

PENURUNAN KADAR LOGAM DALAM LIMBAH AIR SUNGAI DENGAN MENGGUNAKAN MINERAL ALAM INDONESIA YANG TEREMBAN TiO_2

Diana Rakhmawaty Eddy¹, Iwan Hastiawan¹, Yusi Deawati¹

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor Sumedang, Jawa Barat
Tlp/fax : (022) 7794391
of email : diana.rahmawati@unnad.ac.id

Abstrak. Pencemaran air merupakan masalah yang sangat mengkhawatirkan, terutama pencemaran oleh limbah cair yang berasal dari industri. Saat ini, metode fotokatalisis tengah dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk mendegradasi zat berbahaya pada limbah cair menjadi zat yang tidak berbahaya. Zeolit alam asal Tasikmalaya Jawa Barat diaktivasi, lalu dimodifikasi dengan TiO_2 membentuk fotokatalis, dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu tinggi. Lalu dilakukan karakterisasi fotokatalis dengan difraksi sinar X dan uji morfologi struktur dengan SEM yang menunjukkan TiO_2 telah terimobilisasi pada zeolit alam. Proses fotokatalisis dilakukan terhadap sampel air yang terkontaminasi limbah cair, dengan menggunakan radiasi sinar ultraviolet yang berasal dari lampu merkuri. Untuk mengetahui keefektifan fotokatalis TiO_2 -zeolit dalam mendegradasi limbah cair melalui metode fotokatalisis, maka dilakukan pengujian pengurangan kadar logam berat dari sampel air sungai tersebut, dimana hasilnya kadar logam Fe dan logam Cr mengalami penurunan dan berada di bawah batas yang diperbolehkan terdapat di air sungai.

Kata Kunci : fotokatalisis, pencemaran, TiO_2 , zeolit alam

1. Pendahuluan

Berbagai upaya dan metode untuk mengatasi pencemaran limbah di perairan telah dilakukan, satunya adalah dengan metode fotodegradasi menggunakan suatu fotokatalis TiO_2 . Dengan metode fotokatalisis ini, limbah yang berbahaya akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang lebih aman untuk lingkungan. Metode ini memerlukan bahan semikonduktor TiO_2 , serta radiasi sinar ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang sesuai dengan energi celah yang dimiliki oleh bahan semikonduktor tersebut [1].

Untuk memperoleh fotokatalis yang lebih efisien dalam proses fotokatalisis maka dilakukan suatu preparasi dengan menambahkan suatu material pendukung. Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah zeolit alam yang berasal dari Tasikmalaya. Zeolit tersebut akan dicampurkan dengan TiO_2 dan kemudian akan disinari (diradiasi) oleh suatu sinar dengan panjang gelombang yang sesuai dengan energi celah yang dimiliki oleh semikonduktor tersebut [2].

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam mineral yang melimpah, di mana salah satunya adalah zeolit. Namun sayangnya mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal [3].

Pada penelitian sebelumnya, fotokatalis TiO_2 -zeolit yang telah kami lakukan pada tahun 2009 (Hibah DIKTI, Strategi Nasional) mampu mendegradasi **metylene blue** dan senyawa 2-propanol. Penelitian selanjutnya pada tahun 2012 (Hibah Bersaing Desentralisasi Unpad) telah dilakukan sebagai upaya penerapan dari metode fotokatalisis yang dilakukan terhadap sampel air sungai yang mengalami pencemaran. Keefektifan zeolit alam yang dimodifikasi dengan TiO_2 sebagai fotokatalis terlihat dari penurunan nilai COD dan mendegradasi zat warna.

Pada penelitian lanjutan ini telah dilakukan proses fotokatalisis untuk menurunkan logam Fe dan Cr yang terdapat dalam sampel air sungai, yang dapat mencemari

ter kualitas
memiliki
vilarn yang
si kondisi
analisis

mpatan

r sequiter
tuber ses

Patchouli
n cahlin

tification
al steam



2. Metode Penelitian

Mat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitis, corong Buchner, pengayak 325 *mesh*, kertas whatman 41, lakmus universal, tungku (*furnace*) daerah kerja suhu 450-550°C, *mortar stirrer*, lampu ultraviolet (uv), *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan peralatan gelas lainnya seperti labu ukur, erlenmeyer, gelas kimia, pipet volum dan lain-lain.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam asal Cikalong, Tasikrnalaya, dan sampel air sungai yang diduga mengalami pencemaran. Adapun bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah air suling (H₂O), asam klorida 1M (HCl 1M), etanol absolut (C₂H₅OH p.a), dan titan dioksida (TiO₂) asal Jerman.

Prosedur Penelitian

Penyiapan Bahan Baku

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen di laboratorium yang meliputi tahapan pembuatan sampel fotokatalis dan pengujian karakterisasi. Selanjutnya sampel yang dibuat dilakukan pengujian aktivasi fotokatalisisnya dengan reaksi degradasi untuk fotodegradasi air yang tercemar limbah, dan kemudian kadar logam-nya ditentukan.

Aktivasi Zeolit Alam Cikalong dengan Menggunakan Asam Klorida 1 M

Ditimbang sampel zeolit 100 g lalu digerus dan diayak menggunakan pengayak 325 *mesh* setelah itu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL lalu ditambahkan larutan HCl 1M sampai 200 mL. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam, kemudian dibilas dengan *aquadest* sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 250°C selama 3 jam. Proses pengaktifasian dilakukan secara berulang-ulang sebanyak tiga kali prosedur. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Pembuatan Fotokatalis TiO₂-zeolit

Fotokatalis TiO₂-zeolit dibuat dengan pilarisasi titan dioksida terhadap zeolit Cikalong dengan variasi konsentrasi yaitu 1, 5, 10, 20, dan 50% (b/b) dengan jumlah total masing-masing fotokatalis TiO₂-zeolit sebesar 2 gram. Prosedur yang dilakukan yaitu dengan cara mencampurkan zeolit Cikalong yang telah diaktivasi dengan titan dioksida (TiO₂) asal Jerman dan etanol absolut (C₂H₅OH p.a). Perbandingan etanol absolut (C₂H₅OH p.a) yang digunakan yaitu 1:1 dengan jumlah titan dioksida (TiO₂). Setelah itu, campuran ketiga bahan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam. Fotokatalis yang terbentuk dipisahkan dengan penyaring kertas *Whatman* 41. TiO₂-zeolit yang dibuat dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 5 jam untuk membersihkan pori-pori dan partikel TiO₂ yang tidak terikat dengan baik pada permukaan zeolit. Setelah kering kemudian dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam. Fotokatalis yang telah terbentuk lalu dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Uji Fotodegradasi Air Sungai yang Tereemar

Uji fotodegradasi dilakukan dengan mengambil 50 mL sampel air sungai kemudian ditambahkan 50 mg fotokatalis dengan variasi persen TiO₂ teremban (1%, 5%, 10%, 20%, 50%), lalu diradiasi oleh lampu *ultraviolet* di atas *magnetic stirrer* selama 2 jam, kemudian diambil filtratnya untuk dihitung kadar logam setelah uji fotodegradasi. Uji fotodegradasi juga dilakukan dengan menggunakan TiO₂murni dan zeolit teraktivasi sebagai pembanding.

3. Hasil Dan Pembahasan

Preparasi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah zeolit alam asal Cikalong dan sampel air sungai yang diduga mengalami pencemaran yang berasal dari sungai Cikijing, Rancaekek, Bandung yang akan didegradasi dengan fotokatalisis menggunakan fotokatalis TiO₂-zeolit. Pada awalnya zeolit alam berbentuk bongkahan seperti batu sehingga harus dilakukan penggerusan, pada penelitian ini ukuran partikel zeolit dibentuk hingga 325 mesh, hal ini dilakukan untuk memperbesar luas permukaan zeolit, sehingga mampu untuk menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil.

Sampel air sungai yang digunakan berasal dari sungai Cikijing, Rancaekek, Bandung karena diduga mengalami pencemaran adanya sisa buangan dari industri, khususnya industri tekstil. Sampel air sungai ini akan diukur konsentrasi logam berat yang terkandung, dan kemudian direaksikan dengan fotokatalis TiO₂-zeolit, dan diukur kembali konsentrasi logam beratnya.

Aktivasi Zeolit Alam Asal Cikalong

Zeolit banyak mengandung kotoran (*impurities*) sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menghilangkan atau memisahkan zeolit dari kotoran-kotoran. Proses inilah yang dinamakan proses aktivasi zeolit.

Metode aktivasi ini dilakukan dengan cara kimia dengan menambahkan asam klorida 1 M. Penambahan asam klorida ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran, khususnya senyawa organik yang menutupi pori-pori zeolit, sehingga pori-pori zeolit akan lebih terbuka. Kapasitas atau daya saring mineral zeolit tergantung dari besarnya pori-pori dan jumlah ruang hampa dalam zeolit. Semakin besar pori-pori dan jumlah ruang hampa, maka semakin besar pula daya saring zeolit alam.

Aktivasi zeolit alam (ZA) melalui pengasaman dan hidrotermal menyebabkan terjadinya dealuminasi. Dealuminasi terjadi terutama pada proses refluks dengan konsentrasi larutan asam yang cukup tinggi, sehingga Al dalam kerangka terekstrak, misalnya pada konsentrasi 6 M. Perlakuan asam terhadap zeolit bertujuan untuk meningkatkan rasio Si/Al. Rasio Si/Al pada masing-masing sampel mempunyai kecenderungan meningkat setelah mengalami perlakuan asam dan kenaikan tersebut relatif mencapai kondisi maksimum. Larutan asam klorida relatif sangat peka terhadap zeolit karena merusak struktur alumina-silika, sehingga dalam penelitian ini konsentrasi asam klorida yang digunakan tidak terlalu pekat, yaitu 1 M.

Untuk menghilangkan asam klorida bebas yang tidak ikut bereaksi, maka dilakukan pembilasan dengan air suling dan kemudian disaring dengan menggunakan penyaring *buchner*, pembilasan dilakukan berkali-kali hingga pH netral yang menunjukkan bahwa sudah tidak ada lagi asam klorida bebas dalam zeolit yang telah teraktivasi. Setelah pH netral, zeolit kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan, karena proses pilarisasi antara zeolit alam dengan TiO₂ dilakukan dengan metode dispersi padat-padat.

Modifikasi TiO₂ Terdispersi dalam Zeolit Alam (Pilarisasi)

Proses pembuatan fotokatalis TiO₂-zeolit dilakukan dengan mencampurkan zeolit alam yang telah diaktivasi dengan TiO₂ jenis anatase kemudian ditambahkan pelarut etanol p.a untuk membantu pendispersian TiO₂ ke dalam zeolit alam. Selain itu, pelarut etanol juga berperan dalam menyerap pengotor-pengotor polar seperti air yang masih terkandung dalam TiO₂ dan zeolit. Lalu campuran diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam. Pengadukan ini bertujuan agar TiO₂ bisa masuk ke bagian internal pori dari zeolit.

Setelah pengadukan, fotokatalis TiO₂-zeolit kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 120°C, hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor yang masih adsorpsi dalam zeolit, khususnya air, karena air dapat mengganggu ketika proses kalsinasi berlangsung. Kalsinasi dilakukan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang masih ada dalam zeolit, termasuk air. Jika masih ada air, air tersebut bisa mengakibatkan labilitas kerangka oksigen. Akibatnya atom Si berpindah ke tempat kosong yang ditinggalkan Al. Sebagai konsekuensinya ukuran unit selnya akan menyusut. Penyusutan tersebut mengakibatkan meningkatnya rasio Si/Al dan mengecilnya ukuran pori. Kalsinasi terhadap senyawa Titan-zeolit juga bertujuan untuk mentransformasikan titan dioksida ke dalam zeolit sehingga berada dalam bentuk oksida [4].

TiO₂ yang terdispersi pada permukaan pengembangan sangat mempengaruhi perubahan luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jari pori. Pada umumnya tujuan dari

Buchner,
suhu
Electron,
pipet

ya, dan
mia yang
, etanol

tahapan
g dibuat
dasi air

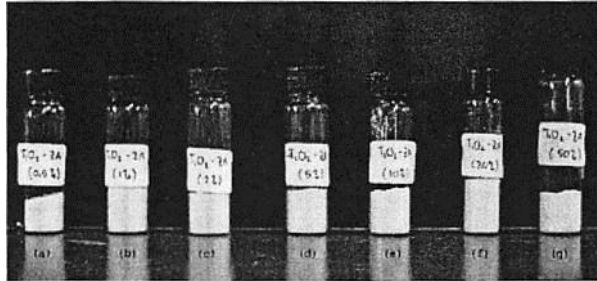
25 mesh 1
sarnpai s
dengan .
Proses asil
yang
Electron

g dengan
g-masing
an cara I
Jerman
gunakan
tersebut
terbentuk
dalam
iO₂ yang
asi pada
nakan

mudian
A, 50%),
diambil
si juga

dispersi TiO₂ ke permukaan suatu padatan adalah untuk memperluas permukaan dari suatu padatan (sampel katalis) yang pada akhirnya akan meningkatkan luas permukaan spesifik suatu padatan dan diharapkan aktivitas sampel katalis akan meningkat. Semakin banyak TiO₂ terdispersi secara merata pada permukaan padatan diharapkan Inas permukaan spesifik dari padatan akan semakin luas, tetapi kenyataannya tidak (selalu demikian). Bila terjadi akumulasi TiO₂ pada permukaan padatan, misalnya pada bagian mulut pori atau saluran pod, maka TiO₂ tersebut akan menutupi mulut pori dan saluran pori sehingga luas permukaan spesifik dari suatu padatan akan menjadi menurun, dengan demikian pusat aktif pada permukaan padatan akan menjadi semakin sedikit [5].

Dalam penelitian ini dibuat beberapa variasi konsentrasi fotokatalis TiO₂-zeolit yaitu 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, dan 50% yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Fotokatalis TiO₂-Zeolit. (a) 0,5%. (b) 1%. (c) 2%. (d) 5% (e) 10%. (f) 20%. (g) 50%.

Analisis Fotokatalis

Komposisi zeolit alam

Zeolit yang digunakan berasal dari Cikalong Tasikmalaya yang memiliki kapasitas tukar kation dan komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi dan kapasitas tukar kation zeolit asal Cikalong, Tasikmalaya

Senyawa	Parameter	
	Komposisi (%)	Kapasitas tukar kation (A)
SiO ₂	69,77	67,18
Al ₂ O ₃	11,69	10,93
MgO	1,02	0,40
Na ₂ O	2,68	1,36
K ₂ O	1,86	1,05
CaO	3,21	2,10
Fe ₂ O ₃	1,46	0,96
H ₂ O	5,77	4,17
HD	13,86	10,02

Tabellmenunjukkan komposisi dan kapasitas tukar kation dari zeolit, hal tersebut menunjukkan ion-ion yang akan dipertukarkan harus memiliki ukuran pori yang lebih kecil atau sesuai dengan ukuran atau kapasitas dari kation-kation pada zeolit. [6]

Analisis Fotokatalis dengan X-Ray Diffraction (XRD)

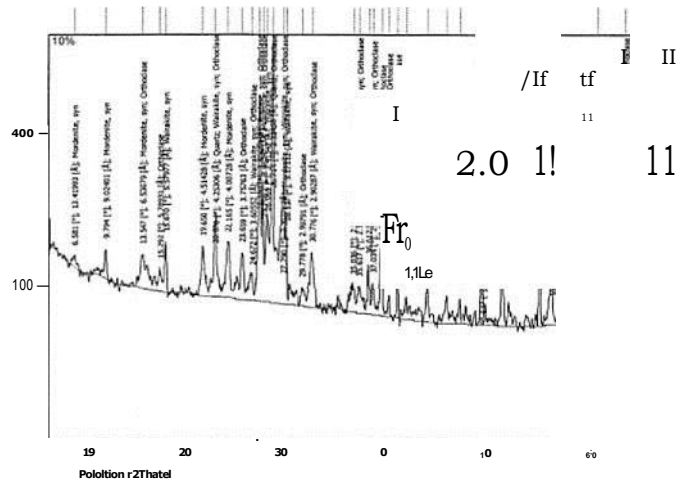
Dalam hal ini, alat XRD digunakan untuk mengetahui jenis dari zeolit alam yang digunakan dan untuk mengetahui apakah kristal TiO₂ sudah masuk ke dalam zeolit, yaitu dengan membandingkan pola difraksi fotokatalis TiO₂-zeolit hasil sintesis dengan standar TiO₂ yang digunakan. Pada penelitian ini fotokatalis TiO₂-zeolit yang dikarakterisasi dengan XRD adalah fotokatalis yang menunjukkan aktivitas terbaik dalam mendegradasi sampel air sungai yaitu

dari suatu an spesifik banyak TiO₂ spesifik dari akumulasi maka TiO₂ spesifik dari an padatan

Alit yaitu

fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) sedangkan kristal TiO₂ anatase yang dikarakterisasi berasal dari Merck.

Hasil karakterisasi dari TiO₂ yang diimobilisasi pada zeolit clam menunjukkan bahwa zeolit Cikalong sebagian besar merupakan jenis Mordenit. Pada pola difraksi zeolit Cikalong terdapat puncak pada 2θ = 22,1640 dan 26 = 27,7900 yang merupakan daerah karakterisasi mineral mordenit alam dengan intensitas yang cukup berarti, sementara pola yang khas juga ditunjukkan pada 2θ = 26,7139^o untuk Quarz SiO₂, pada 2θ = 25,7000 untuk Wairakite, dan pada 2θ = 23,850 untuk potassium tecto-alumotrisilicate (Orthoclase) dari zeolit, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. dan Tabel 2.



Gambar 2. Pola difraksi dari TiO₂-zeolit alam (10wt%)

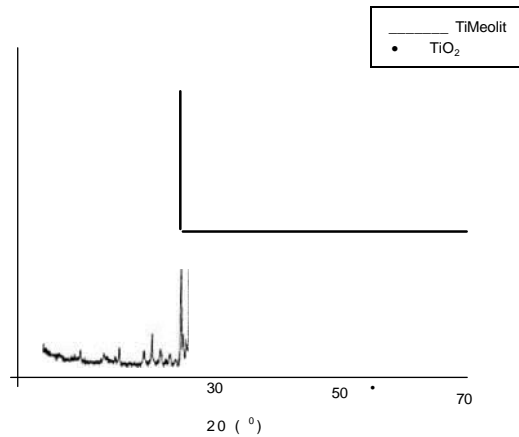
Tabel 2. Kandungan senyawa dalam TiO₂-zeolit alam (10wt%)

Compound Name	Displacement r2Th.1	Chemical Formula	Scale Factor
Quartz	26.71	Si O ₂	0.871
Anatase, syn	25.38	Ti O ₂	0.668
Mordenite, syn	27.79	Nat Ale Si13.3 O29.6+X	0.180
Wairakite, syn	25.70	Ca (Al ₂ Si ₄ O ₁₂) (H ₂ O) ₂	0.201
Potassium tecto- alumotrisilicate (Orthoclase)	23.65	K Si ₃ Al ₁₀ 8	0.142

Gambar 3. merupakan gabungan dari pola difraksi TiO₂-zeolit (10%) dan standar TiO₂ - 1, • u:kan gambar tersebut terdapat puncak pada fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) yaitu menunjukkan 2θ khas TiO₂ jenis anatase sekitar 2θ = 25,3800. Masuknya TiO₂ ke ::: - _n. internal maupun eksternal zeolit terlihat dari penurunan intensitas dari mordenit — , . tel kandung pada fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) dan timbulnya puncak TiO₂ pada fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) yang dibuat.

tersebut
 h kecil

akan
 ngan
 O₂ yang
 dalah
 ai yaitu

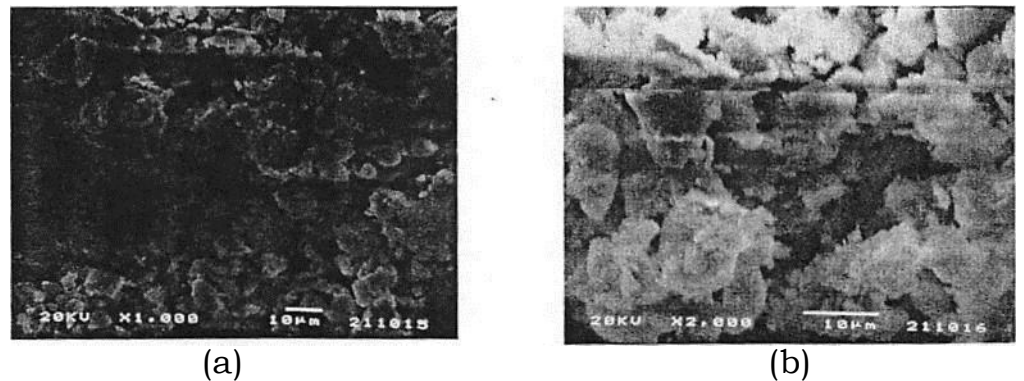


Gambar 3. Pola difraksi dan fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) dan standar TiO₂ Merck

Analisis Fotokatalis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

SEM merupakan pencitraan material dengan menggunakan prinsip mikroskopi. Mirip dengan mikroskop optik, namun alih-alih menggunakan cahaya, SEM menggunakan elektron sebagai sumber pencitraan dan medan elektromagnetik sebagai lensanya. SEM dipakai untuk mengetahui struktur mikro suatu material meliputi tekstur, morfologi, komposisi dan informasi kristalografi permukaan partikel. Morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel.

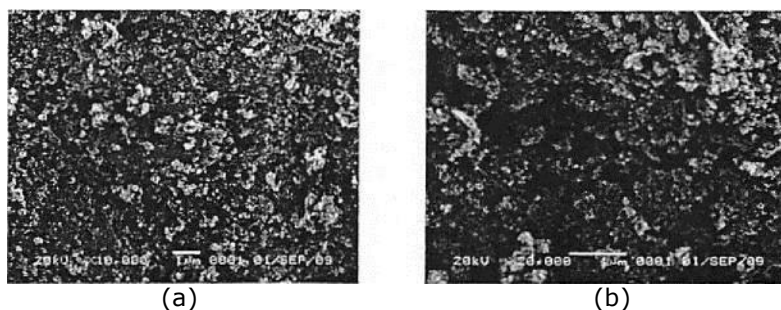
Pada penelitian ini sampel yang dikarakterisasi yaitu sampel zeolit Cikalong teraktivasi dan fotokatalis TiO₂-zeolit (10%).



Gambar 4. Morfologi permukaan sampel zeolit Cikalong.
(a) pembesaran 1000 kali, (b) pembesaran 2000 kali.

Gambar 4 menunjukkan morfologi dari zeolit Cikalong dengan pembesaran yang berbeda-beda. Hasil analisis menunjukkan bahwa zeolit Cikalong memiliki kristalinitas yang cukup rendah dan ukuran pori yang tidak seragam (gabungan mesopori dan mikropori). Data tersebut merupakan khas untuk zeolit alam

Gambar 5 merupakan morfologi dan fotokatalis TiO₂-zeolit (10%), menunjukkan bahwa telah terjadi pendistribusian logam TiO₂ di sekitar zeolit yaitu di bagian eksternal pori dan zeolit, ditunjukkan dengan titik-titik berwarna putih di sekitar permukaan zeolit Cikalong. Pendistribusian logam TiO₂ di bagian internal pori tidak dapat dideteksi dengan menggunakan SEM karena sebagian besar ukuran pori berada dalam bentuk mikropori dan sebagian kecil dalam bentuk mesopori.



Gambar 5. Morfologi permukaan sampel fotokatalis TiO₂-zeolit (10%). (a) pembesaran 10000 kali, (b) pembesaran 20000 kali.

Penentuan Kadar Logam dalam Air Sungai

Analisis awal untuk kandungan kadar logam dalam sampel air sungai Rancaekek dilakukan tanpa perlakuan awal. Kadar logam-logam ditentukan dengan menggunakan *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS). Penentuan kadar logam-logam awal diperlukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran air yang terjadi pada perairan yang diambil sampel airnya, sehingga dapat diketahui penurunan kadar logam setelah uji fotodegradasi. Berdasarkan standar baku mutu lingkungan, perairan yang mempunyai kadar logam, terutama logam berat lebih dari 0,5 mg/L.

Tabel 3. Kandungan kadar logam air sungai Rancaekek

	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)
Air sungai	0,4078	0,0258	0,0400	0,0739
Standar	0,3000	0,0200	0,0200	0,0500

Penurunan Kadar Logam Sampel Air Sungai Menggunakan Fotokatalis TiO₂-zeolit

Uji fotodegradasi air sungai dilakukan dengan fotokatalis TiO₂-zeolit dengan disinari sinar ultraviolet yang disertai dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Hal ini dilakukan agar semua bagian fotokatalis terkena sinar ultraviolet secara merata. Mekanisme yang terjadi adalah ketika TiO₂ mengadsorpsi sinar UV (< 400 nm), maka akan terjadi perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan terbentuknya pasangan elektron (e⁻) dan lubang positif (h⁺). Sebagian pasangan e⁻ dan h⁺ tersebut akan berekombinasi kembali, sedangkan sebagian lainnya akan mempertahankan keadaannya sampai mencapai permukaan partikel. Tersedianya h⁺ pada permukaan akan menghasilkan radikal hidroksil (.OH) yang dikenal sebagai oksidator kuat. Sistem TiO₂ ini mempunyai potensial redoks sebesar +2,8 V. Dengan potensial sebesar ini hampir kebanyakan senyawa organik dapat dioksidasi. Keadaan ini dapat dieksploitasi untuk mengoksidasi polutan organik menjadi produk yang tidak beracun.

Sinar UV yang dihasilkan berasal dari lampu merkuri yang memiliki energi yang sama dengan energi celah yang dimiliki oleh TiO₂ yaitu 3,2 eV.

Uji fotokatalisis dilakukan dengan variasi persen TiO₂ terdistribusi dalam zeolit, yaitu 1, 5, 10, dan 20%. Selain itu, digunakan juga TiO₂ murni dan zeolit teraktivasi sebagai pembanding. Proses uji fotokatalisis dilakukan dengan menggunakan sampel air sungai sebanyak 50 mL dan fotokatalis sebanyak 50 mg. Fotodegradasi dilakukan selama 2 jam. Setelah uji fotokatalisis, filtrat ditentukan kadar logamnya dengan menggunakan AAS. Dalam uji fotokatalitik hanya diambil parameter penurunan logam Fe dan Cr saja, mengingat dari basil buangan limbah tersebut dikhawatirkan yang paling membahayakan adalah logam tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan, persen TiO₂ terdistribusi yang paling efektif dalam menurunkan kadar logam Fe dan Cr dalam sampel air sungai adalah dengan TiO₂-zeolit 10%. Kadar logam Fe turun hingga 91% dan logam Cr sebesar 92%. Dibandingkan dengan persen TiO₂-zeolit yang lain. Akan tetapi pada pendegradasian dengan TiO₂-zeolit 20% dan 50% kadar logam mengalami kenaikan kembali. Hal ini bisa disebabkan karena terjadi penggumpalan pada fotokatalis, karena tertutupnya pori-pori zeolit oleh TiO₂ sehingga proses adsorpsi oleh zeolit menjadi terhambat. Sementara terlihat juga pada konsentrasi TiO₂ 100% atau TiO₂ murni yang ternyata memiliki kemampuan lebih kecil pada proses penurunan kadar logam Fe dan

Cr dibandingkan dengan TiO₂-zeolit. Di bawah ini adalah tabel penurunan kadar logam setelah uji fotokatalisis menggunakan TiO₂-zeolit alam.

Tabel 4. Data penurunan kadar logam Fe dan Cr variasi persen TiO₂ teremban dalam zeolit

	Kadar logam Fe (ppm)	Kadar logam Cr (Ppm)
Sampel Awal	0,4990	0,0739
1 wt%	0,4597	0,0623
5 wt%	0,2923	0,0507
10 wt%	0,2380	0,0414
20 wt%	0,2428	0,0321
50 wt%	0,3104	0,0457
TiO ₂ murni	0,3120	0,0602

Dari Tabel 4 juga bisa dilihat kinerja atau efisiensi dari Titanium dioksida komersial (Merck, Jerman) sebagai perbandingan. Efisiensi fotokatalitik TiO₂-zeolit lebih tinggi daripada nO₂ standar, yang kualitasnya terkenal sangat baik sebagai fotokatalis murni yang dijual secara komersial. Hal ini dikarenakan terjadi agregasi TiO₂ yang tinggi yang bisa menurunkan aktivitas fotokatalitiknya, sementara TiO₂-zeolit bekerja secara selektif pada sisi aktifnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Fotokatalis TiO₂-zeolit Cikalong dengan variasi konsentrasi 1 sampai 50% dapat disintesis menggunakan metode imobilisasi.
2. Uji aktivitas fotokatalis TiO₂-zeolit (10%) menunjukkan konsentrasi terbaik dalam menurunkan kadar logam Fe dan logam Cr mengalami penurunan dan berada di bawah batas yang diperbolehkan terdapat di air sungai.
3. Metode fotokatalisis dengan menggunakan fotokatalis TiO₂-zeolit cukup efektif dalam menurunkan kadar logam Fe dan Cr pada sampel air sungai.

Ucapan terima kasih

Kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DP2M) Ditjen Dikti Kemendiknas atas pendanaan penelitian unggulan perguruan tinggi (PUPT) juga kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Padjadjaran.

Daftar Pustaka

1. Saputra, R. 2006. *Pemanfaatan zeolit Sintetis ,sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri.* (1-8).
2. Gunlazuardi, J. 2002. *Fotokatalisis Pada Permukaan TiO₂ :Revolusi swabersih Berkat Cahaya.* <http://www.crR.org/intek/anat.html>.
3. Setiaji, B. 2000. *Pemanfaatan Zeolit untuk Adsorpsi Benzopiren sebagai Senyawa racun dalam Asap cair.* <http://www.crR.org/intek/anat.html>.
4. Fatimah, Is., Sugiharto, Eko., Wijaya, Karna., Tahir, Iqmal., & Kamalia. 2006. Titan Dioksida Terdispersi pada Zeolit Alam (TiO₂/zeolit) dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Congo Red, *Indo. J. Chem.*, 2006, 6 (1), 38 - 42.
5. Mumpton, F.A. 1999. *La rota magica: Uses Of Natural Zeolites In Agriculture And Industry.* Natl. Acad. USA. Sci. 96, 3463-3470.