah penggabungan antara sifat-sifat mekanik dan fisika, dengan pembeda pada material bahan penyusun. Sintesis komposit dengan bahan dasar limbah telah banyak dilakukan dengan berbagai pembaruan metode dan berbagai macam pengaplikasian (Venisia dkk., 2021). Pembuatan komposit ZnO/C ini bertujuan untuk mendesain pori karbon aktif yang telah ada menjadi lebih baik dan maksimal sehingga dalam pengaplikasiannya sebagai adsorben dapat digunakan secara lebih efektif, yaitu dengan cara mengkompositkan karbon aktif dan ZnO. Hal tersebut karena seperti yang telah diketahui karbon aktif merupakan adsorben yang baik dengan besarnya luas permukaan dan volume porinya. Sedangkan untuk ZnO itu sendiri merupakan bahan semikonduktor yang sudah banyak digunakan dalam berbagai penelitian untuk mendegradasi zat warna maupun logam berat. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan pembuatan komposit ZnO/C sekam padi dan di uji aktivitasnya sebagai adsorben terhadap *naphthol yellow* (Sugesti, 2018).

Sintesis Komposit ZnO/karbon aktif dapat dilakukan dengan metode hidrotermal dan dengan beberapa variasi suhu yang berbeda, ZnO sebagai fotokatalis memiliki keterbatasan dalam menyerap zat yang akan di degradasi, sehingga membutuhkan modifikasi pada permukaannya. Karbon aktif dapat digunakan sebagai pengemban. Hal ini disebabkan karbon aktif memiliki luas area permukaan yang spesifik dengan struktur berpori, sehingga dapat meningkatkan

daya adsorpsi (Bemis dkk., 2019). Penyesuaian ZnO pada karbon aktif memiliki keuntungan, yaitu ZnO merupakan adsorben pendukung dalam proses adsorpsi karena dengan adanya karbon aktif dapat meningkatkan luas permukaan yang tinggi sehingga menghasilkan adsorpsi yang baik (Septiani dkk., 2014).

2.2.4 Gugus Fungsi Komposit ZnO/C

Gugus fungsi komposit ZnO/C dapat diketahui melalui hasil analisis alat *Fourier Transformed Infrared* (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan selain untuk mendeteksi gugus fungsi yaitu mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10⁻¹.

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Sari dkk., 2018).

Tabel 2.2 Gugus Fungsi Komposit ZnO/C

Sumber	Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm^{-1})
(Rahmawati dkk., 2019)	O-H	3436
	C-H	2922
	C-O	1751
	C-O	1400-1600
	C-H	885
	O-H	3400-3508
	O-H-O	1637
	Zn-O-Zn	1250-1750
	Zn-O	420-1600

Sumber	Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm^{-1})
(Altıntig dkk., 2021)	C-H	775, 887, 1427, 1426
	C=C	1580, 1602
	O-H	3390,3720
	C=O	1700
	C-O	1070
	Zn-O	453, 550, 800
(Albiss & Abu- dalo, 2021)	O-H	3439
	C=O	1620-1730
	C-H	2840-2940
	C-O	1038
	Zn-O	500-700
(Mohamed dkk., 2020)	C-O	1112
	O-H	3421
	Zn-O	420-690
(Hassan dkk., 2022)	Zn-O	437,676
	O-H	3425
	C=O	1079, 1597, 2355
(Loke dkk., 2022)	C-C	1544, 2076,2344
	C-O	1013
	C-H	950
	C=C	1599
	O-H	550

2.2.5 Morfologi Komposit ZnO/C

Morfologi dari komposit ZnO/C sekam padi dapat dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) – EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) merupakan metode yang secara luas digunakan untuk pengamatan

morfologi permukaan, struktur, dan pemetaan kandungan berbagai jenis sampel. Prinsip kerja alat ini yaitu menggunakan berkas elektron pancaran energi tinggi untuk memindai objek sehingga menghasilkan citra dan komposisi sampel. Berkas elektron yang digunakan sebagai sumber memiliki panjang gelombang puluhan ribu kali lebih pendek dari panjang gelombang cahaya tampak sehingga citra yang dihasilkan metode ini memiliki resolusi dan detail gambar yang lebih baik daripada mikroskop optic. Metode ini dapat menghasilkan citra gambar tiga dimensi dengan perbesaran dan resolusi yang jauh lebih tinggi (Sahdiah & Kurniawan, 2023).

Karakterisasi menggunakan SEM-EDX memberikan hasil bahwa komposit ZnO-karbon aktif memiliki morfologi volume pori yang besar dan dalam, dengan kandungan dominan berupa unsur C sebesar 53,59% (Rahmawanti & Dony, 2024). Morfologi komposit ZnO/C menunjukkan bahwa ZnO dengan bentuk tidak beraturan menyisip dan menyebar secara merata. Ciri-ciri khas dari karbon aktif ditandai dengan adanya rongga atau pori pada bagian permukaannya. Dari rongga atau pori yang dimiliki karbon aktif dapat membantu kinerja proses adsorpsi ZnO sehingga meningkatkan aktivitas adsorpsi ZnO dalam mendegradasi zat warna. Selain itu, karbon aktif berfungsi sebagai penghalang terjadinya penumpukan partikel ZnO sehingga dihasilkan luas permukaan ZnO yang besar, semakin luas permukaan maka mampu meningkatkan aktivitas adsorpsinya (Bemis dkk., 2019).

2.2.6 Metode Hidrotermal

Hidrotermal merupakan reaksi didalam sistem tertutup dengan menggunakan media air dan bertekanan tinggi dengan tujuan mengkristalkan suatu komponen bahan yang relatif tidak larut dalam air. Metode hidrotermal membuat partikel menjadi submikro dengan luas permukaan yang tinggi dan dengan ukuran yang homogen (Sutisna dkk., 2023). Sintesis hidrotermal adalah salah satu metode dalam penumbuhan material (kristal) bertekanan tinggi didalam air panas selain itu suhu reaksi dapat dinaikkan diatas titik didih air dan dapat mencapai tekanan dari saturasi uap air (Yahya dkk., 2015). Keunggulan dari metode hidrotermal yaitu menghasilkan partikel dengan kemurnian yang tinggi serta distribusi partikel yang homogen (Yahya dkk., 2015). Sedangkan kekurangan dari metode hidrotermal

penggunaan bejana tekanan tinggi akan berbahaya jika terjadi kecelakaan, membutuhkan temperatur tinggi, waktu reaksi sangat panjang, dan produk tidak homogen dalam komposisi (Putri dkk., 2019).

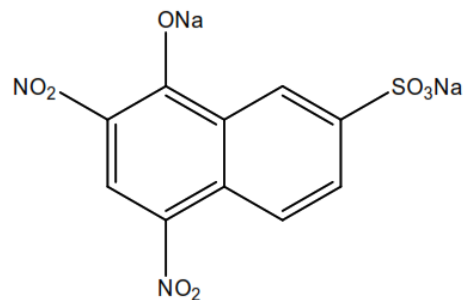
2.2.7 Zat Warna *Naphthol Yellow*

Pewarna merupakan senyawa berwarna yang banyak digunakan dalam industri tekstil, plastik, kertas, cat, dan lainnya. Pewarna dapat menjadi limbah apabila tidak dilakukan pengelolaan dengan baik dan benar. Limbah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun dapat menghalangi sinar matahari memasuki lingkungan perairan, mengganggu proses biologis dan dapat berdampak buruk lainnya (Nurhasni dkk., 2021). Menurut Hairunisa (2022) zat pewarna yang paling sering digunakan yaitu zat warna *naphthol*, karena memiliki warna yang cerah dan mempunyai daya serap yang tinggi terhadap selulosa, sehingga tahan terhadap gosokan serta memiliki ketahanan kelunturan yang baik.

Definisi *Naphthol Yellow* merupakan garam natrium organik yaitu garam disodium dari asam 5,7- dinitro-8-hydroxynaphthalene-2- sulfonic ($C_{10}H_4N_2O_8Na_2$). Berdasarkan strukturnya, *Naphthol Yellow* merupakan zat warna anionik yang akan membentuk anion jika dilarutkan dalam air dengan melepaskan Na^+ . Pada struktur *Naphthol Yellow*, tampak adanya atom-atom oksigen (O) yang dapat membentuk ikatan hidrogen. Senyawa pewarna sintetis yang cukup stabil akan sangat sulit untuk terdegradasi secara alami dan dapat membahayakan lingkungan terutama perairan. Pewarna sintetis yang telah digunakan akan menjadi limbah cair apabila tidak terolah dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif baik dari segi estetika maupun kesehatan lingkungan. Sehingga harus tetap diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima.

Zat warna *naphthol yellow* memiliki dampak jangka pendek dan jangka panjang terhadap kesehatan manusia. Efek jangka pendek yang dirasakan jika kontak langsung maka menimbulkan iritasi kulit dan iritasi mata, jika tehirup maka dapat membuat batuk dan bersin. Paparan jangka panjang zat warna ini menyebabkan kerusakan hati, anemia dan ginjal jika terserap terus menerus (Hartina dkk, 2020). Sebagian pewarna sintetis memiliki kandungan logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) yang cukup tinggi. Paparan pewarna ini bisa

melalui kontak langsung. Bahkan juga bisa melalui pencemaran dari sumber air di daerah sekitar industri yang mengandung limbah. Pb sangat berbahaya karena dapat beredar di jaringan lunak seperti hati, darah, limpa, paru, sumsum tulang, ginjal, maupun tulang. Bahkan Pb dapat bertahan sekitar 17-27 tahun pada tulang (Yuliana, 2022).



Gambar 2.2 Struktur *Naphthol Yellow*.

(Sumber : Utomo dkk., 2019)

2.2.8 Limbah Batik

Industri batik secara ekonomi memberikan pendapatan yang besar bagi negara, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun pemasukan devisa negara dan pajak. Permintaan pasar untuk konsumsi lokal dan luar negeri terbuka luas sehingga memberikan peluang yang besar untuk perkembangan industri ini, tak terkecuali bagi sentra industri batik di Nusawungu, Cilacap. Namun di sisi lain, setiap proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Umumnya zat-zat pencemar dalam proses pembuatan batik dapat berupa zat warna maupun senyawa organik yang terlarut dalam air.

Zat warna yang digunakan oleh industri batik untuk pewarnaan batik diantaranya *rhodamin B (RhB)*, *indigosol* dan *naphthol*. Salah satu senyawa organik yang terdapat dalam limbah batik adalah *naphthol yellow*. Kehadiran *naphthol yellow* pada badan air menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut, bersifat racun dan korosif sehingga memiliki efek serius terhadap kehidupan mikroorganisme meskipun pada konsentrasi relatif rendah. Zat warna ini biasanya dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga daerah aliran sungai menjadi berwarna, tidak dapat mendukung sistem kehidupan perairan, mengandung logam berat, kualitas air

menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan sebagai air bersih (Ayuningtyas, 2020).

2.2.9 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan teknik untuk menghilangkan zat warna, metode ini merupakan salah satu metode pengolahan air limbah yang lebih efisien dan lebih umum. Selain itu, metode ini juga lebih unggul dari teknik penghilangan pewarna lainnya. Keunggulan teknik adsorpsi yaitu biaya awal yang lebih murah, kesederhanaan desain, mudah dioperasikan, dan non-toksitas dari adsorben yang digunakan dibandingkan dengan metode pengolahan limbah lainnya. Penerapan prosedur ini berdasarkan pada adsorben yang non-toksik dan ramah lingkungan serta atom permukaan yang reaktif dari adsorben (Susmanto dkk, 2020).

Metode adsorpsi menggunakan karbon aktif merupakan salah satu cara penanganan limbah yang paling umum digunakan karena biayanya murah, metodenya sederhana, mudah dilakukan, dan cocok untuk zat yang beracun. Adsorpsi menggunakan karbon aktif menjadi alternatif terbaik untuk mengatasi pencemaran zat warna yang diakibatkan oleh industri tekstil. Zat warna sintetis lebih banyak digunakan dibandingkan zat warna alami karena lebih mudah diperoleh, ketersediaan warnanya terjamin, jenis warna bermacam-macam, dan lebih praktis dalam penggunaannya (Aisyahlika dkk, 2018).

Terdapat dua jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika dihasilkan oleh interaksi gaya antar molekul (ikatan van der Waals) terjadi efek tarik-menarik antar molekul yang lemah antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi karena permukaan adsorben dan adsorbat membentuk adanya ikatan kimia berupa ikatan ion dan ikatan kovalen antara adsorben dan adsorbat (Hairunisa, 2016).

2.2.10 Efisiensi Adsorpsi

Efisiensi adsorpsi adalah kemampuan adsorben dalam menyerap *naptol yellow*. Tujuan dari uji daya serap komposit ZnO/C sekam padi terhadap *naphthol yellow* adalah untuk mengetahui kemampuan komposit ZnO/C sekam padi dalam mengadsorpsi larutan berwarna *naphthol yellow*. Dimana semakin besar massa

adsorben, efisiensi adsorpsi semakin besar pada waktu yang sama. Semakin lama waktu kontak maka efisiensi adsorpsi semakin besar, namun komposit ZnO/C sekam padi juga memiliki waktu kontak maksimal akan mengalami kejenuhan yang mengakibatkan *naphthol yellow* yang telah diserap oleh ampas teh larut kembali. Efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Efisiensi Adsorpsi (\%)} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi awal *naphthol yellow* (mg/L),

C_t = Konsentrasi *naphthol yellow* setelah di adsorpsi (mg/L),

% teradsorpsi = Jumlah *naphthol yellow* yang teradsorpsi (%).

(Asiah dkk., 2022).

2.2.11 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa kondisi yang mempengaruhi adsorpsi suatu adsorben dalam menyerap adsorbat yaitu pH larutan, waktu kontak, berat adsorben dan suhu. pH larutan akan mempengaruhi aktivitas gugus fungsi adsorben. Variasi waktu kontak perlu dilakukan untuk melihat banyaknya arang aktif yang dibutuhkan untuk menyerap zat warna secara optimal. Berat adsorben akan mempengaruhi gugus aktif dari adsorben itu sendiri sedangkan suhu akan mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat.

Waktu optimum menunjukkan semakin meningkatnya zat warna yang terserap oleh karbon aktif karena semakin lama waktu kontak (tumbukan) antara karbon aktif dengan zat warna, sebagai akibat dari reaksi yang berlangsung semakin cepat hingga mencapai kesetimbangan (Ariyanto dkk., 2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu bahan yaitu sebagai berikut:

- a. Waktu kontak dan pengadukan

Waktu kontak dan pengadukan yang lebih lama akan memberikan waktu kontak yang lebih lama untuk interaksi antara adsorben dengan adsorbat.

- b. Luas permukaan adsorben

Dengan meningkatnya luas permukaan adsorben maka proses adsorpsi akan semakin meningkat. Ukuran dan pori-pori adsorben akan mempengaruhi luas

permukaan. Semakin besar pori-pori pada adsorben maka semakin meningkat luas permukaan adsorben.

c. Massa Adsorben

Semakin banyak jumlah adsorben maka permukaan adsorben semakin besar. Semakin besar massa yang digunakan maka semakin tinggi efisiensi penyerapan adsorbat.

d. Konsentrasi adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin meningkat proses adsorpsi. Adsorpsi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorben yang tersisa dalam larutan.

e. Suhu

Laju adsorpsi akan meningkat pada suhu yang lebih rendah dan menurun pada suhu yang lebih tinggi. Namun, pada adsorpsi kimia biasanya membutuhkan panas.

f. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah sedangkan adsorpsi basa organik terjadi pada pH tinggi.

2.3 Hipotesis

Dugaan sementara yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi komposisi karbon aktif dengan ZnO terhadap karakterisasi FTIR komposit ZnO/C sekam padi menunjukan serapan Zn-O yang kuat, dan hasil karakterisasi dengan SEM-EDX menunjukan keberadaan Zn dipermukaan komposit.
2. Pengaruh jumlah variasi massa komposit terhadap efisiensi adsorpsi komposit ZnO/C sekam padi pada zat warna *naphthol yellow* yaitu semakin banyak adsorben maka efisiensi adsorpsi akan mengalami peningkatan.
3. Pengaruh jumlah variasi waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi komposit ZnO/C sekam padi pada zat warna *naphthol yellow* yaitu semakin lama variasi waktu kontak maka semakin banyak zat warna *naphthol yellow* teradsorpsi.

4. Komposit yang dibuat dengan metode hidrotermal memiliki efisiensi adsorpsi, gugus fungsi dan morfologi yang lebih baik dibandingkan dengan komposit non hidrotermal.