

## Sintesis Komposit Bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Fenol

### Synthesis of Bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite and the Application in Photodegradation of Phenol Solution

<sup>1)</sup>Musdalifah, <sup>2)</sup>Muhammad Syahrir, <sup>3)</sup>Suriati Eka Putri

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Makassar., Jalan Dg. Tata Raya, Makassar 90224

Email: [althfnmsa.ifah04@gmail.com](mailto:althfnmsa.ifah04@gmail.com)

#### ABSTRAK

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil sintesis dan mengetahui pengaruh waktu penyinaran terhadap kemampuan komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam fotodegradasi fenol. Aktivasi bentonit dengan menggunakan HCl dan dikarakterisasi menggunakan XRD dan komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disintesis menggunakan metode impregnasi dan dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD dan SEM-EDX. Fotodegradasi fenol konsentrasi 10 ppm pada variasi waktu penyinaran 60 menit ; 120 menit ; 180 menit ; 240 menit ; 300 menit. Pengukuran hasil fotodegradasi fenol menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 270 nm. Hasil karakterisasi menggunakan XRD pada bentonit teraktivasi menunjukkan kesesuaian puncak 2 $\theta$  dengan montmorillonit. Pada difraksi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terdapat puncak baru yang terindikasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan bahwa komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> telah tersintesis. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM-EDX menunjukkan bahwa pembentukan partikel Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang ditandai dengan hasil EDX dengan persentase Fe sebesar 12,77 % dan O sebesar 57,76 %. Komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mampu mendegradasi fenol pada konsentrasi 10 ppm sebesar 45,70 % pada waktu optimum 180 menit. Sedangkan pada konsentrasi yang sama kemampuan fotodegradasi bentonit adalah sebesar 1,22 %, Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan fotodegradasi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih besar dibandingkan bentonit.

**Kata Kunci:** *Komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fotokatalis, Fotodegradasi, Fenol*

#### ABSTRACT

This research is an experimental study that aims to determine the characteristics of the synthetic bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite and to determine the effect of irradiation time on the ability of bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite in phenol photodegradation. Activation of bentonite using HCl and characterized by XRD and bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite was synthesized using impregnation method and characterized by XRD and SEM-EDX instruments. Photodegradation with concentration of phenol at 10 ppm and irradiation time variation at 60, 120, 180, 240 and 300 minutes. Measurement of photodegraded phenol using a UV-Vis Spectrophotometer at a wavelength of 270 nm. The results of characterization by XRD on activated bentonite

showed that the suitability of the 2 $\theta$  peak with montmorillonite. In that bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diffraction there is a new peak indicated by Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> indicating that the bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite has been synthesized. Morphological characterization using SEM-EDX showed that the formation of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles was indicated by the EDX results with the percentage of Fe of 12.77% and O of 57.76%. Bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite was able to degrade phenol at a concentration of 10 ppm by 45,70% at an optimum time of 180 minutes. Meanwhile, at the same concentration, the photodegradation ability of bentonite is 1.22%. This show that the photodegradation ability of bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is greater than of bentonite.

**Keywords:** *Bentonite-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite, Photocatalyst, Photodegradation, Phenol*

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang cukup pesat saat ini selain dapat memberi keuntungan yang besar juga membawa dampak meningkatnya produksi limbah, baik organik maupun anorganik. Limbah yang tidak diolah dengan baik dapat berperan besar pada pencemaran air. Beberapa industri yang memiliki potensi mencemari lingkungan antara lain industri batu bara, penyulingan minyak bumi, gas, tekstil, industri pulp dan kertas, rumah sakit bahkan rumah tangga dengan kandungan fenol dalam limbah cairnya. Limbah industri batu bara mengandung fenol dengan konsentrasi yang tinggi yakni 1700 mg/L hingga 7000 mg/L (Metcalf dan Eddy, 2003).

Fenol merupakan senyawa dengan gugus -OH yang terikat langsung pada cincin aromatic (Riswiyanto, 2009). Selain sifatnya yang karsinogenik (menyebabkan kanker) dan merusak organ manusia seperti ginjal dan hati fenol juga dapat merusak ekosistem akuatik jika terakumulasi dalam perairan dalam konsentrasi tinggi karena dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air (Sari, 2011). Oleh karena itu perlu adanya solusi untuk menurunkan

kadar fenol pada limbah cair sebelum kemudian dibuang ke lingkungan.

Upaya penanganan limbah fenol telah dilakukan secara konvensional seperti metode adsorpsi menggunakan zeolit dan karbon aktif hingga metode mutakhir menggunakan fotokatalitik reaktor. Metode adsorpsi kurang efektif dalam menyisihkan zat pencemar karena akan menghasilkan residu yang kemudian menjadi limbah kembali sedangkan metode mutakhir memerlukan biaya yang besar. Oleh karena itu salah satu upaya alternatif penyisihan fenol yaitu dengan metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis.

Metode fotodegradasi memerlukan energi dari cahaya baik itu cahaya matahari maupun lampu UV (*Ultra Violet*) untuk menghasilkan radikal hidroksil. Jika hanya mengandalkan cahaya matahari proses degradasi akan berlangsung lambat karena intensitas cahaya matahari yang lemah. Untuk itu dibutuhkan fotokatalis berupa oksida logam dengan sifat semikonduktor antara lain ZnO, TiO<sub>2</sub>, CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan sebagainya.

Fotokatalisis dalam prosesnya memiliki kelemahan pada daya adsorpsinya sehingga oksida logam perlu dikombinasikan dengan adsorben yaitu bentonit.

Bentonit merupakan jenis tanah lempung yang mengandung 80 % montmorillonit. Mineral montmorillonit memiliki sifat unik seperti kemampuan mengembang (*swelling*), kapasitas tukar kation yang tinggi dan dapat diinterkalasi (Widihati, 2009). Oleh karena itu bentonit dapat dimodifikasi dengan memasukkan spesies partikel lain diantara lembarannya atau disebut interkalasi. Modifikasi bentonit dapat meningkatkan luas permukaan sehingga meningkatkan daya adsorpsi dan kemampuan dalam mendegradasi melalui proses fotokatalisis.

Fotodegradasi fenol telah dilakukan oleh Adriati, dkk. (2013) dengan fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Zeolit dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai agen pengoksidasi. Hasil degradasinya mencapai 100 % pada konsentrasi fenol 100 mg/L. Pengembanan oksida besi pada silika juga dilakukan oleh Kunarti, dkk. (2009) yang juga digunakan pada fotodegradasi fenol. Hasil degradasi fenol mencapai 55,38% pada konsentrasi 50 mg/L. Berdasarkan informasi penelitian-penelitian sebelumnya maka pada penelitian ini dilakukan modifikasi bentonit dengan oksida logam (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang diharapkan mampu meningkatkan kemampuan mendegradasi fenol.

## METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Seperangkat alat gelas, *magnetic stirrer*, hot plate, oven,

*shaker*, tanur, ayakan mesh, *stopwatch*, neraca analitik, corong buchner, pH meter, pompa vakum, mortar, lumpang, botol semprot, termometer 110 °C, reaktor UV, lampu Philips TUV 15W/G15 T8 ( $\lambda = 360$  nm), *X-ray Diffraction* (XRD) merk Rigaku Mini Flex, *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectrofotometer* (SEM-EDX) merk Hitachi Flexem 1000, Spektrofotometer UV-Vis (2450 Shimadzu).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Serbuk bentonit, larutan fenol, larutan FeCl<sub>3</sub> 0,2 M, padatan natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), larutan perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>) 0,1 N, larutan asam klorida (HCl) 3 M, akuabides, akuades, kertas saring *whatman*, kertas saring biasa, aluminium foil dan indikator universal.

### B. Prosedur Kerja

#### Preparasi Sampel Bentonit

Bentonit dikeringkan pada suhu 105 °C. Bentonit kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh.

#### Aktivasi Bentonit

40 g bentonit diaktivasi dengan HCl 3 M dan diaduk selama 3 jam pada suhu 100 °C. Bentonit yang telah dipanaskan kemudian dicuci dengan akuades hingga mencapai pH netral serta bebas dari ion Cl<sup>-</sup> (pengecekan dilakukan menggunakan larutan AgNO<sub>3</sub> hingga tidak terbentuk endapan putih). Padatan dikeringkan kemudian serbuk bentonit diayak dan dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectrofotometer* (SEM-EDX).

### Sintesis Komposit Bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Bentonit yang telah diaktivasi dilarutkan akuades dan diaduk selama 3 jam hingga membentuk suspensi yang homogen. Pada wadah lain larutan pemilar dibuat dengan menambahkan 5,3 g padatan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sedikit demi sedikit kedalam 250 mL larutan FeCl<sub>3</sub> 0,2 M sambil diaduk selama 3 jam. Larutan pemilar kemudian dicampurkan kedalam suspensi bentonit kemudian diaduk selama 3 jam.

Selanjutnya didiamkan hingga terbentuk endapan. Endapan kemudian dicuci hingga mencapai pH netral serta bebas dari ion Cl<sup>-</sup> (pengecekan dilakukan menggunakan larutan AgNO<sub>3</sub> hingga tidak terbentuk endapan putih). Selanjutnya endapan dikeringkan dan padatan kemudian digerus dan diayak dengan pengayak ukuran 100 mesh. Selanjutnya serbuk halus dikalsinasi dalam tanur pada suhu 600 °C selama 5 jam. Komposit digerus pelan-pelan hingga menjadi serbuk halus dan diayak kembali dengan pengayak ukuran 100 mesh. Komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) untuk mengidentifikasi fasa, bentuk kristal dan kandungan serta SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat morfologi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### Penentuan waktu optimum degradasi fenol

Larutan fenol dengan konsentrasi 10 ppm dimasukkan kedalam 5 buah erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kedalam masing-masing erlenmeyer, campuran kemudian diaduk dalam shaker dan diradiasi dengan sinar UV selama variasi waktu 60 menit, 120

menit, 180 menit, 240 menit dan 300 menit. Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali (triplo). Setelah diaduk campuran kemudian disaring untuk memisahkan komposit dengan filtratnya. Filtrat dari masing-masing variasi diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm.

### Penentuan efektivitas pendegradasi

Larutan fenol konsentrasi 10 ppm ditambahkan 100 mg bentonit. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan *shaker* dan diradiasi dengan sinar UV selama 180 menit. Campuran kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm. Perlakuan yang sama dilakukan untuk degradasi larutan fenol terhadap bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan larutan fenol sebagai pembanding. Setiap sampel pengujian dilakukan dengan radiasi sinar UV dan tanpa radiasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Preparasi sampel bentonit

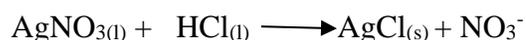
Preparasi bentonit meliputi pengeringan untuk menguapkan air yang terjebak dalam pori selanjutnya dilakukan penyamarataan ukuran bentonit dengan pengayak berukuran 100 mesh.

### B. Aktivasi Bentonit

Bentonit hasil preparasi kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan asam klorida (HCl) 3 M. Penggunaan asam sebagai aktivator bertujuan untuk melarutkan komponen-komponen meliputi MgO, CaO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terdapat pada ruang antar lapis bentonit selanjutnya ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> akan

digantikan oleh ion H<sup>+</sup> dari asam (Komadel, 2003). Larutan asam klorida mampu melarutkan senyawa yang bersifat anorganik serta mempunyai kemampuan untuk mendonorkan ion hidrogen (Sadiana, 2017). Proses aktivasi bentonit menggunakan HCl ini akan menghasilkan bentonit dengan keasaman permukaan yang lebih besar, sisi aktif yang lebih besar serta pori menjadi lebih terbuka akibat pelarutan zat pengotornya. Sehingga diharapkan kemampuan adsorbsinya akan lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum aktivasi (Lathifah, 2019).

Setelah proses aktivasi bentonit dengan HCl, kemudian dicuci menggunakan akuades hingga pH filtrat netral. Pencucian dilakukan untuk memisahkan ion klor (Cl<sup>-</sup>) dari campuran berdasarkan sifat ion klor yang mudah larut dalam air (Faisal, 2015). Keberadaan ion ini dapat diketahui dengan meneteskan larutan perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>) pada filtrat hasil penyaringan yang ditandai dengan terbentuknya endapan putih.



### C. Sintesis dan karakterisasi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Sintesis komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibuat dengan mencampurkan suspensi bentonit teraktivasi dengan larutan FeCl<sub>3</sub> 0,2 M yang ditambahkan padatan natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) sehingga menghasilkan endapan besi karbonat (Fe<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>). Reaksi yang terjadi adalah :



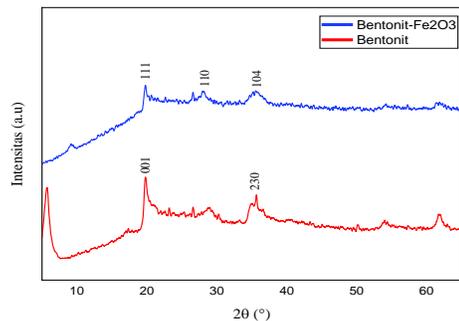
Sintesis ini dilakukan menggunakan metode impregnasi dengan pelarut akuades. Campuran diaduk selama 3 jam agar Fe<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> dapat terimpregnasi secara sempurna kedalam pori bentonit. Pengadukan secara konstan juga dilakukan agar proses impregnasi terjadi secara homogen. Campuran dikeringkan untuk menguapkan pelarut menggunakan oven. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi pada suhu 600 °C untuk mengubah logam kompleks menjadi oksida logam dan karbon dioksida (Riskiyani, 2019) dengan reaksi sebagai berikut :



Selain untuk membentuk oksida logam kalsinasi juga dapat melepaskan molekul air, senyawa volatil serta senyawa-senyawa organik yang terperangkap dalam pori-pori komposit (Sadiana, 2017).

### D. Karakterisasi dengan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk menganalisa komposisi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan melihat perbandingan struktur kristal antara bentonit teraktivasi dengan setelah dilakukan impregnasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada bentonit. Berdasarkan difraktogram yang ditampilkan terdapat puncak 2θ dengan intensitas yang tajam pada daerah 2θ = 20,02<sup>o</sup>, 34,86<sup>o</sup> dan 61,90<sup>o</sup> pada bentonit teraktivasi. Puncak-puncak tersebut dapat mengindikasikan adanya montmorillonite (Ayodele, 2012) dimana montmorillonite merupakan salah satu mineral penyusun bentonit yang paling banyak.

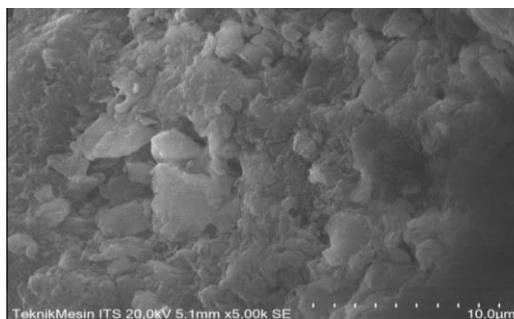


**Gambar 1.** Difraktogram bentonit teraktivasi dan bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

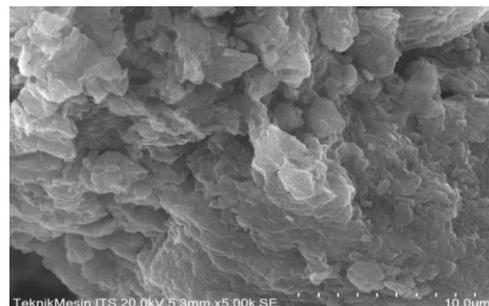
Berdasarkan difraktogram bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan munculnya puncak baru yaitu pada daerah  $2\theta = 35,65^\circ$ . Pada puncak tersebut terdapat kecocokan dengan database JCPDS 39-1346 yang mengindikasikan adanya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dimana puncak tersebut adalah puncak khas dari hematit yang menunjukkan bahwa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> telah berhasil terimpregnasi. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif XRD diperoleh Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fasa hematit sebanyak 20%.

#### E. Karakterisasi dengan SEM-EDX

Karakterisasi menggunakan SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui morfologi dan masing-masing komposisi bentonit sebelum dan setelah impregnasi.



(a)



(b)

**Gambar 2.** Hasil analisis SEM (a) Bentonit teraktivasi (b) Bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Berdasarkan analisis morfologi menggunakan SEM pada bentonit teraktivasi menunjukkan adanya pori yang terbentuk dari proses penghilangan zat pengotor yang membuat pori bentonit lebih terbuka. Pada bentonit terimpregnasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terdapat struktur yang menutupi pori dan menempel pada permukaan bentonit yang tersebar secara acak yang diduga sebagai Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### F. Penentuan waktu optimum degradasi fenol

Variasi waktu degradasi dilakukan untuk menentukan waktu optimum degradasi larutan fenol oleh bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penentuan waktu optimum dilakukan dengan mencampurkan komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan larutan fenol pada konsentrasi 10 ppm dan dengan berbagai waktu kontak yaitu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit dan 300 menit pada tiga keadaan. Waktu kontak optimum ditentukan dari nilai persentase degradasi yang paling besar.

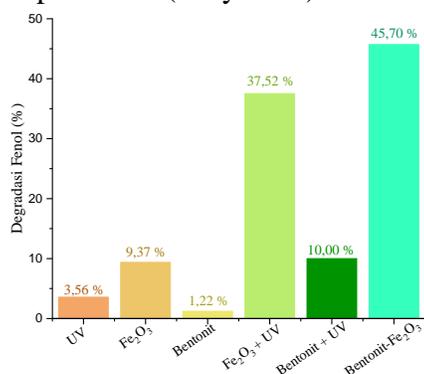
**Tabel 1.** Hasil fotodegradasi rata-rata terhadap variasi waktu

Waktu (menit)	Fotodegradasi Rata-rata (%)
60	15,85
120	22,55
180	66,81
240	30,30
300	19,23

Berdasarkan data yang diperoleh dari setiap keadaan persentase degradasi dari 60 menit pertama hingga 180 menit terjadi peningkatan yang signifikan selanjutnya pada waktu kontak 240 menit terjadi penurunan kemampuan degradasi. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak optimal berada pada 180 menit. Pengujian secara tiga keadaan (triplo) untuk mengetahui keakuratan data pada keadaan yang berbeda-beda.

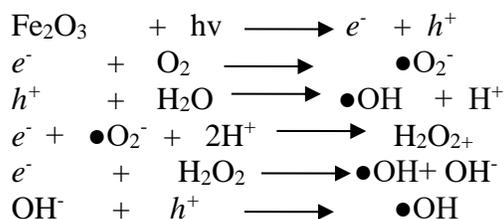
### G. Penentuan efektivitas pendegradasi

Penentuan efektivitas material untuk degradasi fenol dilakukan menggunakan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, bentonit, bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan menggunakan radiasi sinar UV dan tanpa radiasi UV serta tanpa katalis (hanya UV).

**Gambar 3.** Diagram persentase degradasi fenol

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil fotodegradasi dengan penggunaan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tanpa menggunakan UV menghasilkan persentase degradasi sebesar 9,37 %. Hal ini terjadi karena katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kurang efektif dalam membentuk radikal hidroksil karena tidak terdapat energi foton dari sinar UV yang mengenai katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sedangkan pada penggunaan sinar UV diperoleh persentase sebesar 37,52%. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas fotodegradasi yang terjadi saat fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> disinari UV. Dimana reaksi ini menyebabkan adanya perpindahan atau eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi pada fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Elektron yang berpindah ini menimbulkan adanya hole (lubang elektron) pada pita valensi yang bermuatan positif. Hole tersebut akan berinteraksi dengan air menyebabkan terbentuknya radikal •OH dimana radikal ini merupakan oksidator kuat yang dapat mendegradasi fenol. Elektron pada pita konduksi akan berinteraksi dengan O<sub>2</sub> menghasilkan O<sub>2</sub><sup>-</sup>. Radikal dan ion inilah yang akan mendegradasi fenol menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Kesumaningrum, 2011). Proses pembentukan radikal dan elektron ditunjukkan pada reaksi berikut :



Fotodegradasi tanpa fotokatalis (hanya UV) menunjukkan sebanyak 3,56% fenol terdegradasi, pada kondisi ini hanya terjadi proses katalisis air yaitu ketika molekul H<sub>2</sub>O menyerap energi foton ( $h\nu$ ) sehingga terjadi penguraian H<sub>2</sub>O menjadi •OH, H<sup>+</sup>, dan elektron. Selanjutnya penggunaan komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menghasilkan persentase penurunan konsentrasi fenol yang paling besar yaitu 45,70%. Hal ini menunjukkan bahwa pendegradasi bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan radiasi sinar UV paling efektif digunakan dalam degradasi fenol.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat disintesis dengan metode impregnasi yang ditandai dengan kesesuaian pola difraksi 2 $\theta$  dan diperoleh persentase atom O sebanyak 57,76 %, Al 7,69 %, Si 19,27 % dan Fe 12,77 %. Komposit bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil sintesis mampu mendegradasi fenol pada waktu kontak fotodegradasi optimal 180 menit dengan persentase hasil fotodegradasi hingga 45,70 %.

### B. Saran

Ada pun hal yang disarankan berkaitan dengan penelitian ini adalah perlu dilakukan aplikasi fotodegradasi pada limbah fenol yang berasal dari lingkungan serta analisis lebih lanjut pada larutan fenol setelah fotodegradasi dengan instrumen GC (Gas Chromatography).

## DAFTAR PUSTAKA

Adriati, Marina ; Ahmad Suseno ; Taslimah. 2013. *Modifikasi*

*Zeolit Alam Menggunakan Besi (Fe) dan Kobalt (Co) untuk Katalis Degradasi Fenol.* Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. Vol. 16: 1-5.

Ayodele, O.B ; J.K. Lim ; B.H. Hameed. 2012. *Pillared Montmorillonite Supported Ferric Oxalate as Heterogeneous Photo-Fenton Catalyst for Degradation of Amoxicillin.* Applied Catalysis A : General. Vol. 413: 301-309.

Faisal, Marwan., Suhartana. Pardoyo. 2015. *Zeolit Alam Termodifikasi Logam Fe sebagai Adsorben Fosfat (PO<sub>4</sub> 3-) pada Air Limbah.* Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. Vol. 18: 91-95.

Kesumaningrum, Juwita ; Nor Basid Adiwibawa Prasetya ; Ahmad Suseno. 2011. *Adsorpsi Fenol TiO<sub>2</sub>/Zeolit Artificial Berbahan Dasar Sekam Padi dan Limbah Kertas.* Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. Vol 14: 26-31.

Komadel, P. 2003. *Chemically Modified Smectites.* Clay Minerals. Vol 38: 127-138.

Kunarti, Eko Sri ; Endang Tri Wahyuni ; Feri Eka Hermawan. 2009. *Pengujian Aktivitas Komposit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi 4-Klorofenol.* Jurnal Manusia dan Lingkungan. Vol. 16: 54-64.

Lathifah, Tiva., Nia Yuliani., dan Gladys Ayu PKW. 2019. *Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Adsorben dalam Pemurnian Pelumas Bekas.* Jurnal Sains Natural

- Universitas Nusa Bangsa. Vol 9: 1-10.
- Riskiani, Ermin ; Iryanti Eka Suprihatin ; James Sibarani. 2018. *Fotokatalis Bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue*.
- Alam Magnetit Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue*. Sains dan Terapan Kimia. Vol 11: 90-102.
- Sari, Putik Novanda. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Molecular Imprinted Polymer Terimpregnasi TiO<sub>2</sub> dengan Asam Metakrilat sebagai Monomer serta Uji Aktivitasnya untuk Degradasi Fotokatalitik Fenol*. Skirpsi. Universitas Airlangga.
- Indonesian Journal of Applied Chemistry. Vol. 7: 46-54.
- Riswiyanto. 2009. *Kimia Organik*. Jakarta Penerbit Erlangga.
- Sadiana, I Made., Abdul Hajranul Fatah., dan Karelius. 2017. *Sintesis Komposit Lempung*
- Widi, Restu Kartiko ; Emma Savitri ; Arief Budhyantoto ; Robert Yasaputera ; Johan Gunardi. 2018. *Application of Photocatalyst Material Bentonite Ti Based as Antimicrobial Paint*. Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. Vol. 10: 2498-2503.