



PENGARUH pH, UV DAN TiO₂ UNTUK MENDEGRADASI VARIASI ASAM HUMAT BERBASIS FOTOKATALIS

Fahrizal Adnan*, Reza Kalam Hidayat, Ika Meicahayanti

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Mulawarman, Samarinda
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119

*Korespondensi penulis: fahrizaladnan@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Proses fotokatalis menjadi alternatif dalam mengolah limbah ataupun fotodegradasi senyawa organik semacam zat organik dengan skala besar serta dengan biaya yang relatif terjangkau. Asam humat merupakan senyawa organik heterogen yang terurai dan dapat mengikat logam berat dan polutan organik yang dapat menyebabkan sejumlah masalah lingkungan atau kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cahaya lampu dengan penambahan katalis, variasi pH serta konsentrasi larutan asam humat untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dalam mendegradasikan asam humat. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode fotokatalitik, dimana secara berturut-turut dilakukan uji penentuan variasi cahaya lampu terbaik dari sinar UVA/UVC yang ditambahkan katalis semikonduktor TiO₂ yang didapat dari proses sintesis TiO₂ dengan metode sol-gel, kemudian dilanjutkan dengan uji penentuan variasi kondisi pH dan konsentrasi larutan asam humat terbaik untuk mendapatkan kondisi optimum dalam proses fotokatalitik. Data diperoleh melalui pembacaan nilai absorbansi dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa degradasi senyawa organik asam humat terbaik didapatkan dengan menggunakan sinar UVC dengan persentase degradasi sebesar 38,52%. Persentase efisiensi asam humat meningkat pada kondisi pH 3 (asam) sebesar 56,18% dan konsentrasi larutan sebesar 15 ppm.

Kata Kunci: Fotokatalis, Asam Humat, TiO₂, UVA, UVC

1. Pendahuluan

Air merupakan unsur penting dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat untuk mencuci, mandi, memasak dan minum. Masyarakat Indonesia umumnya menggunakan air tanah dan air permukaan seperti air sumur, air sungai dan air dari Perusahaan Air Minum (PAM) untuk memenuhi kebutuhan air. Air yang diperoleh dari alam banyak mengandung asam humat yang merupakan senyawa kompleks, campuran komponen organik makromolekul yang terbentuk di alam. Kehadiran asam humat dalam air minum dapat mempengaruhi rasa, warna dan bau dan dapat bertindak sebagai substrat untuk pertumbuhan mikroba.

Asam humat ialah senyawa organik heterogen yang mempunyai sifat terdegradasi dan biasanya secara umum berwarna kuning dan hitam [1]. Timbulnya zat humat di perairan natural (misalnya, danau, sungai, serta air tanah) bisa menimbulkan sebagian permasalahan lingkungan ataupun kesehatan. Zat humat akan membagikan warna kuning ataupun coklat yang tidak di inginkan serta berperan sebagai substrat untuk perkembangan mikroorganisme [1]. Beberapa tahun terakhir ini, banyak ditemukan metode atau cara untuk mendegradasi asam humat ialah dengan proses fotokatalis dengan menggunakan semikonduktor TiO₂, sebab memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti tingginya pengoksidasinya, stabil jika dilihat secara fisika dan kimia, serta tidak beracun dan aktivitasnya sangat tinggi [1].

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalis. Fotokatalisis sendiri adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis [2]. Fotokatalis didefinisikan sebagai kombinasi proses fotokimia dan katalis, yaitu proses transformasi kimia yang menggunakan foton sebagai sumber energi dan katalis sebagai sumber energi dan katalis sebagai pemercepat laju transformasi. Proses tersebut didasarkan pada kemampuan ganda suatu material semikonduktor seperti (TiO₂, ZnO, Fe₂O₃, CdS

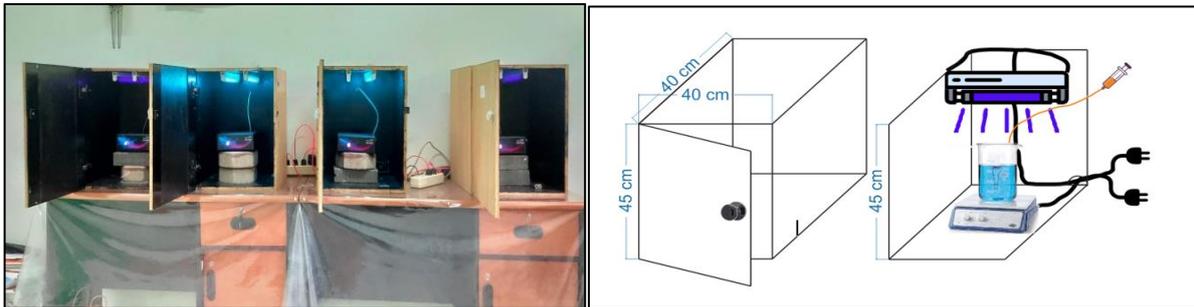
dan ZnS) untuk menyerap foton dan melakukan reaksi transformasi antar muka material secara simultan. Fotokatalis TiO_2 merupakan semikonduktor yang memiliki berbagai keunggulan antara lain, memiliki kestabilan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, ketersediaan yang melimpah di alam, dan harga yang relatif murah [3].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dengan mendegradasikan senyawa organik asam humat dengan bantuan cahaya sinar UVA/UVC dengan penambahan TiO_2 dan membandingkan variasi pH serta konsentrasi larutannya

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode fotokatalik, dengan menggunakan katalis semikonduktor TiO_2 yang didapat dari proses sintesis TiO_2 dengan metode sol-gel untuk membantu proses degradasi senyawa asam humat. Terdapat 2 jenis sinar yang digunakan yaitu UVA dan UVC yang bertujuan untuk menentukan sinar yang terbaik dalam mendegradasikan senyawa asam humat. Selanjutnya, dilakukan pengujian dengan variasi pH 3 (asam), 7 (netral) dan 10 (basa) serta dilakukan perbandingan dengan variasi konsentrasi larutan standar asam humat 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Pengujian nilai absorbansinya dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang dari asam humat 254 nm.

Tahapan persiapan pada penelitian ini diantaranya persiapan alat dan bahan. Jumlah reaktor yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 buah reaktor yang di dalamnya terdapat masing-masing 2 pasang lampu UVA dan UVC dengan daya 8 watt pada tiap reaktor dan *magnetic stirrer* di dalamnya. Reaktor tersebut terbuat dari bahan kayu *plywood* yang dalamnya di cat dengan warna hitam. Ukuran dari empat reaktor tersebut yaitu panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 45 cm. Jarak dari lampu ke larutan ialah 8 cm. Visual dari reaktor tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor Fotokatalis

Pembuatan larutan induk asam humat, sebanyak 0,05 gram asam humat ditimbang lalu dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL ditambahkan akuades hingga batas tinggi permukaan larutan 0,5 hingga 1 cm dan dihomogenkan. Pembuatan larutan standar asam humat, dimasukkan 15 mL larutan induk asam humat ke dalam gelas kimia 500 mL lalu ditambahkan akuades pH 7 hingga batas tinggi permukaan larutan 0,5 hingga 1 cm dan dihomogenkan, kemudian dibuat larutan standar asam humat dengan konsentrasi 15, 20, dan 25 ppm ke dalam gelas kimia.

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan beberapa larutan standar asam humat variasi konsentrasi tertentu. Kemudian dibuat variasi konsentrasi larutan standar asam humat yaitu 11, 13, 15, 18, 20, 23 dan 25 ppm. Pada masing-masing konsentrasi standar diukur absorbansinya sebanyak tiga kali dengan Spektrofotometer UV-VIS lalu di dapatkan nilainya, dengan panjang gelombang maksimum 254 nm.

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$



Dilakukan pengujian dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Data yang didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan persamaan nilai absorbansi sampel, C_0 menunjukkan nilai konsentrasi awal, C_t adalah konsentrasi senyawa organik dan t adalah waktu.

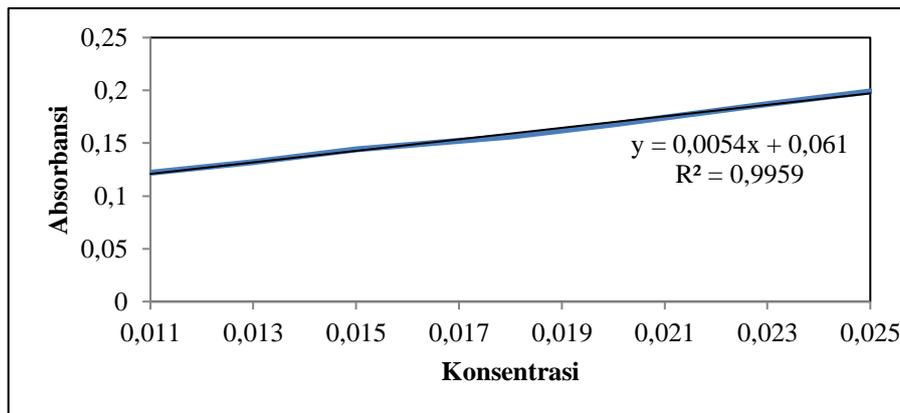
3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan beberapa larutan standar asam humat variasi konsentrasi tertentu. Kemudian dibuat variasi konsentrasi larutan standar asam humat yaitu 11, 13, 15, 18, 20, 23 dan 25 ppm. Pada masing-masing konsentrasi standar diukur absorbansinya sebanyak tiga kali dengan Spektrofotometer UV-VIS lalu di dapatkan nilainya, dengan panjang gelombang maksimum 254 nm. Untuk data kurva kalibrasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Nilai Kurva Kalibrasi Asam Humat

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
11	0,122
13	0,132
15	0,144
18	0,156
20	0,168
23	0,187
25	0,199



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Asam Humat

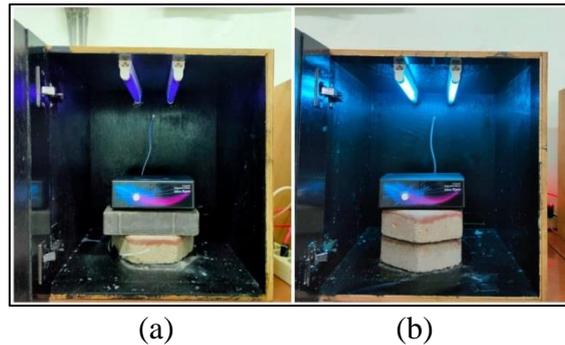
Berdasarkan Gambar 1, persamaan garis yang didapatkan dari kurva kalibrasi yaitu $y = 0,0054x + 0,061$ dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9959. Nilai dari koefisien korelasi (r) yang mendekati 1 dari kurva kalibrasi menunjukkan korelasi antara konsentrasi dan absorbansi. Harga koefisien korelasi tersebut telah memenuhi dari beberapa syarat linearitas yang diterima karena lebih besar dari 0,9950 [4]. Hal demikian menunjukkan bahwa metode tersebut menghasilkan kelinearan yang berarti baik, sehingga hasil tersebut dapat dijadikan kurva kalibrasi standar dalam pengukuran.

Uji linieritas pada kurva kalibrasi larutan standar ini bertujuan untuk menentukan rentang konsentrasi yang dapat menghasilkan keterdekatan cukup terhadap kurva garis linear. Ketika garis berada pada rentang linieritas, maka antara konsentrasi (x) dan absorbansi (y) akan memberikan persamaan yang benar, hal demikian sampel larutan standar yang akan dilakukan analisis harus tepat berada pada rentang linieritas

kurva kalibrasi standar tersebut. Maka dari itu penentuan konsentrasi larutan standar asam humat dapat dilakukan dengan tepat. Ketika meningkatnya konsentrasi pada larutan standar maka akan menghasilkan absorbansi yang semakin besar juga [5].

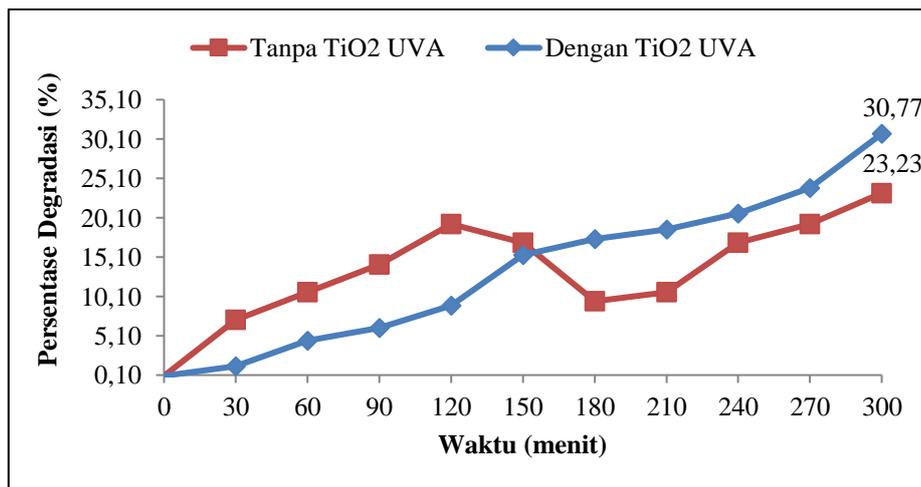
Penentuan Jenis Sinar

Pada percobaan ini digunakan 2 jenis sinar UV untuk menentukan sinar terbaik dalam melakukan proses fotokatalis ialah sinar UVA dan UVC dapat dilihat pada Gambar 2. Percobaan ini menggunakan larutan standar asam humat dengan pH 7 dan konsentrasi larutan 15 ppm. Pengamatan dilakukan selama 5 jam (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 dan 300 menit) dengan tiap 30 menit pengambilan sampel dengan spuit sebanyak 5 mL dan dilakukan 3 kali pengulangan pengamatan.

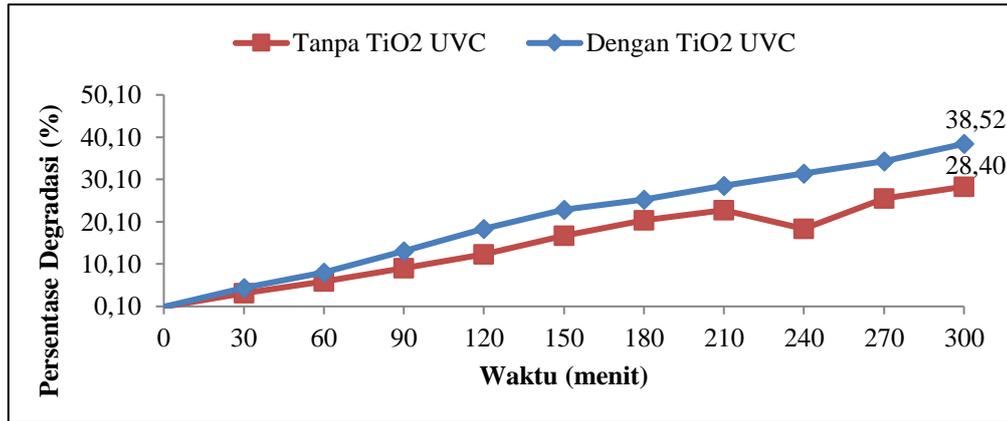


Gambar 2. Reaktor dengan Sinar (a) UVA dan (b) UVC

Hasil perbandingan proses fotolisis dan fotokatalis dengan sinar UVA dan UVC ialah, pada sinar UVA hasil persentase penurunan degradasi senyawa asam humat proses fotolisis ialah 23,23%, pada proses fotokatalis dengan penambahan katalis TiO_2 didapatkan hasil persentase degradasinya sebesar 30,77%. Pada penggunaan sinar UVC, hasil yang didapatkan pada proses fotolisis atau tanpa penambahan katalis TiO_2 ialah 28,40%, sedangkan pada proses fotokatalis yaitu dengan menambahkan katalis TiO_2 sebagai pemicu katalisnya hasilnya 38,52%. Perbandingan secara visual pada sinar UVA dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan pada sinar UVC dapat dilihat pada Gambar 4.

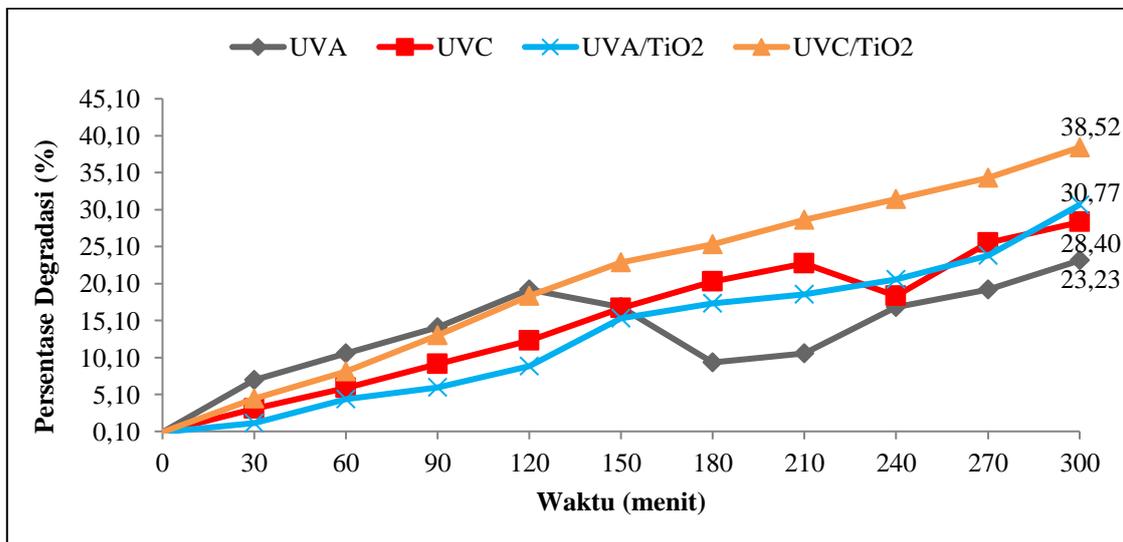


Gambar 3. Grafik Perbandingan Persentase Degradasi Asam Humat dengan dan Tanpa TiO_2 Sinar UVA



Gambar 4. Grafik Perbandingan Persentase Degradasi Asam Humat dengan dan Tanpa TiO₂ Sinar UVC

Untuk menentukan jenis sinar terbaik yang digunakan dalam mendegradasikan kandungan zat organik yang terdapat pada sampel larutan standar asam humat, perlu dilakukan perbandingan dengan menggunakan sinar UVA dan sinar UVC dengan proses fotokatalis. Perbandingan hasil dari persentase penurunan degradasi zat organik pada sampel larutan standar asam humat dengan menggunakan sinar UVA dan UVC, sinar UVC persentasenya 38,52% dibandingkan dengan proses fotokatalis menggunakan sinar UVA persentasenya 30,77%. Dalam penelitian ini, degradasi asam humat dibawah sinar UVC lebih baik daripada dibawah sinar UVA. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, katalis TiO₂ menyerap sinar UVC dan bukan sinar UVA. Maka dari itu, larutan standar asam humat lebih reaktif ketika ditambahkan TiO₂ dengan sinar UVC. Kedua, muatan elektron dan lubang *hole* yang dihasilkan dengan sinar UVC memiliki daya reduksi dan osidasi yang lebih baik atau kuat dibandingkan dengan menggunakan sinar UVA karena sinar UVC memiliki energi yang lebih kuat. Akibatnya, larutan standar asam humat lebih mudah reaktif dibawah sinar UVC. Perbandingan secara visual dari keempat perlakuan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

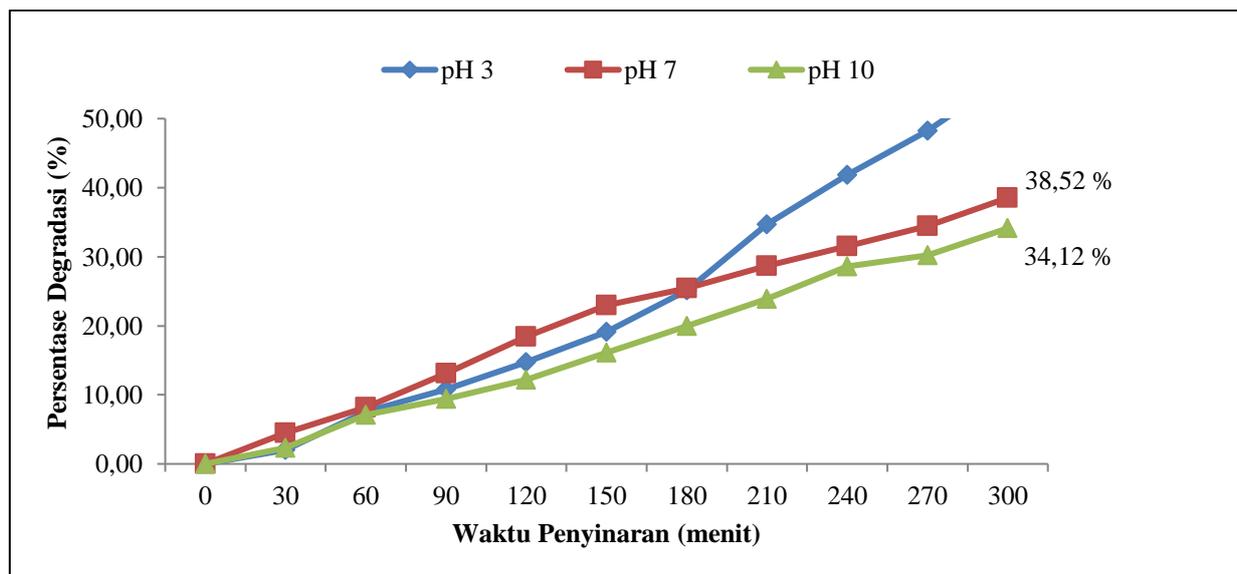


Gambar 5. Grafik Perbandingan Persentase Degradasi Asam Humat UVA, UVC, UVA/TiO₂ dan UVC/TiO₂



Penentuan Jenis Variasi pH

Setelah didapatkan hasil variasi sinar terbaik yaitu dengan menggunakan sinar UVC, kemudian dilakukan percobaan selanjutnya untuk menentukan pH terbaik dalam mendegradasikan bahan organik yang terdapat pada larutan standar asam humat. Hasil uji yang didapatkan dari pH optimum yang paling baik untuk menurunkan bahan organik pada larutan standar asam humat ialah pada kondisi pH 3 (asam) dengan persentase degradasi pada pH 3 sebesar 56,18%. Jika dibandingkan dengan pH 7 (netral) nilai persentasenya 38,52% dan pada kondisi pH 10 (basa) nilai penurunan polutannya sebesar 34,12%. Perbandingan variasi pH secara visual dapat diamati pada Gambar 6.

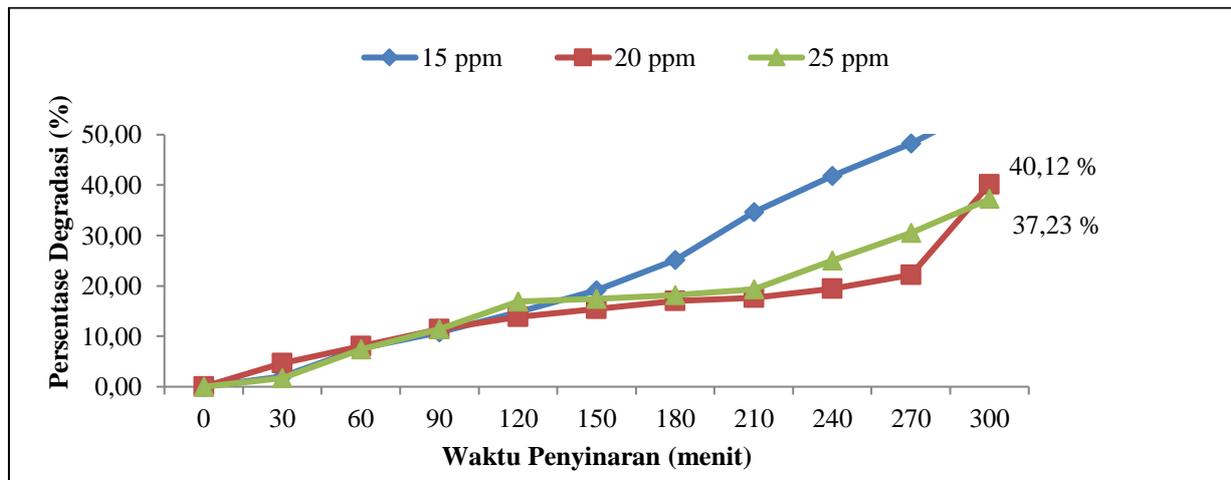


Gambar 6. Perbandingan Variasi pH

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa persentase efisiensi asam humat meningkat pada kondisi pH asam, tetapi menurun pada nilai pH netral dan basa. pH pada larutan merupakan sebuah faktor yang penting dalam melakukan proses fotokatalik melalui pengaruhnya terhadap penyerapan senyawa organik pada permukaan katalis. Dari berbagai kasus tentang degradasi asam humat dengan proses fotokatalis. Menunjukkan bahwa efisiensi penurunan polutannya diperoleh pada nilai pH asam. Pada larutan pH asam, molekul yang terdapat pada asam humat mudah terdegradasi oleh radikal hidroksil. Pada pH yang lebih tinggi, lebih banyak gugus fungsi yang terisolasi untuk menghasilkan muatan negatif yang lebih besar. Asam humat tersebut mengandung gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik terutama dalam bentuk karboksil, hidroksil alkohol, hidroksil fenolik dan karbonil.

Penentuan Jenis Variasi Konsentrasi Larutan

Setelah didapatkan hasil dari variasi pH optimum terbaik yaitu menggunakan pH 3 (asam), selanjutnya pada penelitian ini menentukan konsentrasi ppm terbaik dalam mendegradasikan bahan organik yang ada pada larutan standar asam humat tersebut. Untuk menentukan nilai konsentrasi ppm terbaik dalam mendegradasikan bahan organik dalam larutan, pertama-tama dibuat larutan standar asam humat dengan konsentrasi larutan masing-masing 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm dengan menggunakan pH 3 (asam) dan ditambahkan katalis TiO_2 0,5 gram. Pengaruh variasi konsentrasi larutan asam humat terhadap proses fotokatalitik dapat diamati pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Nilai Konsentrasi

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa yang didapatkan pada konsentrasi 15 ppm, persentase degradasinya ialah 56,18%, pada konsentrasi 20 ppm hasilnya 40,12% dan pada variasi konsentrasi 25 ppm didapatkan hasil persentase degradasinya sebesar 37,23%. Hal yang mempengaruhi perbedaan hasil yang didapatkan ialah karena tingkat kekeruhan dari larutan standar asam humat tersebut. Semakin tinggi konsentrasi larutannya maka larutan tersebut akan semakin keruh pula, begitu pula sebaliknya, apabila tingkat konsentrasi larutannya rendah maka kekeruhan pada larutan tersebut terlihat bening atau tidak terlalu keruh. Nilai absorbansi pada larutan standar asam humat sangat berbanding lurus dengan konsentrasi larutannya, semakin besar nilai konsentrasinya maka semakin besar pula absorbansi yang terukur. Nilai variasi ppm terbaik dalam mendegradasikan bahan organik pada larutan standar asam humat ialah pada konsentrasi 15 ppm dengan persentase degradasinya 56,18%.

Pengaruh Waktu Terhadap Proses Fotokatalis

Tujuan dari pengaruh waktu penyinaran adalah untuk mengetahui tingkat keefektifan proses fotokatalis dengan TiO_2 dalam mendegradasikan zat organik atau polutan pada sampel larutan standar asam humat. Proses fotokatalis untuk waktu penyinaran optimumnya dilakukan selama 5 jam (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 dan 300 menit) dengan setiap 30 menit diambil sampelnya untuk mengetahui nilai absorbansinya, terdapat 11 sampel ditiap 30 menitnya. Penentuan nilai persentase degradasi dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali kemudian dirata-ratakan hasilnya dan dimasukkan kedalam rumus $\%(D)$. Terlihat jelas pada kurva bahwa penurunan persentase degradasinya meningkat seiring dengan meningkatnya waktu penyinaran yang digunakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sinar UVC lebih baik dalam mendegradasikan senyawa organik asam humat dengan persentase degradasi sebesar 38,52% dan waktu kontak selama 5 jam (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 dan 300 menit). Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa persentase efisiensi asam humat meningkat pada kondisi pH 3 (asam) sebesar 56,18% dan konsentrasi larutan rendah 15 ppm. Asam humat pada konsentrasi larutan yang lebih rendah mampu mendegradasikan bahan organik yang terdapat pada larutan. Semakin rendah konsentrasi pada larutan tersebut maka polutan yang terdapat pada larutan akan lebih mudah untuk terdegradasi.



Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mulawarman yang telah membantu mendanai penelitian ini, dan ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Teknologi Lingkungan Universitas Mulawarman Samarinda atas fasilitas yang sudah disediakan selama penelitian serta ucapan terimakasih kepada bapak Ir. Fahrizal Adnan, S.T., M. Sc, atas segala bimbingan dan masukannya.

Referensi

- [1] R. Zila dan R. Zainul, "Fototransformator Asam Humat Menggunakan Semikonduktor TiO₂ Doping Cu," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 8, no. 1, pp. 37–40, 2019.
- [2] S. Malato, J. Blanco, A. Campos, J. Caceres, C. Guillard, J. M. Herrmann, dan A. R. Fernandez-Alba, "Effect of operating parameters on the testing of new industrial titania catalysts at solar pilot plant scale," *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 42, no. 4, pp. 349–357, 2003.
- [3] Slamet, "Photocatalytic Reforming of Glysero-Water Over Nitrogen and Nickel-Doped Titanium Dioxide Nanoparticles," *Journal of Engineering & Technology IJET*, vol. 12, no. 6, 2012.
- [4] Vishalli, R. Kaur, K. K. Raina, dan K. Dharamvir, "Investigation on single walled carbon nanotube thin films deposited by langmuir blodgett method," dalam *AIP Conference Proceedings*, vol. 1661, 2015, pp. 1–38. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1063/1.4915424>
- [5] Diana, "Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Makanan Kaleng menggunakan Destruksi Basah dan Destruksi Kering". *J. Alchemy*, vol. 2, no. 1, pp. 12- 25, 2012.
- [6] W. Andayani dan N. M. Bagyo, "TiO₂ Beads for Photocatalytic Degradation of Humic Acid In Peat Water". *Indo.J.Chem*, vol. 11, no. 3, pp. 253–257, 2010.
- [7] P. Astuti, N. Idiawati, dan L. Destiarti, "Validasi Metode Pengukuran Kadar Asam Humat Hasil Ekstraksi Kalium Hidroksida Dengan Spektrofotometri Ultraviolet," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 4, no. 2, pp. 69–77, 2016.
- [8] S. Babel, P.A. Sekartaji, dan H. Sudrajat, "TiO₂ as an effective nanocatalyst for photocatalytic degradation of humic acid in water environment," *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, vol. 66, no. 1, pp. 25–35, 2017. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.2166/aqua.2016.102>
- [9] N. R. Fraditasari, S. Wardhani, M. M. Khunur, "Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N: Kajian Pengaruh Sinar dan Konsentrasi TiO₂," *Jurnal Kimia, J., & Brawijaya, U.* (n.d.), pp. 407-418, 2015.
- [10] S. A. Pataya, P. L. Gareso, dan E. Juarlin, "Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (TiO₂) yang Ditumbuhkan dengan Metode Spin Coating di atas Substrat Kaca". *Jurnal Fisika, Universitas Hasanuddin*, 2016.
- [11] S. U. Ramadhani, L. Destiarti, dan I. Syahbanu, "Degradasi Bahan Organik Pada Air Gambut," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 6, no. 1, pp. 50–56, 2017.
- [12] I. K. Sumerta, K. Wijaya, dan I. Tahir, "Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO₂-Montmorilonit dan Sinar UV," dalam *Seminar Nasional Pendidikan Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta*, Yogyakarta, 2002.