

# Degradasi Asam Humat Dengan Katalis TiO<sub>2</sub>/N Menggunakan Cahaya Matahari

Syifa Rahma Ayunda, Rahadian Zainul\*, Ananda Putra, Budhi Oktavia

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Sumatera Barat-Indonesia

\*rahadianzmsiphd@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — Humic acid is a heterogeneous molecule of organic substance present in a peat water, which is carcinogenic is difficult to degrade. This study aims to degrade humic acid using the photocatalyst method is an environmentally friendly method. The photocatalyst used was TiO<sub>2</sub> doped Nitrogen 8%. This study used reactor mobile hexagonal with variations in stirring speed, namely 500, 1000 rpm, and without stir with an irradiation time of 1 to 3 hours. Result of degradation analyzed using UV-Vis spectrophotometer. The degradation results obtained using stirring have a higher percentage of degradation than without stirring. The maximum degradation percentage obtained in this study was 76,27% with 500 rpm stirrings at 2 hours irradiation.

**Keywords** — humic acid, photocatalytic, TiO<sub>2</sub> doped Nitrogen 8%, stirring, percentage of degradation

## I. PENDAHULUAN

Sumber daya lahan yang mempunyai fungsi hidrologis yang berpotensi untuk penyimpanan air adalah lahan gambut. air yang terdapat pada air rawa gambut berwarna merah kecoklatan, pH rendah, terdapat zat organik yang tinggi, air keruh, partikel yang tersuspensi, rendahnya kation, air gambut yang berwarna disebabkan oleh adanya kandungan zat organik yang tinggi yang terlarut dalam bentuk asam humus serta turunannya [1]. Air gambut memiliki zat organik yaitu senyawa humat yang sulit diurai oleh makhluk hidup sehingga menyebabkan warna, bau, dan juga rasa pada air [2].

Air gambut tidak layak dikonsumsi terlebih dahulu, hal ini diatur pada peraturan pemerintah No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air [3]. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan dengan menggunakan metode fotokatalis, yaitu proses dalam degradasi asam humat menggunakan katalis dan dibantu oleh cahaya [4], yang menghasilkan radikal hidroksil kemudian bereaksi redoks dengan senyawa organik, sehingga limbah akan kembali jernih karna terpisah dari polutannya. Kemudian polutan itu akan diubah menjadi O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang lebih ramah lingkungan [5].

Pada penelitian ini, katalis yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub>. Karena TiO<sub>2</sub> memiliki sifat yang tidak beracun [6], sifat optik yang baik [7], merupakan material yang murah [8], memiliki aktivitas fotokatalis yang baik [9]. Metode fotokatalik TiO<sub>2</sub> banyak memiliki kegunaan, digunakan sebagai penjernih air, untuk membersihkan udara, pelapis antimikroba dan kaca self-cleaning. Penelitian tentang teknik fotokatalik yang diaplikasikan pada degradasi senyawa organik terus berkembang. Akan tetapi, lampu UV masih digunakan sebagai

sumber sinar untuk proses degradasi yang dikarenakan band gap energi dari TiO<sub>2</sub> cukup besar, yaitu 3,2 eV. Sehingga jika menggunakan sinar matahari kurang efisien karena hanya 5% dari spectrum sinar matahari.

Penggunaan fotokatalis TiO<sub>2</sub> dengan bantuan lampu UV dinilai dapat menimbulkan masalah yang serius karena penggunaan lampu UV memerlukan energi yang banyak sehingga biaya yang dikeluarkan juga besar. Dewasa ini, penggunaan TiO<sub>2</sub> pada cahaya tampak untuk aktivitasnya dalam mendegradasi polutan organik banyak dilakukan modifikasi sehingga efisien digunakan pada cahaya matahari atau cahaya dalam ruangan [10].

Pergeseran penyerapan spektrum sinar kedalam sinar tampak terjadi karena adanya pendekatan yaitu modifikasi struktur kimia dari fotokatalis TiO<sub>2</sub> di mana melibatkan pengantar (doping) baik dari logam maupun non logam. Sumber Nitrogen yang digunakan dalam pembuatan TiO<sub>2</sub> dopan-N yaitu urea yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi, murah dan mudah didapatkan [11].

Pada penelitian ini dilakukan degradasi asam humat dengan menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> doping Nitrogen. Proses degradasi dilakukan pada reaktor *mobile hexagonal* dan juga dilakukan pada cahaya matahari atau di luar ruangan dengan variasi lama waktu penyinaran.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas kimia, labu ukur 1000 mL, neraca analitik, spatula, pipet tetes, corong, kaca arloji, reaktor *mobile hexagonal*, spektrofotometer UV-Vis.

B. Bahan

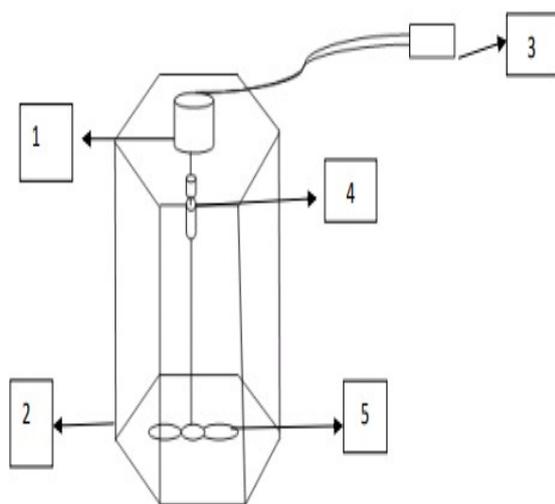
TiO<sub>2</sub> doping Nitrogen 8%, asam humat, aquades

C. Prosedur Penelitian

1) Preparasi larutan asam humat 40 ppm

Preparasi asam humat dengan konsentrasi 40 ppm dilakukan dengan menimbang sebanyak 0,04 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 untuk melihat panjang gelombang maksimum dan absorbansi awal dari larutan tersebut menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2) Desain reaktor mobile hexagonal



Gambar 1. Desain reaktor mobile hexagonal [12].

Keterangan:

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

3) Degradasi asam humat menggunakan TiO<sub>2</sub>-N 8% tanpa pengadukan

Pada proses degradasi asam humat menggunakan TiO<sub>2</sub>-N 8% tanpa pengadukan, dilakukan dengan menambahkan 0,1 gram TiO<sub>2</sub>-N 8% ke dalam reaktor mobile hexagonal. Menambahkan 200 mL larutan asam humat 40 ppm ke dalam reaktor. Menyinari dengan cahaya matahari dengan lama waktu penyinaran 1, 2, dan 3 jam dan intensitas cahaya diukur menggunakan lightmeter. Asam humat setelah degradasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat absorbansi.

4) Degradasi asam humat menggunakan TiO<sub>2</sub>-N 8% dengan pengadukan 500 dan 1000 rpm

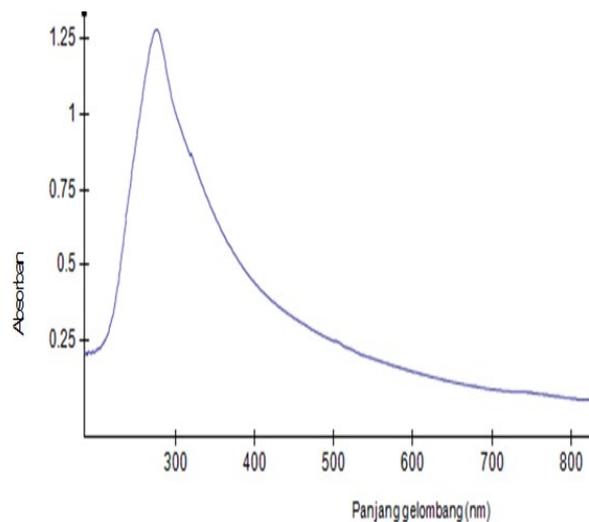
Pada proses degradasi asam humat menggunakan TiO<sub>2</sub>-N 8% dengan pengadukan 500, dan 1000 rpm, dilakukan dengan menambahkan 0,1 gram TiO<sub>2</sub>-N 8% ke dalam reaktor. Menambahkan 200 mL larutan asam humat 40 ppm ke dalam reaktor. Dilakukan pengadukan dengan kecepatan 500 rpm dengan lama waktu penyinaran 1, 2, dan 3 jam. Intensitas

cahaya diukur dengan lightmeter. Untuk menganalisa hasil dari degradasi asam humat yaitu berupa absorbansi digunakan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan yang sama dilakukan untuk pengadukan 1000.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi larutan asam humat 40 ppm

Preparasi larutan asam humat konsentrasi 40 ppm. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum asam humat 40 ppm digunakan spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 2. Spektrum panjang gelombang maksimum asam humat 40 ppm

Panjang gelombang maksimum asam humat dengan konsentrasi 40 ppm didapatkan pada panjang gelombang 276 nm, akan tetapi pada penelitian ini panjang gelombang yang digunakan adalah 400 nm dikarenakan proses degradasi dilakukan pada cahaya tampak atau pada cahaya matahari langsung sehingga panjang gelombang yang dipakai pada penelitian ini adalah 400 nm.

B. Desain reaktor mobile hexagonal

Reaktor mobile hexagonal digunakan untuk proses degradasi asam humat, dibuat dengan bentuk persegi enam yang dihubungkan dengan alat untuk pengadukan dengan variasi kecepatan. Terbuat dari kaca transparan yang berfungsi untuk mempermudah cahaya masuk yang berguna dalam proses degradasi asam humat. 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.

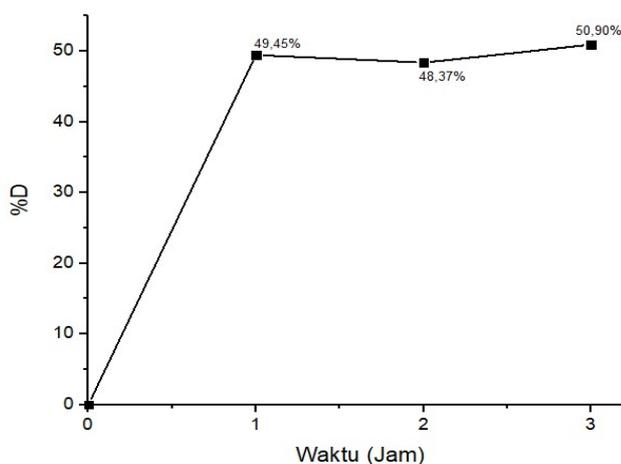
C. Degradasi asam humat menggunakan TiO<sub>2</sub>-N 8% tanpa pengadukan

Proses degradasi asam humat dilakukan dengan menambahkan 0,1 g TiO<sub>2</sub>-N 8% ke dalam reaktor, kemudian ditambahkan larutan asam humat 40 ppm sebanyak 200 mL ke dalam reaktor. Proses degradasi ini dilakukan tanpa pengadukan dengan variasi lama waktu penyinaran 1, 2, dan 3

jam. Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan *lightmeter* pada depan dan belakang reaktor. Band gap energi yang dimiliki  $TiO_2-N$  8% adalah sebesar 2,96 eV. Band gap energi yang rendah akan membuat kinerja dari katalis lebih baik ketika didegradasikan dengan bantuan cahaya matahari. Hasil degradasi yang telah diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis didapatkan persentase degradasi sebagai berikut:

TABEL 1.  
DEGRADASI ASAM HUMAT TANPA PENGADUKAN

Waktu (Jam)	Abs	% Degradasi	Lux Cahaya Depan	Lux Cahaya Belakang
1	0,284	49,45	17656	15789
2	0,287	48,37	18685	17547
3	0,28	50,90	19578	18967



Gambar 3. Grafik degradasi asam humat tanpa pengadukan

Grafik di atas menjelaskan bahwa dari waktu ke waktu pada proses degradasi asam humat tanpa pengadukan ini tidak jauh berbeda dan memiliki grafik naik turun seiring dengan lamanya waktu penyinaran. Ini disebabkan karena intensitas cahaya matahari yang memapari reaktor. Hasil degradasi asam humat di atas juga menjelaskan bahwa adanya pengaruh intensitas cahaya pada proses degradasi asam humat menggunakan fotokatalis  $TiO_2-N$  8%. Persentase degradasi tanpa pengadukan dengan lama penyinaran 1 jam didapatkan sebesar 49,45%, lama penyinaran 2 jam didapatkan persentase degradasi sebesar 48,37%, dan lama waktu penyinaran 3 jam didapatkan persentase degradasi sebesar 50,90%. Persentase degradasi mengalami penurunan pada waktu 1 jam ke 2 jam dan terjadi kenaikan kembali pada waktu 3 jam. Hal ini disebabkan karena ditinjau dari intensitas cahaya matahari yang mengenai reaktor pada proses degradasi.

D. Degradasi asam humat menggunakan  $TiO_2-N$  8% dengan pengadukan 500 dan 1000 rpm

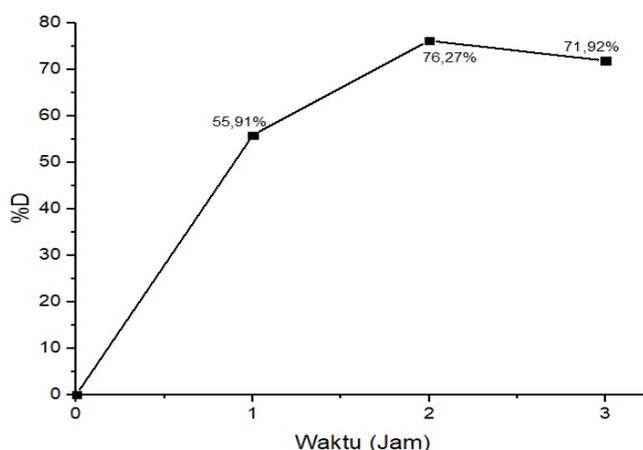
1) Degradasi asam humat dengan pengadukan 500 rpm

Degradasi asam humat dengan menggunakan kecepatan pengadukan 500 rpm dengan bantuan cahaya

matahari ini mempunyai hasil yang berbeda dengan degradasi asam humat tanpa menggunakan pengadukan. Degradasi dengan pengadukan ini akan membuat molekul asam humat bereaksi cepat dengan radikal hidroksil yang memutus ikatan asam humat sehingga asam humat dapat terurai. Hasil dari penguraian asam humat akan menghasilkan  $H_2O$  dan  $CO_2$  [13]. Dari hasil yang didapatkan, degradasi asam humat menggunakan kecepatan pengadukan 500 rpm ini mendapatkan hasil persentase degradasi yang lebih tinggi dibandingkan degradasi asam humat tanpa menggunakan pengadukan. Adapun absorbansi dan persentase degradasi pengadukan 500 rpm sebagai berikut:

TABEL 2.  
DEGRADASI ASAM HUMAT PENGADUKAN 500 RPM

Waktu (Jam)	Abs	% Degradasi	Lux Cahaya Depan	Lux Cahaya Belakang
1	0,267	55,91	25443	23198
2	0,21	76,27	28902	26506
3	0,222	71,92	27652	14691



Gambar 4. Grafik degradasi asam humat pengadukan 500 rpm

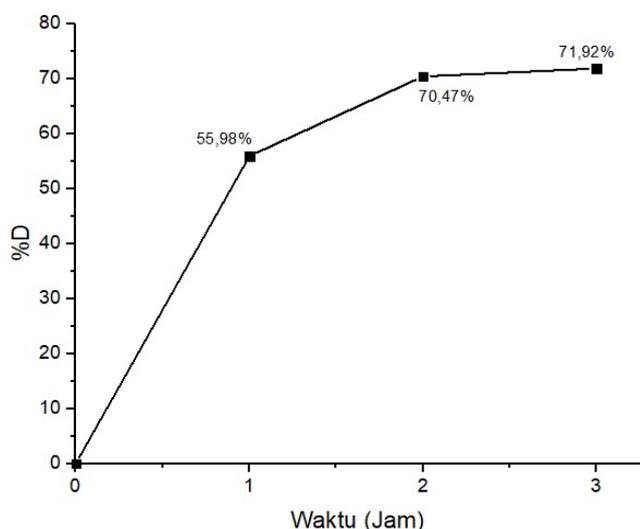
Grafik di atas menjelaskan bahwa persentase degradasi dari waktu ke waktu pada proses degradasi asam humat menggunakan kecepatan pengadukan 500 rpm mengalami peningkatan dari 1 jam ke 2 jam, akan tetapi mengalami penurunan kembali pada waktu 3 jam. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari berpengaruh dalam proses degradasi asam humat, dan pengadukan juga berpengaruh dalam proses degradasi. Pengaruh pengadukan pada proses degradasi asam humat dapat dilihat pada perbandingan degradasi asam humat tanpa pengadukan dengan asam humat dengan menggunakan pengadukan 500 rpm. Hasil persentase degradasi menggunakan pengadukan 500 rpm dengan lama waktu penyinaran 1 jam adalah 55,91%, lama waktu penyinaran 2 jam didapatkan persentase sebesar 76,27%, dan lama waktu penyinaran 3 jam didapatkan persentase degradasi sebesar 71,92%.

2) Degradasi asam humat dengan pengadukan 1000 rpm

Degradasi asam humat dengan menggunakan kecepatan pengadukan 1000 rpm dengan bantuan cahaya matahari ini mempunyai hasil yang juga berbeda dengan degradasi sebelumnya. Hasil degradasi asam humat menggunakan kecepatan pengadukan 1000 rpm adalah sebagai berikut:

TABEL 3.  
DEGRADASI ASAM HUMAT PENGADUKAN 1000 RPM

Waktu (Jam)	Abs	% Degradasi	Lux Cahaya Depan	Lux Cahaya Belakang
1	0,266	55,98	24812	21281
2	0,226	70,47	24633	23031
3	0,222	71,92	27067	18385



Gambar 5. Grafik degradasi asam humat pengadukan 1000 rpm

Grafik di atas menjelaskan bahwa dari waktu ke waktu proses degradasi asam humat menggunakan pengadukan 1000 rpm ini memiliki grafik yang naik seiring dengan lamanya waktu penyinaran. Hal ini disebabkan oleh pengaruh intensitas cahaya matahari yang mengenai reaktor. Persentase degradasi yang didapatkan dengan menggunakan kecepatan pengadukan 1000 rpm dengan lama waktu penyinaran selama 1 jam adalah sebesar 55,98%, lama penyinaran 2 jam didapatkan persentase degradasi sebesar 70,47%, dan lama waktu penyinaran selama 3 jam didapatkan persentase degradasi sebesar 71,92%. Persentase degradasi mengalami kenaikan pada waktu lama penyinaran 1 jam ke lama waktu penyinaran 2 jam, begitupun pada waktu lama penyinaran 3 jam. Kenaikan persentase degradasi disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang mengenai reaktor. Pada degradasi menggunakan kecepatan pengadukan ini memiliki grafik yang naik seiring dengan lama waktu penyinaran, ini disebabkan karena intensitas dari cahaya yang memapari reaktor [14].

Degradasi asam humat menggunakan fotokatalis tanpa pengadukan ataupun menggunakan pengadukan memiliki

prinsip yang sama yaitu dari energi cahaya menyebabkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dari pita valensi. Eksitasi akan membuat hole pada pita valensi yang akan bereaksi dengan molekul air dan membentuk radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Satu elektron yang tereksitasi pada pita konduksi akan bereaksi dengan oksigen membentuk anion superoksida. Anion superoksida bereaksi dengan  $\text{H}^+$  yang terdapat pada air membentuk oksidator hidrogen peroksida yang berguna dalam pembentukan radikal hidroksil [15]. Radikal hidroksil berperan dalam proses degradasi. Radikal hidroksil yang terbentuk semakin banyak, maka 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 [16].

Perbandingan hasil degradasi menunjukkan bahwa ada pengaruh pengadukan dalam proses degradasi menggunakan reaktor *mobile hexagonal*. Degradasi menggunakan kecepatan pengadukan 500 rpm didapatkan hasil lebih baik dengan persentase degradasi terbaik sebesar 76,27% dengan lama penyinaran 2 jam, pada kecepatan pengadukan 1000 rpm didapatkan hasil lebih baik dengan persentase degradasi terbaik sebesar 71,92% sedangkan tanpa pengadukan memberikan hasil terbaik sebesar 50,90%. Pengadukan pada proses degradasi berperan dalam meratakan reaksi. Pengadukan juga berguna dalam menjaga kestabilan proses adsorpsi dan desorpsi dari permukaan katalis [17]. Proses adsorpsi reaktan yang tidak stabil menimbulkan terjadi kejenuhan pada permukaan katalis yang disebabkan adanya reaksi rekombinan [18]. 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

Persentase degradasi asam humat tertinggi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-N}$  8% tanpa menggunakan pengadukan adalah sebesar 50,90%, sedangkan persentase degradasi asam humat tertinggi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-N}$  8% dengan menggunakan kecepatan pengadukan 500 rpm pada reaktor *mobile hexagonal* adalah sebesar 76,27%. Proses degradasi asam humat menggunakan reaktor *mobile hexagonal* dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan dan juga intensitas cahaya matahari yang mengenai reaktor.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Rahadian Z., S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing dan penasehat akademik, Ibu Fitri Amelia, S.Si., M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP, Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Prodi Jurusan Kimia FMIPA UNP.

## REFERENSI

- [1] Kusnaedi, M. A. G. Kotor untuk Air Minum. *Penebar Swadaya, Jakarta, Hal*, 17-20. 2006.
- [2] Andayani, W., & Bagyo, A. N. TiO<sub>2</sub> Beads For Photocatalytic Degradation of Humic Acid in Peat Water. *Indonesian Journal of Chemistry*, 11(3), 253-257. 2011.
- [3] Juhra, F., & Notodarmodjo, S. Degradasi Zat Warna pada Air Gambut Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi dan Fotokatalitik ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 42-51. 2016.
- [4] Oskoei, V., Dehghani, M., Nazmara, S., Heibati, B., Asif, M., Tyagi, I., Gupta, V. K. Removal of humic acid from aqueous solution using UV/ZnO nano-photocatalysis and adsorption. *Journal of Molecular Liquids*, 213, 374-380. 2016.
- [5] Wang, D., Guo, Z., Peng, Y., & Yuan, W. Visible light induced photocatalytic overall water splitting over micro-SiC driven by the Z-scheme system. *Catalysis Communications*, 61, 53-56. 2015.
- [6] Chen, D., Zhu, Q., Zhou, F., Deng, X., & Li, F. Synthesis and photocatalytic performances of the TiO<sub>2</sub> pillared montmorillonite. *Journal of hazardous materials*, 235, 186-193. 2012.
- [7] Wei, B.-X., Zhao, L., Wang, T.-J., Gao, H., Wu, H.-X., & Jin, Y., Photo-stability of TiO<sub>2</sub> particles coated with several transition metal oxides and its measurement by rhodamine-B degradation. *Advanced Powder Technology*, 24(3), 708-713. 2013.
- [8] Smith, W., Mao, S., Lu, G., Catlett, A., Chen, J., & Zhao, Y. The effect of Ag nanoparticle loading on the photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> nanorod arrays. *Chemical Physics Letters*, 485(1-3), 171-175. 2010.
- [9] Habib, M. A., Shahadat, M. T., Bahadur, N. M., Ismail, I. M., & Mahmood, A. J. Synthesis and characterization of ZnO-TiO<sub>2</sub> 2 nanocomposites and their application as photocatalysts. *International nano letters*, 3(1), 5. 2013.
- [10] Anpo, M. Utilization of TiO<sub>2</sub> photocatalysts in green chemistry. *Pure and Applied Chemistry*, 72(7), 1265-1270. 2000.
- [11] Riyani, K., Setyaningtyas, T., & Dwiasih, D. W. Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(5). 2012.
- [12] Zilla, R., Purnamasari, D., & Zainul, R. *Design of rotary photoreactor using nano Cu/TiO<sub>2</sub> for degradation humic acid in outdoor visible light*. 2020. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Zainul, R., et al., *Fotokatalis Fototransformasi Asam Humat*. 2020.
- [17] 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.
- [18] Rahmadhanty, S. and R. Zainul, *Design Of Humat Acid Solid Solution Reactor Through Phototransformation Of Copper Oxide (CuO) Semiconductor Plate*. 2018.