

**SKRIPSI**

**NANOKOMPOSIT ZnO/KITOSAN DENGAN METODE *SOL-GEL*  
UNTUK APLIKASI *SELF-CLEANING***

**Disusun dan diajukan oleh**

**ASNI DAMAYANTI**

**H021 17 1501**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**NANOKOMPOSIT ZnO/KITOSAN DENGAN METODE SOL-GEL  
UNTUK APLIKASI SELF-CLEANING**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**ASNI DAMAYANTI**

**H021 17 1501**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**NANOKOMPOSIT ZnO/KITOSAN DENGAN METODE SOL-GEL  
UNTUK APLIKASI SELF-CLEANING**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ASNI DAMAYANTI**

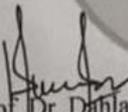
**H021 17 1501**

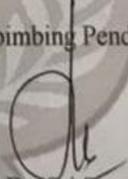
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 03 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

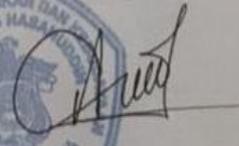
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si  
NIP. 19750907 200003 1 006

  
Prof. Dr. Sri-Suryani, DEA  
NIP. 19580508 198312 2

Ketua Program Studi,

  
  
Prof. Dr. Arifin, MT  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asni Damayanti  
NIM : H021171501  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### **Nanokomposit ZnO/Kitosan dengan Metode *Sol-Gel* untuk Aplikasi *Self-Cleaning***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 03 Juni 2021  
Yang Menyatakan,  
  
Asni Damayanti

## ABSTRAK

Kain wol berlapis ZnO/kitosan yang memiliki sifat *self-cleaning* yang baik berhasil didapatkan melalui metode *sol-gel* yang sederhana dan efisien. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat *self-cleaning* dari kain wol berlapis ZnO/kitosan pada beberapa variasi pH komposit yaitu pH 5, pH 7, dan pH 9. Pengujian sifat *self-cleaning* dilakukan dengan melakukan penyinaran pada sampel kain menggunakan lampu UVA-UVB selama 15 jam dengan zat warna sebagai contoh noda yang akan dibersihkan. Komposit ZnO/kitosan dikarakterisasi menggunakan spektrosopi *X-Ray Diffraction* (XRD), spektrosopi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan spektrosopi *UV-Visible*. Hasil analisis XRD menunjukkan adanya ZnO di setiap sampel dan puncak kitosan teridentifikasi pada sampel dengan pH 9 dengan  $2\theta = 19,56^\circ$ . Hasil analisis FTIR menunjukkan pada bilangan gelombang  $422\text{ cm}^{-1} - 621\text{ cm}^{-1}$  terbentuk ikatan Zn - O yang menunjukkan adanya ZnO. Kitosan teridentifikasi pada bilangan gelombang  $3495\text{ cm}^{-1}$  yang ditunjukkan oleh peregangan -OH dan -NH<sub>2</sub>. Berdasarkan hasil penelitian, sampel dengan pH 9 memiliki sifat *self-cleaning* terbaik dimana zat warna metilen biru hampir sepenuhnya hilang setelah disinari menggunakan lampu UVA-UVB selama 15 jam penyinaran. Sampel dengan pH 9 memiliki ukuran kristal paling kecil dan memiliki kestabilan struktur yang paling baik, sehingga menjadikannya memiliki sifat *self-cleaning* terbaik.

**Kata Kunci:** ZnO/Kitosan, Kain Wol, *Sol-Gel*, *Self-Cleaning*, XRD, FTIR, *Band gap*.

## ABSTRACT

ZnO/chitosan coated wool fabric which has self-cleaning properties that have been successfully obtained through the simple and efficient sol-gel method. This research was conducted to determine the self-cleaning properties of woolen cloth coated with ZnO/chitosan in several variations of pH composite pH 5, pH 7, and pH 9. Testing of self-cleaning properties was carried out by irradiating the cloth samples using UVA-UVB lamps for 15 hours. with dye as an example of a stain to be cleaned. ZnO/chitosan composites were characterized using X-Ray Diffraction (XRD) spectroscopy, Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy, and UV-Visible spectroscopy. XRD analysis results showed the presence of ZnO in each sample and the peak of chitosan was identified in the sample with a pH of 9 with  $2\theta = 19.56^\circ$ . The results of FTIR analysis show that at wave numbers  $422\text{ cm}^{-1}$  -  $621\text{ cm}^{-1}$  a Zn-O bond is formed which indicates the presence of ZnO. Chitosan was identified at the wave number  $3495\text{ cm}^{-1}$  indicated by stretching -OH and -NH<sub>2</sub>. Based on the results of the study, samples with a pH of 9 had the best self-cleaning properties where the methylene blue dye almost disappeared after being exposed to UVA-UVB lamps for 15 hours of irradiation. Samples with a pH of 9 have the smallest crystal size and have the best stability structure, so they have the best self-cleaning properties.

**Keywords:** ZnO/Chitosan, Wool Cloth, Sol-Gel, Self-Cleaning, XRD, FTIR, Band gap.

## KATA PENGANTAR

### Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

*Alhamdulillah Rabbil Alamiin*, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul : “**Nanokomposit ZnO/Kitosan dengan Metode Sol-Gel untuk Aplikasi Self-Cleaning**”, dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan program Sarjana di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan adanya keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Atas segala kekurangan, penulis sangat mengharapkan adanya masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun. Banyak kesulitan yang penulis alami, namun atas izin Allah SWT semua dapat penulis lewati dengan baik.

Selama menyelesaikan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Karena penulis yakin tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasanya bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua, Ayahanda tercinta **M.Adam** dan Ibunda tersayang **Kartina**. Tante **Hj. Hajrah** dan Om **Hj. Jamaluddin** yang selalu siap mendengar keluh-kesah penulis, selalu memberikan perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan yang tak henti-hentinya. Adik tersayang **Sri Wahyuni** yang selalu memberikan suasana nyaman dan kehangatan, serta bantuan selama penulis menumpuh studi di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Dengan doa restu keluarga dalam kehidupan penulis, kiranya Allah SWT membalasnya dengan segala berkahnya.
2. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M. Si** selaku Kepala Laboraturium Material dan Energi serta pembimbing utama dan Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA** selaku pembimbing pertama yang senantiasa meluangkan waktunya yang begitu padat, arahan dan nasihat kepada penulis selama

proses penelitian dimasa pandemic hingga penelitian ini berhasil dilakukan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan bapak/ibu Kesehatan dan semoga ilmu yang telah diajarkan dapat bermanfaat dikemudian hari.

3. Ibu **Dr.Nurlaela Rauf, M. Sc** dan Bapak **Prof. Dr. Syamsir Dewan, M. Eng. Sc** selaku tim penguji skripsi fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun pada penulis.
4. Bapak **Prof. Dr. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen serta **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** yang senantiasa memberikan ilmu selama masa studi, semoga menjadi bekal bagi penulis.
5. Seluruh **pegawai dan staf FMIPA UNHAS**, terkhusus kepada **staf Departemen Fisika; Ibu Rana, Ibu Evi, dan Pak Syukur** terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi selama masa studi.
6. **Asosiasi Wanita (Ate, Uci, Rahmah, Ola, Owel, dan Cinday)**, terima kasih selalu mau direpotkan, penghibur disaat masalah datang dan terima kasih sudah selalu ada dari maba hingga saat ini, dalam suka maupun duka.
7. **Sahabatku (Devi, Indah, Ita, Dalwah, Irma, dan Afifah)**, terima kasih selalu menjadi pendengar yang baik, saling menguatkan satu sama lain.
8. Terima kasih kepada **Himafi 2017** terkhusus (**Zahra, Suci dan Yesi** yang selalu menemani di kos, saat ketakutan) (**Ebit dan Zafaat** yang selalu mau direpotkan saat kos lagi ada yang ingin diperbaiki) (**Muqoil** yang selalu menjadi tempat perbaikan laptop bagi penulis) (**Fadlan** yang selalu meminjamkan laptopnya kepada penulis) dan teman-teman sekalian yang berjumlah **80 orang** yang tak bisa disebutkan satu persatu terima kasih atas kebersamaannya, persaudaraan dan supportnya selama ini. Tetap semangat teman-teman. Teguh dalam keyakinan, kukuh dalam kebersamaan.
9. Teman-teman **Fisika Angkatan 2017** yang bersama-sama dari maba hingga saat ini, banyak cerita yang telah kita lalui. Semoga kita semua sukses dan tetap menjalin silaturahmi selamanya.
10. Terima kasih kepada **kak Inayatul Mutmainna, S.Si, M.Si** yang selama penelitian banyak membantu, memberikan arahan, masukan dan semangat

kepada penulis sehingga penulis dapat melakukan penelitian hingga selesai dengan baik.

11. Seluruh **kakak-kakak S2 (kak uga, kak awa dan kak fitria)** yang selalu memberikan motivasi dan bantuan kepada penulis.
12. Teman-teman **Laboratorium Material dan Energi Angkatan 2017 (Ahmad Nurul Fahri S.Si, Roni Rahmat S.Si dan Erviani Rusman S.Si)** yang telah banyak membantu dan mengarahkan penelitian ini dari awal. **(Uci, Rahmah, Ola, Batra, Rial, Innah, Mayama, Nova dan Fitriah)** yang selalu memberikan semangat di setiap waktu dan menghibur dengan caranya masing-masing, walau terkadang sering buat jengkel, tim-tim mengejek yang tak adaandingannya.
13. **Kakak Tio**, yang telah memberikan semangat kepada penulis disaat akhir-akhir penulis lagi malas-malasnya mengerjakan skripsi.
14. **Kanda-kanda Himafi 2015 dan Himafi 2016** yang telah banyak memberikan masukan, motivasi baik akademik maupun non-akademik.
15. Adik-adik **Himafi 2018 (Nunu, Vika, Zefannya, Iis, Aslan dan adik-adik yang lain)** yang telah memberikan semangat kepada penulis.
16. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu-persatu yang telah memberikan semangat, motivasi dan saran sehingga skripsi in terselesaikan dengan baik.

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya. Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunian-Nya.

**Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.**

Makassar, 03 Juni 2021



Asni Damayanti

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERTANYAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
II.1 Seng Oksida (ZnO).....	3
II.2 Kitosan.....	4
II.3 <i>Self-Cleaning</i> .....	4
II.4 Kain Wol .....	6
II.5 Metode <i>Sol-Gel</i> .....	6
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	8
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	8
III.2.1 Alat Penelitian.....	8
III.2.2 Bahan Penelitian.....	8
III.3 Prosedur Penelitian.....	9
III.3.1 Persiapkan Sampel .....	9
III.3.2 Preparasi Nanokomposit ZnO/Kitosan .....	9
III.4 Karakterisasi.....	10
III.5 Uji <i>Self-Cleaning</i> .....	10

III.6 Bagan Alir Penelitian .....	11
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	12
IV.1 Analisis <i>X-ray Diffraction</i> (XRD) .....	12
IV.2 Analisis <i>Fourier transform infrared</i> spektrofotometer (FT-IR) .....	13
IV.3 <i>Band Gap</i> .....	14
IV.4 Uji <i>Self-Cleaning</i> .....	15
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	18
V.1 Kesimpulan .....	18
V.2 Saran .....	18
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	19
<b>LAMPIRAN</b> .....	25

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur ZnO (a) <i>Rocksalt</i> , (b) <i>Zinc blende</i> , dan (c) <i>Wurtzite</i> .....	3
<b>Gambar 2.2</b> Mekanisme <i>self-cleaning material</i> .....	5
<b>Gambar 3.1</b> Bagan Alir Penelitian.....	11
<b>Gambar 4.1</b> (a) Kurva XRD komposit ZnO/kitosan dan (b) Perbesaran kurva XRD komposit ZnO/kitosan.....	12
<b>Gambar 4.2</b> Spektrum FT-IR komposit ZnO/kitosan (a) komposit ZnO/kitosan pH 5 (b) komposit ZnO/kitosan pH 7 (c) komposit ZnO/kitosan pH 9.....	14
<b>Gambar 4.3</b> <i>Band gap</i> komposit ZnO/kitosan (a) komposit ZnO/kitosan pH 5 (b) komposit ZnO/kitosan pH 7 (c) komposit ZnO/kitosan pH 9.....	15
<b>Gambar 4.4</b> Degradasi zat pewarna pada kain wol berlapis ZnO/kitosan pada penelitian ini (a), dibandingkan dengan degradasi zat pewarna dari referensi (b).....	16

## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Perbandingan ukuran kristal dengan *band gap* dengan variasi pH.....13

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil merupakan salah satu faktor terpenting yang menunjang perekonomian dan meningkat setiap tahunnya [1]. Salah satu tekstil yang banyak diminati oleh peneliti adalah tekstil dari wol karena memiliki sifat *self-cleaning*. Tekstil yang memiliki sifat ini telah banyak dikembangkan karena dengan meningkatnya aktifitas masyarakat, maka waktu luang yang di miliki menjadi sangat terbatas [2]. Sehingga salah satu permasalahan yang di hadapi masyarakat di era terbatas ini adalah masyarakat cenderung ingin mendapatkan sesuatu dengan mudah seperti kemudahan dalam membersihkan pakaian.

Salah satu pemanfaatan material yang dibutuhkan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu *self-cleaning material*. *Self-cleaning material* adalah bahan yang apabila terkena noda dapat membersihkan dirinya sendiri secara otomatis dengan bantuan radiasi matahari, sifat ini juga disebut sifat fotokatalis. Salah satu material yang memiliki sifat fotokatalis yaitu ZnO sehingga dapat memberikan sifat *self-cleaning*. Selain bersifat fotokatalis, ZnO juga memiliki beberapa kelebihan lain, seperti stabilitas fisik dan kimia yang baik, biaya rendah, ramah lingkungan, memiliki celah pita energi yang lebar dan tidak beracun [3-5]. Keunggulan lainnya juga terdapat pada stabilitas termal yang tinggi dan sintesis yang lebih murah dan mudah. Selain karena kelebihannya tersebut, ZnO juga dipercaya di bidang *self-cleaning* karena keterbasahannya (*hydrophobic* dan *hydrophily*) [6].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Tran Thi dkk (2017) material ZnO dapat dimanfaatkan sebagai alternatif *self-cleaning material*. Noda yang terdapat pada kain yang mengandung ZnO hampir hilang setelah 15 jam di bawah iradiasi UV pada pH 9-10. Salah satu bahan yang dapat meningkatkan efisiensi dari *self-cleaning* yang menggunakan bahan dasar ZnO yaitu kitosan. Kitosan merupakan polimer alami yang bersifat biodegradasi dan tidak beracun. Selain itu kitosan memiliki sifat *adsorpsi* yang baik untuk pewarna. Senyawa kitosan aktif mendegradasi zat warna seperti metilen biru dan hijau perunggu [7].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Li dkk, (2018) dengan mengevaluasi adsorpsi dan desorpsi bau makanan pada berbagai jenis kain, yakni wol, katun dan kasa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan hasil terbaik pada sampel kain wol dengan analisis GC-MS, sensorik dan pembersihan [8]. Kemampuan sifat *self-cleaning* pada material dapat diwujudkan dengan melakukan modifikasi tekstil melalui pelapisan senyawa oksida logam [2]. Jenis tekstil yang dapat dimanfaatkan dalam pengaplikasian sifat *self cleaning* yaitu kain wol. Selain dapat mengurangi fotodegradasi, kain wol juga memiliki struktur komposit yang terdiri dari fibril dengan struktur  $\alpha$ -keratin yang tertanam didalam serat kain wol, serta memiliki ketahanan kelembutan yang luar biasa sehingga menjadikannya sebagai serat yang unggul [9, 10].

Beberapa teknik sintesis ZnO telah dilakukan salah satunya adalah dengan metode *sol-gel*. Proses *sol-gel* terbukti telah menjadi salah satu metode yang paling efektif untuk persiapan nanomaterial karena memiliki keunggulan seperti biaya rendah, suhu pemrosesan rendah dan proses operasi yang sederhana [11]. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, maka dilakukan penelitian mengenai nanokomposit ZnO/kitosan yang diaplikasikan pada kain wol dengan konsentrasi pH yang berbeda yaitu pH 5, pH 7 dan pH 9 dengan menggunakan tingkat metilen biru sebagai contoh noda yang akan dibersihkan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh pH terhadap sifat *self-cleaning* nanokomposit ZnO/kitosan?
2. Bagaimana pengaruh waktu penyinaran terhadap kemampuan sifat *self-cleaning* nanokomposit ZnO/kitosan?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

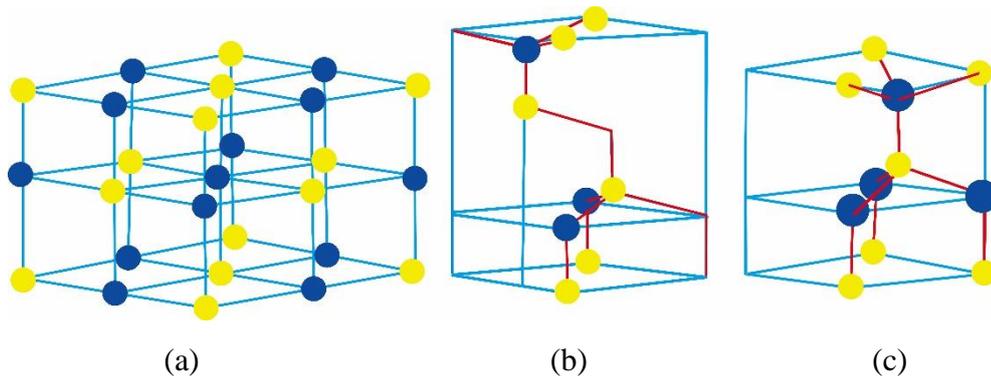
1. Menganalisis pengaruh pH terhadap sifat *self-cleaning* nanokomposit ZnO/kitosan.
2. Menganalisis pengaruh waktu penyinaran terhadap kemampuan sifat *self-cleaning* nanokomposit ZnO/kitosan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan material semikonduktor tipe-n dari unsur golongan II B dan VI A yang memiliki celah pita energi yang lebar ( $\sim 3,3$  eV pada suhu kamar) dan energi ikat eksitasi 60 meV [5,12-14]. Salah satu ciri khas yang dimiliki oleh ZnO yaitu senyawa kimianya dapat berkaitan dengan senyawa lainnya [15]. Struktur kristal ZnO ada tiga jenis yaitu *wurtzite* heksagonal, *zinblende* kubik dan kubik *rocksalt*. Struktur *wurtzite* heksagonal adalah struktur yang paling stabil dibandingkan dengan struktur *zinblende* kubik dan kubik *rocksalt*. *Zinc blende* kubik dapat stabil jika tumbuh pada substrat dengan struktur kisi kubik. Sedangkan kubik *rocksalt*, struktur yang jarang diamati [5].



**Gambar 2.1** Struktur ZnO (a) *Rocksalt*, (b) *Zinc blende*, dan (c) *Wurtzite* [16]

ZnO sudah banyak digunakan oleh industri manufaktur seperti dalam pembuatan kosmetik, obat-obatan, plastik, sabun dan tekstil [17]. Selain itu, ZnO juga menjanjikan dalam pemanfaatannya sebagai material fotokatalis karena memiliki kelebihan seperti ramah lingkungan, biokompatibilitas, tidak beracun, fotosensitifitas yang baik, stabilitas fisik dan kimia yang baik dan murah [3,18-19]. ZnO juga dapat digunakan sebagai bahan kosmetik tabir surya untuk memberikan perlindungan dari radiasi UV sebagai obat anti bakteri, dan desinfektan. Material ini cenderung bersifat hidrofobisitas, yang memberikan keuntungan tambahan dalam meningkatkan efisiensi adsorpsi dan oksidasi pada permukaan materialnya [3,20]. ZnO memiliki keunggulan dibandingkan

fotokatalis material lainnya seperti memiliki stabilitas termal yang lebih tinggi dan sintesis yang lebih mudah dan murah. ZnO juga telah dipelajari di bidang *self-cleaning material* karena keterbasahannya (hidrofobik dan hidrofilik) [6].

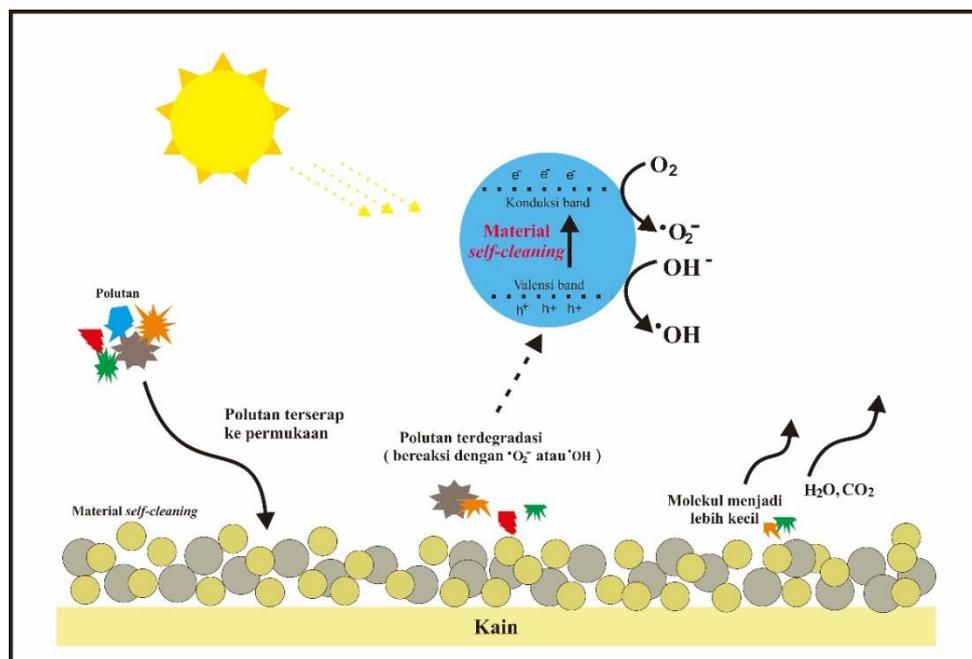
## II.2 Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami yang diperoleh dari cangkang udang dan kepiting, yang telah digunakan sebagai pembalut luka dan tidak beracun [21,22]. Kitosan memiliki sifat biokompatibilitas, biodegradabilitas, antimikroba dan tidak beracun [23]. Disamping itu, material ini memiliki ketersediaan yang melimpah sehingga membuatnya dapat dimanfaatkan pada banyak aplikasi seperti pada pengolahan air limbah, aplikasi di bidang farmasi dan biomedis, industri makanan dan pertanian [24]. Selain itu, kitosan memiliki sifat adsorpsi yang sangat baik untuk pewarna, turunan senyawa fenolik dan logam berat karena memiliki gugus amino (-NH<sub>2</sub>) dan hidroksil (-OH) dalam struktur polimernya, yang bertindak sebagai tempat *adsorpsi* [4].

## II.3 Self-Cleaning

*Self-cleaning material* adalah bahan yang apabila terkena noda dapat membersihkan dirinya sendiri secara otomatis dengan bantuan radiasi matahari. Jenis lapisan *self-cleaning* ada dua yaitu permukaan hidrofobik dan hidrofilik. *Self-cleaning* hidrofobik, menolak air atau dikenal sebagai efek lotus, dengan sifat keterbasahan rendah dan sudut kontak  $>90^\circ$ . Semakin tinggi sudut kontak maka semakin rendah kemampuan adhesi pada permukaan dan semakin meningkat hidrofobitasitas [25-28]. Karena permukaan hidrofobitasitas dimana tetesan air akan bergelinding dan mudah membawa partikel kotoran yang menempel. Selain itu proses *self-cleaning* tidak mudah diterapkan pada kain katun yang memiliki serat longgar. Sedangkan untuk *self-cleaning* hidrofilik dikenal sebagai efek fotokatalitik, penggunaan fotoaktif katalis dapat menghancurkan polutan yang kotor dibawah iradiasi cahaya melalui reaksi fotooksidasi dan fotoreduksi [3]. Hidrofilik memiliki keterbasahan tinggi dan sudut kontak sekitar  $0^\circ$ . Oleh karena itu air terletak rata di permukaan dalam lembaran [28]. Kedua permukaan tersebut dapat memberikan efek *self-cleaning* [29].

Sifat *self-cleaning* bekerja dengan prinsip fotokatalis, dimana saat permukaan mendapatkan bantuan radiasi sinar matahari seperti proses pengeringan, adsorpsi dan fotodegradasi dapat terjadi secara bersamaan. Air dan oksigen yang terabsorpsi memainkan peran penting dalam *self-cleaning*, yang bekerja sebagai prekursor [30]. Seperti pada Gambar 2.1 energi dari sinar matahari mengeksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi dari material *self-cleaning*. Elektron tereksitasi ke pita konduksi tersebut kemudian ke permukaan material *self-cleaning* dan bereaksi dengan ( $O_2$ ) untuk menghasilkan radikal oksigen atau superoksida ( $O_2^-$ ) dan kekosongan (*hole*) yang tersisa di pita valensi dapat bereaksi dengan  $H_2O$  untuk membentuk radikal hidroksil ( $OH$ ). Radikal superoksida dan hidroksil adalah spesies pengoksidasi yang sangat kuat yang mampu merusak zat pewarna dipermukaan dengan memecah molekul-molekul menjadi tak berwarna,  $CO_2$  dan air yang menyebabkan efek *self-cleaning*[4, 39, 41]. Dengan melapisi permukaan dengan material semikonduktor yang memiliki sifat *self-cleaning*, senyawa organik yang tidak diinginkan, misalnya: mikroorganisme, bau dan noda dapat dihilangkan setelah disinari oleh sinar UV baik dari matahari maupun dari penerangan internal [31].



**Gambar 2.2** Mekanisme *self-cleaning material* [3].

## II.4 Kain Wol

Wol merupakan serat protein alami yang diperoleh dari hewan misalnya domba. Wol telah banyak digunakan dalam produksi bahan pakaian dan tekstil seperti di bidang medis, otomotif, dekorasi dan sebagai subjek penelitian ilmiah. Struktur wol terdiri dari fibril dan struktur  $\alpha$ -keratin yang tertanam didalam serat kain. Lapisan luar memiliki ketebalan 2,5 nm yang disebut epikuctle yang dilapisi dengan lapisan asam lemak. Kain wol terkenal dengan ketahannya dan kelembutannya. Selain itu, dapat mengurangi fotodegradasi, penyusutan wol dan saat ini wol telah menanamkan fitur baru seperti *self-cleaning* dan aktivitas antimikroba [9,10].

## II.5 Metode Sol-Gel

Metode *sol-gel* merupakan metode pembuatan partikel dalam orde nano, yang menggunakan teknik basah karena melibatkan larutan [32]. *Sol-gel* adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan terutama untuk menghasilkan film tipis dan katalis bubuk [33]. Selain itu metode *sol-gel* memiliki keunggulan seperti biaya rendah, homogenitas yang baik, kemurnian tinggi, suhu pemrosesan rendah dan operasi yang sederhana [34,35]. Pada *sol-gel*, mengalami perubahan fase dari *sol* menjadi *gel*, tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar dari pada *sol*. *Sol* adalah suatu suspensi koloid dimana fasa terdispersi berupa zat padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat dalam larutan dibuat dengan menggunakan metal alkoxsi dan dihidrolisis dengan menggunakan air, untuk menghasilkan partikel padatan metal hidroksida dalam larutan, dan terjadi reaksi hidrolisis. Sedangkan *gel* adalah jaringan partikel atau molekul, baik berupa padatan maupun cairan, polimer didalam larutan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik [32].

Proses metode sol-gel meliputi 4 tahap yaitu hidrolisis, kondensasi, pematangan (*ageing*), dan pengeringan. Pada tahap pertama, logam digunakan sebagai prekursor yang dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan zat cair pada saat kondisi asam, netral, basa dan menghasilkan sol koloid. Setelah mengalami reaksi hidrolisis, maka terjadi reaksi kondensasi,

dimana perubahan transisi dari *sol* menjadi *gel*. Setelah terjadi reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan (*ageing*), proses pematangan *gel* yang relatif lebih padat, kaku, kuat. Kemudian pada proses terakhir dilakukan pengeringan yang dipanaskan pada pemanasan dengan temperatur dan waktu yang ditentukan untuk memperoleh *sol-gel* [35-38].