

## SINTESIS NANO ZnO YANG DIEMBANKAN PADA ABU VULKANIK UNTUK KATALIS FOTODEGRADASI DIKLORO DIFENIL TRIKLOROETANA

Pertiwi Ayu Pamuji Kurniatun\*), Sri Kadarwati, dan Sigit Priatmoko

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Februari 2012  
Disetujui Maret 2012  
Dipublikasikan Mei 2012

Kata kunci:  
ZnO/abu vulkanik  
DDT  
sonokimia

### Abstrak

Telah dilakukan sintesis nano ZnO yang diembankan pada abu vulkanik dan aplikasinya sebagai katalis fotodegradasi insektisida dikloro difenil trikloroetana (DDT). Karakterisasi ZnO/abu vulkanik dilakukan dengan menggunakan SEM-EDX, XRD, dan Spektrofotometer DR-UV. Hasil degradasi DDT diuji dengan spektrofotometer UV-Vis, titrasi asidi-alkalimetri dan argentometri. Degradasi DDT dilakukan dengan variasi jenis sinar dan lama penyinaran dengan sinar matahari dan UV. Lama penyinaran 1, 2, dan 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ZnO/abu vulkanik yang berhasil disintesis berukuran 68,878 nm, memiliki  $E_g$  sebesar 3.4 eV. Hasil uji degradasi DDT dengan sinar matahari pada waktu 1 jam = 21,40%, 2 jam = 38,91%, 3 jam = 43,58%, sedangkan untuk sinar UV pada waktu 1 jam = 12,06%, 2 jam = 19,45%, 3 jam = 22,56%. Kadar  $CO_2$  yaitu pada sinar matahari dengan waktu 1 jam = 84,4 mg/L, 2 jam = 148 mg/L, 3 jam = 211 mg/L, pada sinar UV dengan waktu 1 jam = 84,4 mg/L, 2 jam = 105 mg/L, 3 jam = 190 mg/L, kadar Cl<sup>-</sup> yaitu pada sinar matahari dengan waktu 1 jam = 78,1 mg/L, 2 jam = 79,9 mg/L, 3 jam = 81,6 mg/L, pada sinar UV dengan waktu 1 jam = 49,7 mg/L, 2 jam = 51,5 mg/L, 3 jam = 53,2 mg/L.

## Pendahuluan

Salah satu masalah lingkungan hidup yang berkaitan dengan farmakologi adalah penggunaan pestisida. Tidak bisa dipungkiri bahwa pestisida adalah salah satu hasil teknologi modern dan mempunyai peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan rakyat. Pestisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh hama dan penyakit. Pada penelitian ini, jenis pestisida yang diteliti adalah jenis insektisida. Beberapa jenis insektisida yang dilarang oleh pemerintah dan yang sulit untuk didegradasi/terurai yaitu dikloro difenil trikloroetana (DDT), monokhlorofos, dan endrin. Meskipun dilarang oleh pemerintah dan berbahaya, jenis insektisida tersebut masih digunakan oleh petani untuk membunuh hama pada pertanian dan masih diproduksi secara ilegal. Limbah DDT yang telah digunakan dapat membunuh ekosistem makhluk hidup. Limbah cair yang berbahaya tersebut dapat didegradasi dengan beberapa cara yaitu oksidasi kimiawi, pembakaran termal, pirolisis, fotodegradasi, dan oksidasi fotokatalitik (Gunlazuardi, dkk., 2001).

Fotodegradasi merupakan pilihan dalam penelitian ini karena memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat dilakukan pada suhu kamar, menggunakan sumber foton berenergi rendah, dan pengelolaan limbah dapat dilakukan tanpa pengolahan lanjutan. Fotodegradasi ini menggunakan proses fotokatalisis dimana jika suatu semikonduktor dikenai cahaya (foton) sebesar  $h\nu$ , maka elektron pada pita valensi akan mengabsorpsi energi foton tersebut dan pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu pita konduksi. Sebagai akibatnya, elektron akan meninggalkan lubang positif (hole atau  $h^+$ ) pada pita valensi. Sebagian besar elektron dan hole berkombinasi kembali di dalam ruang semikonduktor dengan mengemisi kalor, sedangkan sebagian lagi tertahan pada permukaan semikonduktor (Somorjai, 1994).

Reaksi fotokatalis memiliki mekanisme yang sangat luas. Salah satunya adalah untuk degradasi limbah zat cair organik (DDT). Radikal hidroksil dan radikal anion superoksida ini dapat mengoksidasi senyawa organik beracun (DDT) menjadi karbondioksida dan air pada temperatur kamar dengan sumber cahaya UV atau cahaya yang memiliki energi setara dengan penyinaran UV (Fan dan Jia, 2005). Fotokatalis ini menggunakan bantuan katalis seng oksida (ZnO), yang merupakan salah satu

senyawa semikonduktor. ZnO sangat stabil pada suhu tinggi (titik leleh  $1975^\circ\text{C}$ ) dibanding dengan  $\text{TiO}_2$  disamping ZnO lebih murah. ZnO memiliki energi gap sebesar 3,3 eV pada suhu kamar, sehingga mampu menyerap cahaya dengan panjang gelombang kurang dari 400 nm. Energi gap semikonduktor adalah energi yang diperlukan oleh elektron untuk mengalami eksitasi dari pita valensi dan pita konduksi.

ZnO disintesis menggunakan metode sonokimia. Metode sonokimia merupakan penerapan ultrasonik yang dapat menyebabkan partikel menjadi lebih kecil dan meningkatkan keseragaman ukuran. Metode sonokimia disini adalah penggunaan ultrasonik dalam mensintesis bahan yang berukuran nano. Ultrasonik ini memiliki panjang spektrum 20kHz-10MHz. Hasil reaksi yang diperoleh dengan ultrasonik dapat berupa partikel nanoamorf dan nanokristalin (Suslick, dkk., 1998).

ZnO diembankan pada abu vulkanik, dimana abu vulkanik relatif berbeda dengan debu tanah kering yang biasa kita jumpai terutama pada musim kemarau. Dari pengamatan mikroskopik dengan perbesaran 400x, abu-abu vulkanik hasil letusan gunung Merapi 2010, mempunyai bentuk yang bervariasi, mulai sangat menyudut (runcing), menyudut, hingga melingkar (Sudaryo dan Sutjipto, 2009). Biasanya abu vulkanik digunakan untuk bahan bangunan, sebagai campuran semen dan pasir, dan baik untuk pertanian. Abu vulkanik ini mempunyai sifat absorpsi yang tinggi, mempunyai pori-pori, dan bentuk kristalnya trigonal. Dari sifat ini abu vulkanik dapat dijadikan pengemban dari ZnO.

## Metode Penelitian

Magnetic stirrer (IKAMAG), oven, neraca analitik (Ohaus), X-Ray Diffraction (Siemens D-5000), Scanning Elektron Microscopy (SEM) (LEO 1530VP), Spektrofotometer UV-Vis Difusi Reflektansi (UV 1700 PHARMASPEC), sinar UV, Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu). Seng (II) nitrat tetrahidrat 99,0 %, hidrogen peroksida 30 %, litium klorida 99,95 %, methenamin,  $\text{NH}_3$  30,25 %,  $\text{NaCl}$  99,5 %,  $\text{AgNO}_3$  buatan Merck. Aquades, abu vulkanik dari gunung Merapi Jawa Tengah, dan insektisida DDT (Agracarb).

Abu vulkanik sebanyak 100 g ditumbuk dan diayak (100 mesh) kemudian dicuci dengan aquabides sambil diaduk selama 3 jam, disaring menggunakan corong bucher, dan dikeringkan

dengan oven pada suhu 120°C selama 1 jam. Sampel kemudian dikeringkan dalam furnace pada suhu 400°C selama 1 jam. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD dan DR-UV.

Preparasi Pengembanan ZnO pada Abu vulkanik dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 5,23 g seng nitrat tetrahidrat dilarutkan dalam aquades sehingga mencapai konsentrasi 0,2 M kemudian ditambahkan methenamin dengan rasio konsentrasi 1:1. Hidrogen peroksida ditambahkan ke dalam campuran dan disonikasi pada suhu kamar selama 30 menit. Larutan litium klorida 0,4 M (LiCl) ditambahkan ke dalam larutan tersebut, lalu disonikasi sampai melarut sempurna. Pada proses sonikasi suhu diturunkan dengan cara es batu di masukkan dalam Ultrasonic Cleaning Bath sehingga suhunya terjaga (25°C). Setelah itu, abu vulkanik ditambahkan ke dalam campuran dengan perbandingan 1:1 dan disonikasi kembali sampai larut sempurna selama 1 jam. Sampel kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 120°C selama 1 jam. Selanjutnya difurnace dengan suhu 400°C selama 4 jam. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX, XRD dan DR-UV.

Uji Aktivitas degradasi Insektisida DDT oleh ZnO/abu vulkanik dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 1,5 g ZnO ditambahkan ke dalam 150 mL DDT 1 ppm dan disinari UV selama 1, 2, dan 3 jam sambil diaduk dengan stirer. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan penyinaran cahaya matahari jam 10.00 WIB dan tanpa penyinaran. Setelah itu, sampel disaring menggunakan kertas saring halus, dan filtratnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansinya dan dianalisis kadar CO<sub>2</sub> dan Cl<sup>-</sup>.

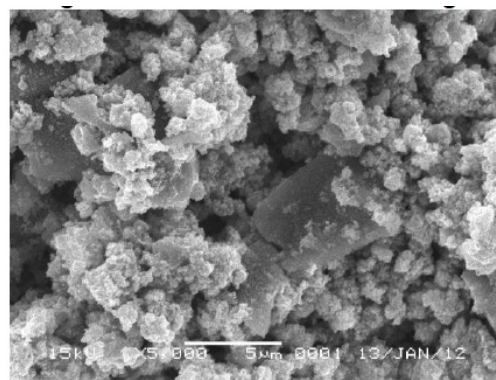
**Hasil dan Pembahasan**

SEM-EDX pada ZnO/abu vulkanik dimana permukaan material abu vulkanik mempunyai pori relatif tinggi. Partikel yang homogen seperti ZnO yang berukuran kecil mendistribusi abu vulkanik yang memiliki pori-pori.

**Tabel 1.** Hasil karakterisasi SEM-EDX

Unsur	(keV)	Masa %	Komponen	Masa %
O		25,62		
Na	1,041	4,02	Na <sub>2</sub> O	5,42
Al	1,486	2,53	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,78
Si	1,739	6,46	SiO <sub>2</sub>	13,81
Cl	2,621	2,65	Cl	2,65
K	3,312	0,85	K <sub>2</sub> O	1,02
Ca	3,690	1,21	CaO	1,69
Fe	6,398	2,04	FeO	2,63
Zn	8,630	54,62	ZnO	67,99

Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi kristal nano ZnO yang telah disintesis. Kristal yang diperoleh memiliki permukaan tidak rata yang disebabkan oleh adanya kristal yang mengalami disorientasi. Terjadinya interaksi antar kristal dan adanya pengaruh pengemban abu vulkanik menyebabkan pertumbuhan ZnO menjadi tidak sempurna. Hasil pencitraan ZnO dan ZnO/abu vulkanik ditunjukkan pada Gambar 1.

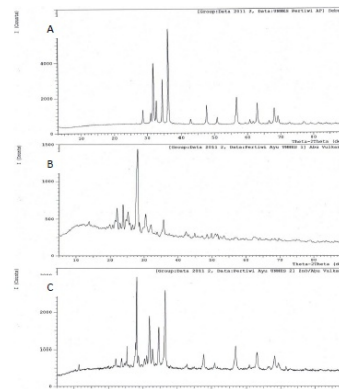


**Gambar 1.** Hasil pencitraan dengan SEM ZnO/Abu vulkanik dengan metode sonokimia

**Tabel 2.** Uji karakteristik dengan difraksi sinar-X

katalis	No. Puncak	2θ	d (Å <sup>0</sup> )	Intensitas
ZnO	6	36,3343	2,47057	100
	3	31,8467	2,80772	62
	5	34,5036	2,59735	45
Abu vulkanik	23	27,9265	3,19230	100
	18	23,7584	3,74206	30
	16	22,0024	4,03659	26
Zno/abu vulkanik	13	28,1920	3,16284	100
	33	36,4058	2,46588	75
	22	31,9144	2,80191	46

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk identifikasi kristalinitas dan ukuran padatan yang telah disintesis. Gambar 2 menunjukkan hasil analisis padatan menggunakan XRD dengan Cu Kαλ = 1,54060 Å pada tegangan 40,0 kV dan arus 30,0 mA.



**Gambar 2.** Pola difraksi XRD, (A) ZnO, (B) Abu vulkanik, (C) ZnO/ Abu vulkanik

Berdasarkan pola difraksi pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa puncak-puncak yang menunjukkan adanya puncak karakteristik ZnO pada  $2\theta$  36,33430, 31,84670, dan 34,50360. Sedangkan abu vulkanik memiliki puncak karakteristik pada  $2\theta$  27,92650, 23,75840, dan 22,00240 sesuai dengan Tabel 2. Ditunjukkan bahwa difraktogram ZnO/abu vulkanik menunjukkan adanya puncak difraksi ZnO pada  $2\theta$  36,40580 dan 31,91440, sedangkan untuk puncak difraksi pada abu vulkanik pada  $2\theta$  28,19200. Berdasarkan Gambar 2 tersebut kemudian diambil puncak tertinggi untuk selanjutnya ditabulasikan dalam Tabel 3 berikut ini.

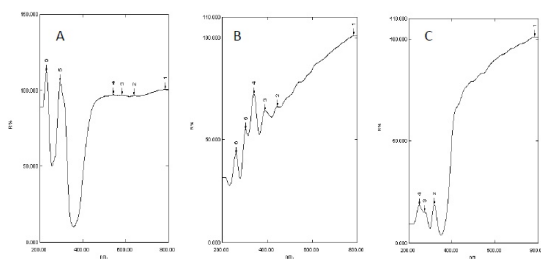
**Tabel 3.** Perhitungan ukuran partikel

katalis	$2\theta$	B (FWHM)	$\theta$	$\cos \theta$	$\lambda$ (nm)	D (nm)
ZnO	36,334	0,2431	18,167	0,9502	15,418	59,4074
Abu vulkanik	27,927	0,5860	13,963	0,9705	15,418	24,1294
ZnO/abu vulkanik	28,192	0,1319	14,096	0,9699	15,418	107,263

Berdasarkan hasil difraksi pada Tabel 3, ukuran kristal dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer:

$$D = \frac{0,9 \cdot \lambda}{B \cos \theta}$$

Dalam hal ini D merupakan ukuran kristalit,  $\theta$  adalah sudut difraksi,  $\lambda$  merupakan panjang gelombang sinar-X yang digunakan, dan B merupakan full width at half maximum (FWHM) dari puncak refleksi dengan bantuan analisis Lorentzian. Dari persamaan Debye-Scherre didapatkan ukuran rata-rata kristal ZnO, abu vulkanik, dan ZnO/abu vulkanik masing-masing sebesar 59,4074 nm, 24,1294 nm, dan 107,263 nm.



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi DR-UV, (A) ZnO, (B) abu vulkanik, (C) ZnO/abu vulkanik

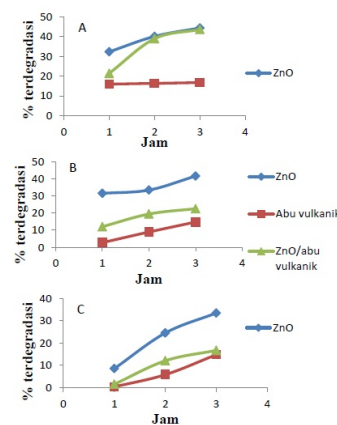
Karakterisasi dengan UV-Vis Difusi Reflektansi dilakukan untuk menentukan besarnya energi gap (Eg) ZnO, abu vulkanik, dan ZnO/abu vulkanik. Berdasarkan Gambar 3 diperoleh data hubungan antara Reflektansi (R%) dengan panjang gelombang. Data tersebut untuk menghitung energi gap dengan persamaan Kubelka-Munk. Dari hasil perhitungan dengan persamaan Kubelka-Munk

diperoleh grafik hubungan antara  $[\alpha \cdot h.c/\lambda]^2$  terhadap  $(h.c/\lambda)$  atau energi (eV). Energi gap pada semikonduktor adalah  $(h.c/\lambda)$  pada saat  $[\alpha \cdot h.c/\lambda]^2 = 0$ , yang diperoleh dari perpotongan garis lurus yang ditarik memotong sumbu x pada kurva.

**Tabel 4.** Uji karakteristik dengan spektrofotometer UV-Vis difraksi refleksi

Semikonduktor	Energi gap (eV)
ZnO	3,2 eV
Abu vulkanik	4,2 eV
ZnO/abu vulkanik	3,4 eV

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh energi gap ZnO, abu vulkanik, ZnO/abu vulkanik hasil sintesis seperti yang disajikan pada Tabel 4. Dimana ZnO/abu vulkanik mempunyai Eg lebih tinggi dari ZnO dan mempunyai Eg lebih rendah dari abu vulkanik. ZnO/abu vulkanik mempunyai Eg lebih tinggi dari ZnO karena ZnO/abu vulkanik adalah campuran dari ZnO dengan abu vulkanik.



**Gambar 4.** Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis, (A) dengan sinar UV 365 nm, (B) dengan sinar matahari, dan (C) tanpa penyinaran.

Reaksi fotodegradasi memerlukan empat komponen utama yang penting yaitu sumber cahaya, senyawa target, oksigen, dan fotokatalis. Pada penelitian ini, sumber cahaya yang digunakan berupa sinar matahari dan sinar UV, senyawa target adalah DDT, dan oksigen dari gas  $O_2$  yang berada di udara yang berfungsi untuk menangkap elektron dari fotokatalis ZnO/abu vulkanik untuk fotodegradasi DDT. Pengadukan dilakukan supaya sinar matahari dan sinar UV dapat mengenai semua bagian fotokatalis secara merata dan memberi kesempatan pada katalis untuk berinteraksi dengan senyawa DDT.

Degradasi fotokatalitik dengan menggunakan ZnO/abu vulkanik pada sinar UV pada waktu 1, 2, dan 3 jam yaitu 12,062%; 19,455%; 22,568%, sedangkan untuk degradasi



fotokatalitik menggunakan sinar matahari pada waktu 1, 2, dan 3 jam yaitu 21,400%; 38,911%; 43,580%, dari data tersebut degradasi menggunakan sinar matahari lebih efektif dibandingkan dengan sinar UV. Untuk sampel ZnO pada sinar matahari dengan waktu 1, 2, dan 3 jam lebih efektif dibandingkan sampel ZnO/abu vulkanik pada sinar matahari dengan waktu 1, 2, dan 3 jam yaitu 32,296%; 40,078%; 44,358%. Dari data yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil degradasi fotokatalitik tanpa penyinaran menggunakan katalis ZnO/abu vulkanik pada waktu 1, 2, dan 3 jam menunjukkan % adsorpsi-degradasi yang lebih rendah dari pada menggunakan sinar UV yaitu 1,556%; 12,062%; 16,732%. Hasil lengkapnya disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Jumlah DDT teradsorpsi oleh katalis (dalam%)

Katalis	Jenis sinar									
	Tanpa sinar (jam)			Sinar UV (jam)			Sinar matahari (jam)			
	0	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ZnO/abu vulkanik	0	1,56%	12,06%	16,73%	12,06%	19,46%	22,57%	21,40%	38,91%	43,58%
ZnO	0	8,56%	24,51%	33,46%	31,52%	33,46%	41,03%	32,30%	40,08%	44,36%
Abu vulkanik	0	0,39%	5,84%	14,79%	2,72%	8,95%	14,79%	15,95%	16,34%	16,73%

Dalam penelitian ini kadar CO<sub>2</sub> ditetapkan dengan menggunakan prinsip asidi-alkalimetri. Prinsip asidi-alkalimetri umumnya diartikan sebagai titrasi yang menyangkut asam dan basa. Penelitian ini diawali dengan menetapkan larutan NaOH standar. Selanjutnya larutan yang tidak berwarna ditambahkan indikator p.p (phenolptalein). Indikator p.p dengan trayek pH 8,3-10,0 dengan warna larutan dalam asam menjadi transparan, dan basa menjadi merah muda.

Berdasarkan prinsip asidi-alkalimetri tersebut maka kadar CO<sub>2</sub> hasil fotodegradasi DDT dilakukan. Hasil pengukuran menunjukkan uji kadar CO<sub>2</sub> dengan penyinaran matahari menggunakan katalis ZnO/abu vulkanik dengan waktu 3 jam lebih banyak terdapat kadar CO<sub>2</sub>, dibandingkan dengan penyinaran UV menggunakan katalis ZnO/abu vulkanik dengan waktu 3 jam yaitu 211 : 189,9. Namun, bila dibandingkan dengan katalis ZnO, katalis ZnO/abu vulkanik tidak lebih tinggi dari katalis ZnO, seperti pada uji kadar CO<sub>2</sub> pada penyinaran matahari dalam waktu 3 jam dengan katalis ZnO mempunyai kadar 253,2, sedangkan katalis ZnO/abu vulkanik pada penyinaran matahari dalam waktu 3 jam mempunyai kadar 211. Dari hasil yang diperoleh bahwa sampel limbah DDT yang telah difotokatalisis dapat terdegradasi.

Pada uji kadar CO<sub>2</sub> untuk yang tanpa

penyinaran didapatkan hasil yang lebih rendah dari yang menggunakan sinar UV ataupun sinar matahari. Untuk yang tanpa penyinaran lebih efektif menggunakan katalis ZnO dibandingkan dengan ZnO/abu vulkanik yaitu 126,6; 189,9; 253,2. Jadi untuk uji kadar CO<sub>2</sub> lebih efektif pada sinar matahari dengan waktu 3 jam dan menggunakan katalis ZnO. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Kadar CO<sub>2</sub> dalam larutan DDT sesudah degradasi

Katalis	Jenis sinar									
	Tanpa sinar (jam)			Sinar UV (jam)			Sinar matahari (jam)			
	0	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ZnO/abu vulkanik	46,4	46,4	92,8	116	92,8	116	209	92,8	163	232
ZnO	46,4	46,4	92,8	139	116	162	255	139	209	279
Abu vulkanik	46,4	46,4	46,4	69,6	46,4	69,6	116	69,6	92,8	116

Catatan: Kadar CO<sub>2</sub> dalam tabel dinyatakan dalam satuan mg/L

Metode pengujian kadar Cl<sup>-</sup> hasil degradasi DDT digunakan metode argentometri. Prinsip argentometri dilakukan dengan mentiter larutan sampel dengan larutan perak nitrat. Hasil yang diharapkan adalah analit yang terkandung dalam sampel berupa klorin mengendap dengan penambahan Ag membentuk AgCl yang berupa endapan putih. Penelitian ini dilakukan dalam tahap pertama yaitu menetapkan standarisasi larutan AgNO<sub>3</sub>. Larutan AgNO<sub>3</sub> perlu distandarkan terlebih dahulu karena larutan standar ini adalah larutan standar sekunder. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar Cl<sup>-</sup> hasil degradasi DDT dengan penyinaran matahari menggunakan katalis ZnO/abu vulkanik dengan waktu 3 jam lebih banyak terdapat kadar Cl<sup>-</sup>, dibandingkan dengan penyinaran UV menggunakan katalis ZnO/abu vulkanik dengan waktu 3 jam yaitu 81,65 : 53,25. Namun bila dibandingkan dengan katalis ZnO, katalis ZnO/abu vulkanik tidak lebih tinggi dari katalis ZnO, terbukti bahwa kadar Cl<sup>-</sup> pada penyinaran matahari dalam waktu 3 jam dengan katalis ZnO mempunyai kadar 118,92, sedangkan katalis ZnO/abu vulkanik pada penyinaran matahari dalam waktu 3 jam mempunyai kadar 53,25. Sedangkan pada uji kadar Cl<sup>-</sup> untuk yang tanpa penyinaran didapatkan hasil yang lebih rendah dari yang menggunakan sinar UV ataupun sinar matahari yaitu 60,35; 62,12; 63,9. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Kadar Cl<sup>-</sup> dalam larutan DDT sesudah degradasi

Katalis	Jenis sinar									
	Tanpa sinar (jam)			Sinar UV (jam)			Sinar matahari (jam)			
	0	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ZnO/abu vulkanik	17,7	46,1	49,7	51,5	49,7	51,5	53,2	78,1	79,9	81,6
ZnO	17,7	60,3	62,1	63,9	65,7	67,4	69,2	110	115	119
Abu vulkanik	17,7	17,7	17,7	21,3	23,1	24,8	26,6	21,3	21,3	23,1

Catatan: Kadar Cl<sup>-</sup> dalam tabel dinyatakan dalam satuan mg/L

### Simpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa Katalis ZnO/Abu vulkanik yang telah disintesis memiliki ukuran rata-rata sebesar 68,8786 nm dan memiliki energi gap 3,4 eV, sedangkan katalis ZnO yang telah disintesis memiliki ukuran rata-rata sebesar 61,456 nm dan memiliki energi gap 3.2 eV. Untuk hasil uji degradasi DDT dengan lama penyinaran menggunakan sinar matahari dan sinar UV pada larutan DDT dengan katalis ZnO/abu vulkanik, ZnO, dan abu vulkanik, jumlah terdegradasi dari 1, 2, dan 3 jam semakin banyak. Pada uji jenis sinar pada katalis ZnO/Abu vulkanik untuk mendegradasi DDT lebih efektif dengan menggunakan sinar matahari dibandingkan dengan sinar UV pada panjang gelombang 365 nm. Dimana efektivitas ZnO/Abu vulkanik pada DDT yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ZnO/Abu vulkanik memiliki dedradasi DDT kurang efektif dibandingkan ZnO.

### Daftar Pustaka

- Gunlazuardi, Jarnuzi. 2001. Fotokatalisis pada Permukaan TiO<sub>2</sub>: Aspek Fundamental dan Aplikasinya. Seminar Kimia Fisika II. Jurusan Kimia, Universitas Indonesia.
- Somorjai, Gabor. A. 1994. Introduction to Surface Chemistry and Catalysis. Kanada: John Willey & Sons, Inc.
- Fan, Zhiyong dan Jia G. Lu. 2005. Zinc Oxide Nanostructure : Synthesis and Properties. Pp 1-25
- Hendra Abditya, 2010, analisis biaya uji kualitas air sumur Tugas Akhir Program D3 Infrastruktur Perkotaan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Suslick, K. S. Dudenko, Y. Fang, MM. Hyeon, T. Kolbeck, KJ. William, B. Mdeleleni, MM. Wong, M. 1998. Acoustic Cavitation And It Chemical Consequences. Phil. Trans. Ray. Soc. Hal. 1-21.
- Sudaryo dan Sutjipto. 2009. Identifikasi Dan Penentuan Logam Pada Tanah Vulkanik Di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat. Jurnal seminar nasional v sumber daya manusia teknologi nuklir Yogyakarta. Hal 715 -722. ISSN 1978-0176.