

Pengaruh Pengadukan pada Degradasi Asam Humat Menggunakan Reaktor Mobile Heksagonal

Fauzan Yan Hawari, Rahadian Zainul*, Syamsi Aini, Umar Kalmar Nizar

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

*rahadianzmsiphd@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Humic acid is a heterogeneous organic compound that is toxic, mutagenic and carcinogenic. This study goals to degrade humic acid using the photocatalytic method. The photocatalyst used for degradation is nano ZnO doped Cu 7%. The degradation process applies sunlight using a hexagonal mobile reactor and the light intensity is measured using a lightmeter. The degradation was carried out with variation of stirring at 500 rpm and without stirring at 1, 2, 3, 4 and 5 hours of irradiation. Result of degradation analysed using UV-Vis spectrophotometer. Result obtained the degradation using stirring has a higher percentage of degradation than without stirring. The percentage maximum of degradation obtained in study was 90,09% with 500 rpm stirring at 5 hours irradiation. In this study showed the effect of stirring on humic acid degradation using a hexagonal mobile reactor.

Keywords — *humic acid, photocatalytic, ZnO doped Cu 7%, stirring, percentage degradation*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan gambut yang cukup luas. Lahan gambut memiliki kapasitas air yang cukup tinggi yang bisa digunakan sebagai sumber air minum [1]. Penyebabnya adalah warna air gambut yang keruh karena terdapat senyawa organik didalamnya. Salah satu senyawa organik yang terkandung pada air gambut adalah asam humat. Asam humat merupakan senyawa organik heterogen berbobot molekul tinggi [2]. Asam humat memiliki sifat mutagenik, karsinogenik dan non biodegradable.

Beberapa metode penghilangan asam humat dalam air gambut yaitu adsorpsi, koagulasi, elektrokoagulasi dan fotokatalisis. Menurut literatur hasil yang baik ditunjukkan pada penghilangan asam humat pada air gambut menggunakan metode fotokatalisis dengan persen degradasi mencapai 90% [3]. Fotokatalisis merupakan reaksi penguraian senyawa organik oleh cahaya dengan adanya fotokatalis proses reaksinya. Degradasi suatu senyawa organik dalam air dapat terjadi ketika dipapari oleh cahaya dengan panjang gelombang yang pendek dan energinya besar karena terjadinya proses fotolisis air.

Fotokatalis merupakan zat yang dapat mempercepat reaksi jika adanya cahaya. Fotokatalis biasanya berupa semikonduktor yang memiliki band gap energi sebesar 1-4 eV [4]. Adapun beberapa semikonduktor yang biasa digunakan dalam proses degradasi asam humat yaitu TiO₂, ZnO, CuO dan Fe₂O₃. ZnO merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan sehingga dapat digunakan dalam proses degradasi asam humat dalam air. Kelebihan ZnO yaitu sifat fotokimia yang baik, sifat oksidasi yang tinggi serta murah dan non toksinitas [5]. ZnO memiliki band gap energi sebesar 3.37 eV

[6]. Band gap energi yang tinggi, sehingga eksitasi elektron pada ZnO dapat terjadi ketika menyerap cahaya dengan panjang gelombang <368 nm. Eksitasi elektron yang terjadi ini akan menghasilkan radikal hidroksil (•OH) sebagai *agent* pendegradasi asam humat. Sehingga dalam pengaplikasian ZnO dalam degradasi asam humat dilakukan menggunakan cahaya UV.

Pendegradasian asam humat menggunakan cahaya UV memiliki beberapa kelemahan yakni biaya yang mahal, serta cahaya UV yang berbahaya ketika terpapar kulit [7]. Modern ini, para peneliti mencoba mendegradasi asam humat dengan menggunakan cahaya matahari. Cahaya matahari memiliki kelebihan, tidak berbahaya jika terpapar dan dapat diperoleh dengan mudah serta tanpa menggunakan biaya [8]. Degradasi asam humat menggunakan cahaya matahari, ZnO harus memiliki band gap energi yang lebih rendah. Band gap energi yang rendah membuat ZnO tidak membutuhkan panjang gelombang cahaya yang pendek >368 nm.

Upaya menurunkan band gap energi ZnO dengan cara mendoping dengan ion logam. Ion logam tembaga (Cu²⁺) diketahui dapat menurunkan band gap energi ZnO. Ion Cu²⁺ juga dapat meningkatkan sifat oksidasi dan fotokatalitik dari ZnO [9]. Kinerja ZnO juga dapat ditingkatkan dengan mensintesis ZnO yang didoping dengan ion Cu²⁺ dalam ukuran nano partikel [10]. Ukuran nano partikel akan membuat luas permukaan dari fotokatalis semakin besar. Proses doping yang efektif dalam pembuatan ZnO doping Cu²⁺ dalam ukuran nano partikel dilakukan dengan metode sol gel [11]. Proses ini diawali dengan pembentukan sol dan kemudian dilanjutkan gel serta dikalsinasi sehingga terbentuk ZnO doping Cu²⁺ dalam ukuran nano partikel.

Dalam penelitian ini dilakukan pendegradasian asam humat menggunakan reaktor *mobile hexagonal*. Tujuan dari penelitian ini untuk mendegradasi asam humat dengan menggunakan nano ZnO doping Cu²⁺ dengan cahaya matahari dalam sistem reaksi desain reaktor *mobile hexagonal*.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas kimia, labu ukur 1000 ml, neraca analitik, reaktor *mobile hexagonal*, spektrofotometer UV-Vis (Specord 210).

B. Bahan

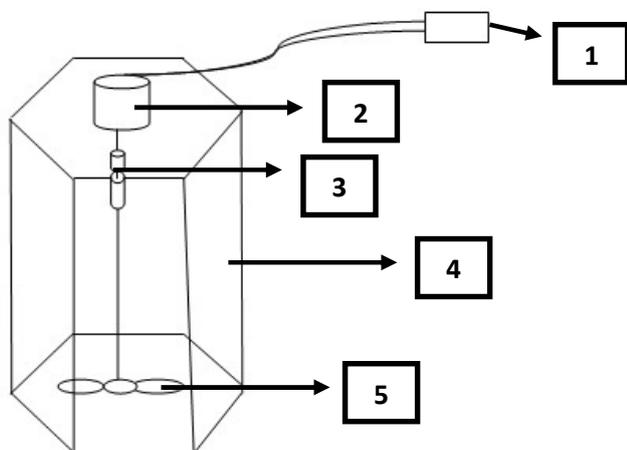
ZnO doping Cu 7%, aquades, asam humat

C. Prosedur penelitian

1) Preparasi larutan asam humat 20 ppm

Preparasi asam humat dengan konsentrasi 20 ppm dilakukan dengan menimbang sebanyak 0,02 gram asam humat padat, melarutkan pada gelas kimia 250 ml. kemudian mengencerkan pada labu ukur 1000 ml sampai tanda batas. Kemudian asam humat yang sudah dipreparasi dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat panjang gelombang maksimum dan absorbansi awal dari larutan tersebut.

2) Desain reaktor *mobile hexagonal*



Keterangan :

1. Voltmeter
2. Dinamo
3. Penghubung antara dynamo dan pengaduk
4. Kaca transparan
5. Baling-baling

Gambar 1. Desain reaktor *mobile hexagonal* [12]

3) Degradasi asam humat menggunakan nano ZnO doping Cu 7% dengan tanpa pengadukan

Degradasi asam humat menggunakan ZnO doping Cu 7% dengan tanpa pengadukan dilakukan dengan menambahkan sebanyak 0,06 gram ZnO doping Cu 7%

kedalam reaktor. Menambahkan sebanyak 200 ml asam humat 20 ppm kedalam reactor. Menyinari dengan cahaya matahari menggunakan variasi lama penyinaran 1, 2, 3, 4 dan 5 jam dan mengukur intensitas cahaya menggunakan *lightmeter*. Melakukan analisa dengan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat absorbansi asam humat setelah degradasi.

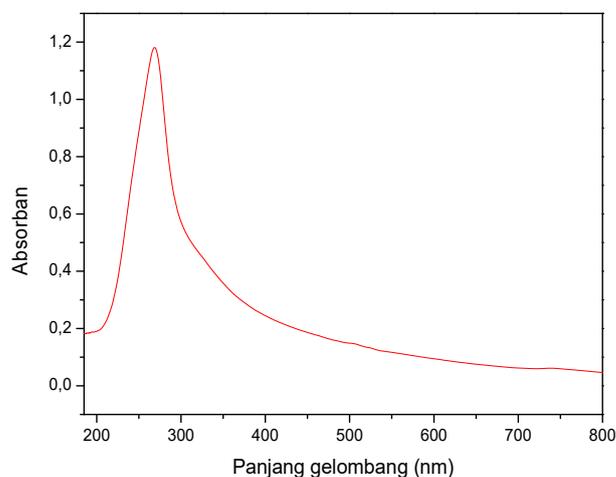
4) Degradasi asam humat menggunakan nano ZnO doping Cu 7% dengan pengadukan 500 rpm

Degradasi asam humat menggunakan ZnO doping Cu 7% dengan pengadukan 500 rpm, dilakukan dengan menambahkan sebanyak 0,06 gram ZnO doping Cu 7% kedalam reaktor. Menambahkan sebanyak 200 ml larutan asam humat 200 ppm. Menyinari dengan cahaya matahari menggunakan variasi lama penyinaran 1, 2, 3, 4 dan 5 jam dilakukan pengadukan dengan kecepatan 500 rpm pada tiap variasinya. Intensitas cahaya diukur menggunakan *lightmeter*. Hasil degradasi di analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat absorbansi hasil degradasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi larutan asam humat 20 ppm

Asam humat dipreparasi dengan konsentrasi 20 ppm. Analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat panjang gelombang maksimum, didapatkan panjang gelombang maksimum pada 269 nm.



Gambar 2. Spektrum panjang gelombang maksimum asam humat 20 ppm

Panjang gelombang maksimum ini digunakan untuk mengukur absorbansi sebelum dan sesudah degradasi. Hasil pengukuran ini didapatkan % degradasi dari asam humat dengan rumus sebagai berikut :

$$\% D = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\%$$

Keterangan :

1. % D adalah persen degradasi
2. A₀ adalah absorbansi awal
3. A_t adalah absorbansi setelah waktu t [13]

B. Desain reaktor mobile hexagonal

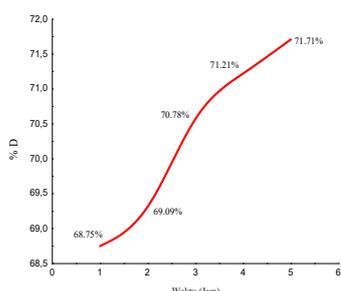
Reaktor *mobile hexagonal* digunakan tempat degradasi asam humat dibuat dengan bentuk segi enam dengan ada pengaduk didalamnya dengan beberapa kecepatan. Reaktor ini terbuat dari kaca transparan sehingga membuat cahaya mudah masuk kedalam reaktor yang berguna dalam proses degradasi asam humat.

C. Degradasi asam humat menggunakan ZnO dopin Cu 7% dengan tanpa pengadukan

Degradasi asam humat menggunakan ZnO doping 7% dengan tanpa pengadukan dengan cahaya matahari menggunakan variasi lama penyinaran 1, 2, 3, 4 dan 5 jam dan intensitas cahaya diukur menggunakan *lightmeter* pada bagian depan dan belakang reaktor. ZnO doping Cu 7% memiliki band gap energi sebesar 2.57 eV dan ukuran partikel sebesar 27 nm [11]. Band gap energi yang rendah dan ukuran partikel dalam bentuk nano membuat kinerja katalis lebih baik ketika degradasi diaplikasikan pada cahaya matahari. Hasil degradasi yang didapatkan dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis didapatkan persen degradasi sebagai berikut :

TABEL 1. DEGRADASI ASAM HUMAT TANPA PENGADUKAN

Waktu (Jam)	Abs	% Degradasi	Lux Cahaya Depan	Lux Cahaya Belakang
1	0.369	68.75	10842.11	6494.33
2	0.365	69.09	11044.25	8950.50
3	0.345	70.78	17385.11	12750.13
4	0.340	71.21	14597.62	11925.16
5	0.334	71.71	18080.03	15681.13



Gambar 3. Grafik degradasi asam humat tanpa pengadukan

Grafik diatas menjelaskan bahwa degradasi menggunakan variasi waktu penyinaran memberikan persentase degradasi yang meningkat. Hasil degradasi asam humat diatas menjelaskan bahwa adanya pengaruh waktu penyinaran dan intensitas cahaya pada proses degradasi menggunakan fotokatalis ZnO doping Cu 7%. Proses reaksi berkaitan dengan jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan oleh fotolisis air dan juga eksitasi elektron yang terjadi dari pita valensi ke

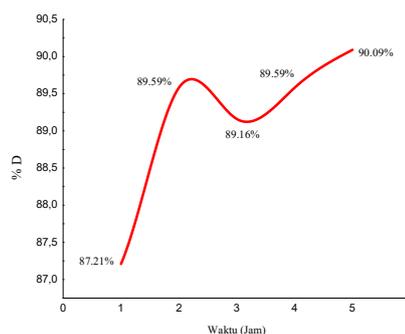
pita konduksi dari katalis yang digunakan. band gap energi merupakan suatu yang sangat mempengaruhi dari proses degradasi menggunakan fotokatalis. Degradasi asam humat menggunakan reaktor *mobile hexagonal* ini lebih banyak menampung cahaya dari segala sisi. Kaca transparan sebagai bahan pembuat reaktor menyebabkan cahaya masuk secara langsung.

D. Degradasi asam humat menggunakan ZnO doping Cu 7% dengan pengadukan 500 rpm.

Degradasi asam humat menggunakan pengadukan 500 rpm dengan bantuan cahaya matahari membuat hasil yang berbeda dengan degradasi yang tidak menggunakan pengadukan pada proses reaksi. Degradasi menggunakan pengadukan membuat molekul asam humat akan bereaksi cepat dengan radikal hidroksil yang berperan sebagai pemutus ikatan dari asam humat sehingga asam humat dapat terurai. Reaksi penguraian asam humat secara sempurna akan menghasilkan H₂O dan CO₂ [14]. Hasil degradasi menggunakan pengadukan dapat dilihat menunjukkan persentase degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan yang tidak menggunakan pengadukan. Adapun hasil degradasi yang didapatkan sebagai berikut :

TABEL 2. DEGRADASI ASAM HUMAT DENGAN PENGADUKAN 500 RPM

Waktu (Jam)	Abs	% Degradasi	Lux Cahaya Depan	Lux Cahaya Belakang
1	0.151	87.21	11174.06	8908.71
2	0.123	89.58	14533.08	11047.25
3	0.128	89.16	11409.16	8897.16
4	0.123	89.58	15293.70	12893.91
5	0.117	90.09	17625.83	12985.87



Gambar 4. Grafik degradasi asam humat dengan pengadukan 500 rpm

Grafik diatas menjelaskan bahwa terjadi peningkatan persentase degradasi dengan menggunakan pengadukan. Proses degradasi menggunakan membuat radikal hidroksil lebih merata. Pada degradasi menggunakan kecepatan pengadukan ini memiliki grafik yang naik turun seiring dengan lama waktu penyinaran, ini disebabkan karena intensitas dari cahaya yang memapari reaktor [15]. Pada waktu 2 jam penyinaran, persentase degradasi didapatkan sebesar 89.58% dan waktu 3 jam menurun menjadi 89.16%.

Penyebab terjadi penurunan tersebut, ditinjau dari intensitas cahaya pada penyinaran 2 jam dan 3 jam sangat jauh berbeda. Penyinaran dengan waktu 2 jam memiliki intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan penyinaran 3 jam.

Proses degradasi menggunakan fotokatalis baik tanpa maupun dengan menggunakan pengadukan memiliki prinsip yang sama. Reaksi ini terjadi ketika adanya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada katalis yang disebabkan oleh energi cahaya. Eksitasi ini akan membuat celah hole pada pita valensi yang akan bereaksi dengan molekul air membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Satu elektron yang tereksitasi pada pita konduksi akan bereaksi dengan oksigen membentuk anion superoksida. Anion superoksida bereaksi dengan H^+ yang terdapat pada air membentuk oksidator hidrogen peroksida yang berguna dalam pembentukan radikal hidroksil [16]. Radikal hidroksil berperan dalam proses degradasi. Semakin banyak radikal hidroksil yang terbentuk, proses degradasi akan semakin meningkat. Jumlah energi foton yang menyinari katalis akan mempengaruhi proses reaksi. Energi foton yang banyak akan membuat penguraian asam humat semakin cepat dan persen degradasi yang didapatkan akan meningkat [17].

Perbandingan hasil degradasi menunjukkan bahwa ada pengaruh pengadukan dalam proses degradasi menggunakan reaktor *mobile hexagonal*. Degradasi menggunakan pengadukan memberikan hasil lebih maksimal dengan persen degradasi terbaik sebesar 90.09% sedangkan tanpa pengadukan memberikan hasil terbaik sebesar 71.71%. Pengadukan pada proses degradasi berperan dalam meratakan reaksi. Pengadukan juga berguna dalam menjaga kestabilan proses adsorpsi dan desorpsi dari permukaan katalis [18]. Proses adsorpsi reaktan yang tidak stabil menimbulkan terjadi kejenuhan pada permukaan katalis yang disebabkan adanya reaksi rekombinan [19]. Kejenuhan pada katalis membuat proses produksi $\bullet\text{OH}$ menurun, sehingga proses degradasi juga menurun. Pengadukan membuat sebaran $\bullet\text{OH}$ lebih merata, sehingga tumbukan antar molekul reaksi akan semakin banyak. Tumbukan antar molekul, membuat penguraian asam humat menjadi molekul yang sederhana semakin cepat.

IV. KESIMPULAN

- 1) Persen degradasi asam humat tertinggi menggunakan nano ZnO doping Cu 7% pada reaktor *mobile hexagonal* tanpa pengadukan sebesar 71.71%.
- 2) Persen degradasi asam humat tertinggi menggunakan nano ZnO doping Cu 7% pada reaktor *mobile hexagonal* dengan pengadukan 500 rpm sebesar 90.09%.
- 3) Pengadukan berpengaruh terhadap degradasi asam humat menggunakan reaktor *mobile hexagonal*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan tim penelitian yang telah memberikan saran dalam penulisan dan berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Selanjutnya penulis juga mengucapkan terimakasih kepada bapak dan ibu analis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas fasilitas dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] Taufik, M., et al., *Exploration of the importance of physical properties of Indonesian peatlands to assess critical groundwater table depths, associated drought and fire hazard*. Geoderma, 2019. 347: p. 160-169.
- [2] Djasli, Y.A.P., *Fototransformasi Asam Humat menggunakan Plat Tembaga (11) Oksida (CuO) sebagai Katalis*. 2019, Universitas Negeri Padang.
- [3] Oskoei, V., et al., *Removal of humic acid from aqueous solution using UV/ZnO nano-photocatalysis and adsorption*. Journal of Molecular Liquids, 2016. 213: p. 374-380.
- [4] Umar, M. and H.A. Aziz, *Photocatalytic degradation of organic pollutants in water*. Organic pollutants-monitoring, risk and treatment, 2013. 8: p. 196-197.
- [5] Sekartaji, P.A. and S. Babel. *Humic Acid Degradation by ZnO Photocatalyst*. in *MATEC Web of Conferences*. 2016. EDP Sciences.
- [6] Sanjaya, H., *Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ Secara Fotonsolisis*. Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464), 2018. 19(1): p. 91-99
- [7] Maurani, R.N., D. Purnamasari, and R. Zainul. *Preparation of TiO₂ thin layer on ceramics using dip coating method for degradation humic acid*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
- [8] Mandar, S., D. Purnamasari, and R. Zainul. *Catalytic activity of nano ZnO/Cu for degradation humic acid under illumination outdoor light*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
- [9] Shirzad-Siboni, M., et al., *Enhancement of photocatalytic activity of Cu-doped ZnO nanorods for the degradation of an insecticide: Kinetics and reaction pathways*. Journal of environmental management, 2017. 186: p. 1-11.
- [10] Maleki, A., et al., *Photocatalytic degradation of humic substances in aqueous solution using Cu-doped ZnO nanoparticles under natural sunlight irradiation*. Environmental Science and Pollution Research, 2015. 22(21): p. 16875-16880.
- [11] Mandar, S. and R. Zainul, *Sintesis Dan Karakterisasi Nano ZnO Doping Cu*. Periodic, 2019. 8(1): p. 20-23.
- [12] Zilla, R., D. Purnamasari, and R. Zainul. *Design of rotary photoreactor using nano Cu/TiO₂ for degradation humic acid in outdoor visible light*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
- [13] Sanjaya, H., *Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-Peg Dengan Metode Fotonsolisis*. EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 2017. 18(02): p. 21-29.
- [14] Ong, C.B., L.Y. Ng, and A.W. Mohammad, *A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: synthesis, mechanisms and applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. 81: p. 536-551.
- [15] Zainul, R., *Effect of Temperature and Particle Motion against the ability of ZnO Semiconductor Photocatalyst in Humic Acid*. Der Pharmacia Lettre, 2016. 15(8): p. 120-124.
- [16] Beura, R., et al., *Enhanced photo-induced catalytic activity of Cu ion doped ZnO-Graphene ternary nanocomposite for degrading organic dyes*. Journal of Water Process Engineering, 2019. 32: p. 100966.
- [17] Zainul, R., et al., *Fotokatalis Fototransformasi Asam Humat*. 2020.
- [18] Zainul, R., J. Effendi, and M. Mashuri, *Phototransformation of Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS) Surfactant Using ZnO-CuO Composite Photocatalyst*. KnE Engineering, 2019: p. 235-247-235-247.
- [19] Rahmadhanty, S. and R. Zainul, *Design Of Humat Acid Solid Solution Reactor Through Phototransformation Of Copper Oxide (CuO) Semiconductor Plate*. 2018.