



Foto Fenton UVC dengan Menggunakan $H_2O_2/FeSO_4$ dalam Mendegradasi Variasi pH dan Konsentrasi Asam Humat

Fahrizal Adnan¹⁾, Ika Meicahayanti¹⁾, Muhammad Singgih¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik/Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman

E-mail: fahrizaladnan@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Asam humat merupakan senyawa organik heterogen yang terdegradasi dan umumnya berwarna kuning hingga hitam yang diakibatkan dari peran senyawa ini sebagai substrat bagi perkembangan mikroorganisme. Asam humat dapat bereaksi dengan spesi klor yang umum digunakan dalam disinfektan sehingga menghasilkan trihalometana (THM) yang dapat menyebabkan kanker dan keracunan pada manusia, sehingga diperlukan proses untuk mendegradasi asam humat sebelum membentuk THM. Salah satu metode yang dapat mendegradasi asam humat ialah metode foto fenton. Tujuan penelitian kali ini ialah mengetahui pengaruh pH larutan asam humat dan pengaruh variasi konsentrasi larutan asam humat terhadap foto fenton dalam mendegradasi senyawa asam humat. Penelitian ini menggunakan variasi pH 3, 4, dan 5. Setelah didapatkan pH optimum, maka dilanjutkan dengan uji variasi konsentrasi asam humat sebesar 15, 20, dan 25 ppm. Hasil yang didapatkan ialah pH optimum dalam mendegradasi asam humat menggunakan metode foto fenton yaitu pH 5 dengan persen degradasi di menit ke-300 sebesar 88,617%, sedangkan pada pH 4 didapatkan sebesar 86,175% dan pH 3 sebesar 75,408%. Perbedaan hasil yang didapatkan karena semakin pH mendekati basa, maka semakin banyak OH^{\bullet} yang dihasilkan. Konsentrasi optimum yang didapatkan dalam mendegradasi asam humat ialah 15 ppm dengan persen degradasi pada menit ke-300 sebesar 88,617%, sedangkan pada 20 ppm didapatkan sebesar 87,751% dan 25 ppm sebesar 86,504%. Perbedaan hasil didapatkan karena semakin rendah konsentrasi pada larutan maka polutan yang terdapat pada larutan lebih mudah untuk terdegradasi. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa pH sangat berpengaruh terhadap proses foto fenton, sedangkan konsentrasi larutan asam humat tidak terlalu berpengaruh.

Kata Kunci: Asam Humat, Trihalometana, Foto Fenton, pH Asam Humat, Konsentrasi Asam Humat

ABSTRACT

Humic acid is a degraded heterogeneous organic compound, typically yellow to black, resulting from its role as a substrate for microbial growth. It can react with chloro-species, commonly used in disinfectants, resulting in the formation of trihalomethanes (THMs), which can cause cancer and poisoning in humans, so a method is needed to degrade humic acid before it forms THMs. One method that can degrade humic acid is the photo-Fenton method. This research aimed to determine the effect of the humic acid solution's pH value and the varying concentrations of the humic acid solution on the photo-Fenton method in degrading those. In this study, variations of pH 3, 4, and 5 were used. After obtaining the optimum pH, variations of humic acid concentration of 15 ppm, 20 ppm, and 25 ppm were tested. The results showed that the optimum pH for degrading humic acid using the photo-Fenton method was pH 5, with a degradation percentage of 88.617% at minute 300, while at pH 4 the percentage was 86.175% and at pH 3 it was 75.408%. The difference in results is because the closer the pH is to basic, the more OH^{\bullet} is produced. The optimum concentration for degrading humic acid was 15 ppm, with a degradation percentage at minute 300 of 88.617%, while at 20 ppm it was 87.751% and at 25 ppm it was 86.504%. The difference in results is because the lower the concentration in the solution, the easier it is for pollutants to be degraded. From the results obtained, it can be concluded that pH has a significant effect on the photo-Fenton process, while the concentration of the humic acid solution has less of an impact.

Keyword: Humic Acid, Trihalomethane, Photo-Fenton, Humic Acid pH, Humic Acid Concentration.

1. Pendahuluan

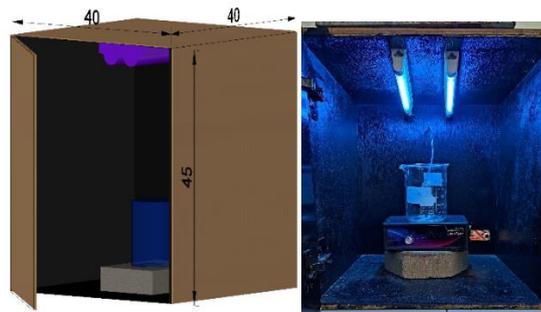
Asam humat merupakan senyawa organik heterogen yang terdegradasi dan umumnya berwarna kuning hingga hitam yang diakibatkan dari peran senyawa ini sebagai substrat bagi perkembangan mikroorganisme (Adnan dkk., 2022). Menurut Adnan dkk. (2022), Keberadaan asam humat dapat menyebabkan masalah lingkungan, sehingga senyawa ini harus diolah. Asam humat merupakan senyawa organik yang berperan sebagai substrat bagi perkembangan mikroorganisme, memberikan warna kuning atau coklat yang tidak diinginkan pada air. Asam humat dapat bereaksi dengan spesi klor ($OCl^-/HOCl$), yang banyak digunakan dalam disinfektan sehingga menghasilkan trihalometana (THM). Trihalometana dapat menyebabkan kanker dan keracunan pada manusia, sehingga diperlukan proses untuk mendegradasi limbah organik tersebut (Enriyani, 2022). Proses untuk mendegradasi limbah organik dapat dilakukan dengan cara koagulasi-flokuasi yang diikuti dengan dilanjutkan dengan proses biologi lumpur aktif tetapi metode ini memiliki kekurangan yaitu tidak ekonomis dan membutuhkan proses yang sangat lama (Enriyani, 2022), sehingga perlu digunakan metode lain yang lebih efektif salah satunya ialah Foto Fenton dengan bantuan sinar UV.

Metode Fenton adalah salah satu metode untuk degradasi senyawa organik dengan pembentukan radikal bebas OH^\bullet yang diperoleh dari reaksi H_2O_2 dengan ion Fe^{2+} dalam kondisi penyinaran atau tanpa penyinaran sinar Ultra Violet (UV) dari matahari. Pada metode Fenton, hidrogen peroksida (H_2O_2) berfungsi sebagai oksidator dan besi sebagai katalisator. Menurut Sari (2021), metode fenton adalah metode yang paling efektif karena mampu menghemat tempat dan energi, biayanya murah, mudah diaplikasikan, aman, sederhana, proses pengolahan cepat dan efektif. Metode ini juga dapat menguraikan senyawa-senyawa berbahaya yang bersifat non-*biodegradable* dalam limbah melalui oksidasi. Proses oksidasi atau degradasi senyawa organik akan bertambah efektif dengan tambahan paparan sinar UV, proses ini disebut proses Foto Fenton. Proses fenton yang dikombinasi dengan sinar UV memiliki kelebihan yakni waktu pengolahan yang relatif singkat, mudah pengoperasiannya dan bahan baku yang mudah didapatkan (Fauzi, 2018). Peningkatan tingkat oksidasi, dapat dilakukan dengan menggunakan sinar UV sebagai katalisator. Oksidasi dengan katalisator UV dipengaruhi oleh intensitas, waktu penyinaran, dan jenis sinar UV (Ekafitri, 2018). Pada penelitian kali ini, salah satu jenis sinar UV yang dapat digunakan untuk meningkatkan suatu laju reaksi adalah sinar UVC. Sinar UVC memiliki gelombang paling rendah di antara sinar UV lainnya yaitu sebesar 200 – 280 nm, jika panjang gelombang semakin pendek, maka semakin besar energi foton yang dipancarkan (Priantoro, 2020). Menurut Adnan dkk (2022), degradasi terbaik senyawa organik asam humat didapatkan dengan menggunakan sinar UVC. Selain jenis sinar UV, faktor lain yang mempengaruhi proses Foto Fenton ialah pH dan konsentrasi asam humat. Oleh karena itu tujuan penelitian ini ialah mengetahui pengaruh pH larutan asam humat terhadap Foto Fenton dalam mendegradasi senyawa asam humat dan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan asam humat terhadap Foto Fenton dalam mendegradasi senyawa asam humat.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode Foto-Fenton dimana reagen Fenton yang digunakan adalah H_2O_2 dan $FeSO_4$ untuk mendegradasi asam humat. Variabel tetap dalam penelitian ini menggunakan dosis optimal reagen Fenton yaitu H_2O_2 100 ppm, $FeSO_4$ 0,01 g dan sinar uvc untuk proses Foto-Fenton mendegradasi asam humat. Untuk menentukan pH yang optimal dalam proses Foto-Fenton dalam mendegradasi asam humat. Penelitian dilakukan dengan 3 variasi pH yaitu 3, 4, dan 5 menggunakan konsentrasi larutan asam humat sebesar 15 ppm, setelah diperoleh pH yang optimal selanjutnya dilakukan variasi konsentrasi 20 ppm dan 25 ppm.

Tahapan persiapan dilakukan dengan persiapan alat dan bahan. Reaktor yang digunakan dalam penelitian berjumlah 3 buah dengan pemasangan lampu dalam satu kali *running* dipasang lampu UVC dengan daya 8 watt. Reaktor dibuat dengan bahan kayu *plywood* dengan cat berwarna hitam pada bagian dalam reaktor. Ukuran ketiga reaktor berukuran panjang 40 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 45 cm. Penampakan reaktor dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Reaktor Foto Fenton

Pembuatan larutan induk asam humat 500 ppm dilakukan dengan menimbang 0,5 gram asam humat kemudian ditambahkan menggunakan akuades hingga 1 liter. Larutan induk asam humat kemudian diencerkan menjadi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25 ppm. Dilakukan pengukuran kurva kalibrasi untuk penentuan panjang gelombang. Setiap konsentrasi dilakukan pengukuran nilai absorbansi sebanyak tiga kali menggunakan *spektrofotometer UV-VIS*. Hasil rata-rata absorbansi kemudian dihitung nilai koefisien korelasi. Berdasarkan hukum Lambert-Beer nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi, apabila nilai koefisien korelasi yang diperoleh berada pada rentang $0,9 \leq r \leq 1$ maka menunjukkan hasil kelinieran yang baik. Hasil yang diperoleh dari pengukuran kurva kalibrasi diperoleh nilai koefisien relasi sebesar 0,997 pada panjang gelombang 294 nm, sehingga panjang gelombang dapat digunakan.

Tahap uji aktivitas diawali dengan memvariasikan pH yang digunakan yaitu menggunakan pH 3, 4 dan 5. Disiapkan larutan sampel asam humat 15 ppm sebanyak 500 mL kemudian diatur pH larutan sampel menjadi pH 3, 4, dan 5 menggunakan H_2SO_4 dan NaOH . Disiapkan reagen Fenton optimal yaitu larutan H_2O_2 100 ppm dan FeSO_4 0,01 gram. Direaksikan reagen Fenton dengan larutan sampel asam humat, kemudian dimasukkan ke dalam tiga reaktor sinar UVC. Dilakukan pengadukan dalam reaktor menggunakan *magnetic stirrer*. Dilakukan pengambilan sampel menggunakan selang dan suntikan setiap 30 menit selama 5 jam, yaitu pada menit 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, dan 300. Dilakukan pengukuran nilai absorbansi larutan sampel yang diambil sebanyak tiga kali pada setiap menit pengambilan. Setelah diperoleh pH optimal dilakukan uji aktivitas dengan variasi konsentrasi menggunakan 20 ppm dan 25 ppm. Dilakukan pengambilan sampel setiap 30 menit selama 5 jam. Dilakukan pengukuran nilai absorbansi sampel yang diambil pada setiap menit sebanyak tiga kali. Dilakukan pengumpulan data dan analisis data yang diperoleh dari setiap variasi yang digunakan.

Tahap analisis data dilakukan dengan menguji daya serap adsorpsi dan analisis laju reaksi Langmuir-Hinshelwood. Uji daya serap adsorpsi asam humat pada reaksi Foto-Fenton diukur menggunakan alat *spektrofotometer UV-VIS* dengan persamaan berikut:

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

C_{awal} = Konsentrasi Awal

C_{akhir} = Konsentrasi Akhir

Analisis laju reaksi yang terjadi dilakukan menggunakan persamaan Langmuir-Hinshelwood. Penggunaan persamaan disebabkan karena penggunaan bahan katalis yang heterogen (berbeda fase) antar reagen Fenton, yaitu H_2O_2 yang berfase *liquid* (cairan) dan FeSO_4 yang berfase *solid* (padat). Persamaan Langmuir-Hinshelwood dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\ln \left(\frac{C_0}{C} \right) = kKT = k'T \quad (2)$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi Awal (mg/L)

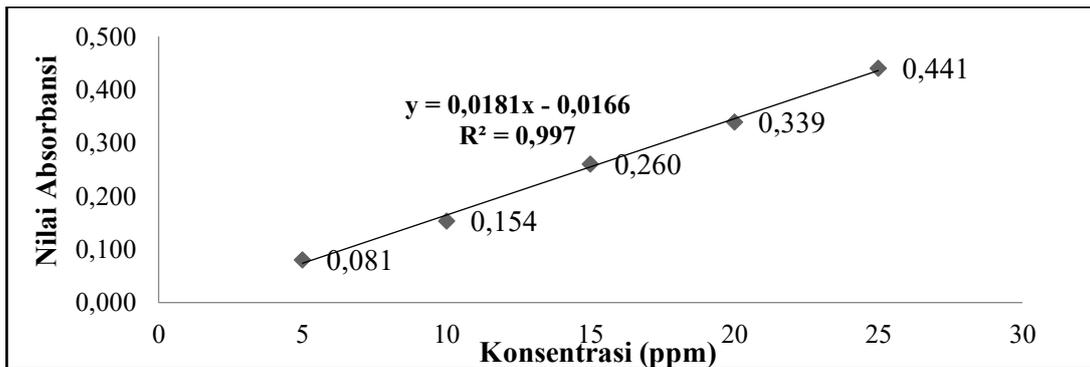
C = Konsentrasi warna pada satu waktu T (mg/L)

- K = Koefisien adsorpsi (l/mg)
- k = Nilai pada saat reaksi konstan (l/min)
- k' = Dekolorisasi pada waktu konstan (l/min)
- T = Waktu penyinaran

3. Hasil dan Pembahasan

A. Penentuan Nilai Kurva Kalibrasi

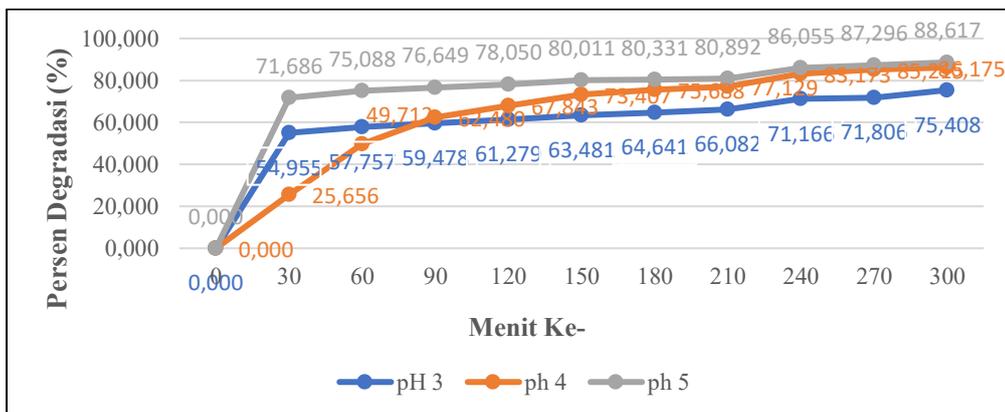
Hasil pengukuran nilai absorbansi menggunakan variasi larutan standar asam humat sintesis dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20 dan 25 ppm menggunakan *spektrofotometer UV-VIS* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi pada variasi larutan standar asam humat dengan *spektrofotometer UV-VIS* menggunakan panjang gelombang 294 nm. Berdasarkan hasil grafik yang diperoleh, nilai kurva konsentrasi larutan standar asam humat berbanding lurus dengan garis linier yang berarti konsentrasi dari larutan asam humat semakin besar, maka nilai absorbansi akan semakin meningkat. Hasil pengukuran diperoleh persamaan garis dari kurva kalibrasi larutan standar asam humat yaitu $y = 0,0181x - 0,0166$ dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,997. Nilai koefisien korelasi yang berada pada rentang $0,9 \leq r \leq 1$ menunjukkan hasil kelinieran yang baik dan sesuai dengan hukum Lambert-Beer dimana nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Persamaan yang diperoleh digunakan untuk memperoleh nilai konsentrasi akhir dari nilai absorbansi sampel pada saat uji aktivitas dimana nilai y adalah nilai absorbansi dan x nilai konsentrasi.

B. Analisis Pengaruh Variasi pH dalam Mendegradasi Asam Humat

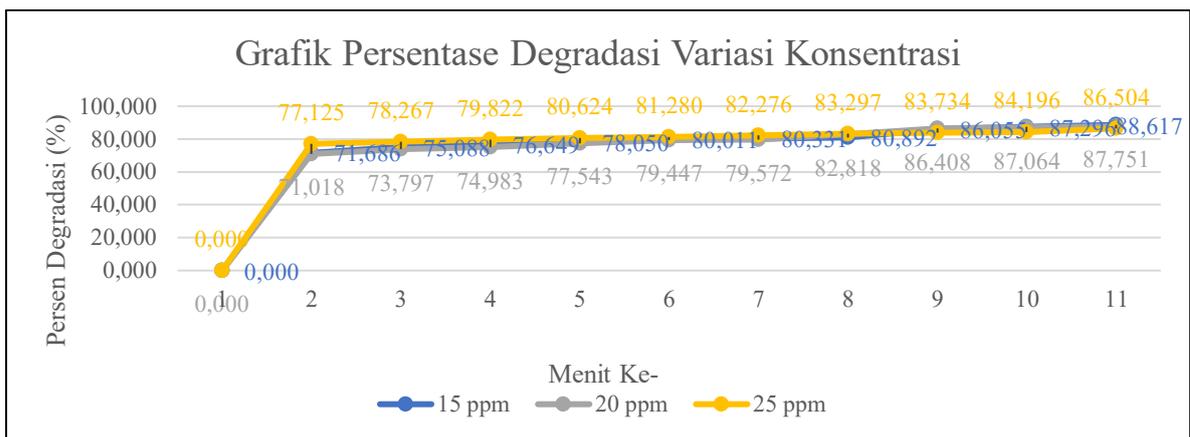


Gambar 3. Grafik Persentase Degradasi Foto Fenton Variasi pH Asam Humat dengan Konsentrasi 15 ppm

Pada Gambar 3, didapatkan nilai persentase degradasi asam humat yang paling tinggi yaitu pH 5 dengan persentase degradasinya sebesar 88,617% dibandingkan pH 4 sebesar 86,175% dan pH 3

sebesar 75,408% , sehingga dapat disimpulkan bahwa pH optimum dalam mendegradasi asam humat ialah pH 5. Menurut Agustina (2016), pH optimal pada proses foto fenton ialah pH 3, namun pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa pH optimal pada proses foto fenton dalam mendegradasi asam humat ialah pH 5 dikarenakan penggunaan $FeSO_4$ yang sangat sedikit yaitu 0,01 gram. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Kurian (2022) yang menyatakan bahwa proses H_2O_2 yang direaksikan dengan sinar UV akan optimum pada keadaan menuju basa karena pada proses tersebut H_2O_2 akan bereaksi dengan OH^- menghasilkan anion hidropersil (HO_2^-). Selanjutnya, anion HO_2^- akan bereaksi dengan sisa H_2O_2 . Reaksi ini selain menghasilkan H_2O dan O_2 , juga menghasilkan radikal OH^* , sehingga jumlah radikal OH^* semakin bertambah dalam sistem. Pada penelitian ini variasi pH yang paling mendekati basa ialah pH 5.

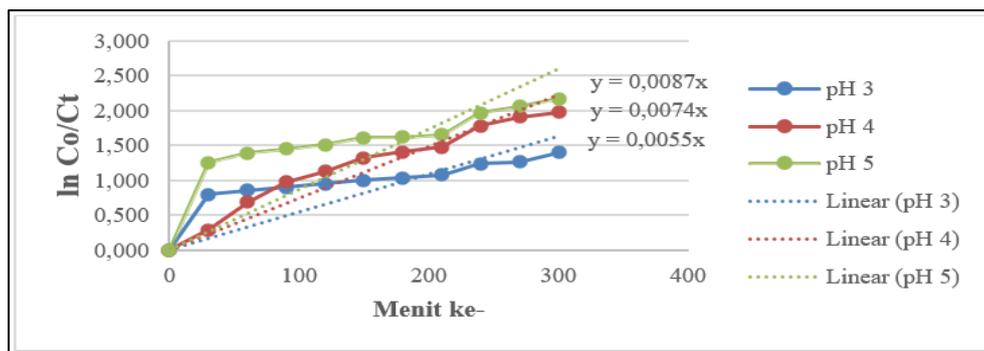
C. Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi dalam Mendegradasi Asam Humat



Gambar 4. Grafik Persentase Degradasi Foto Fenton Variasi Konsentrasi dengan pH 5

Dapat dilihat Gambar 4 untuk persentase degradasi dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pada konsentrasi 15 ppm di menit ke-300, persentase degradasinya sebesar 88,617%. Hasil penelitian pada konsentrasi 20 ppm di menit ke-300, persentase degradasinya sebesar 87,751%. Hasil penelitian pada konsentrasi 25 ppm di menit-300, persentase degradasinya sebesar 86,504%. setiap variasi konsentrasi mendapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan variasi konsentrasi lainnya. Konsentrasi optimum yang didapatkan untuk mendegradasi asam humat ialah 15 ppm. Hal ini dikarenakan nilai absorbansi berbanding lurus dengan nilai konsentrasi, sehingga dapat disimpulkan jika konsentrasi pada larutan asam humat tersebut semakin rendah, maka semakin bagus hasil degradasi yang dihasilkan.

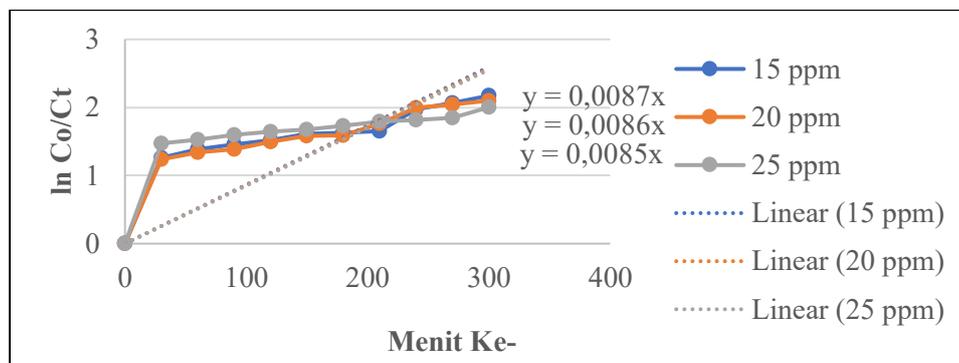
D. Laju Reaksi Variasi pH dengan Konsentrasi 15 ppm



Gambar 5. Grafik Laju Reaksi Variasi pH Asam Humat dengan Konsentrasi 15 ppm

Dapat dilihat dari Gambar 5 bahwa pada laju reaksi dengan variasi pH 3, nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0055. Pada laju reaksi dengan variasi pH 4, nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0074. Pada laju reaksi dengan variasi pH 5, nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0087. Dari data tersebut, nilai yang lebih tinggi adalah dari pH 5 dibandingkan dengan pH 4 dan pH 3, semakin tinggi pH atau semakin menuju ke basa maka laju reaksi akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena proses degradasi bahan organik dapat dipengaruhi oleh suatu kecepatan dari pembentukan radikal hidroksil, dimana proses H_2O_2 yang direaksikan dengan sinar UV akan optimum pada keadaan menuju basa karena radiasi UV lebih banyak menghasilkan radikal hidroksil.

E. Laju Reaksi Variasi Konsentrasi dengan pH 5



Gambar 6. Grafik Laju Reaksi Variasi Konsentrasi dengan pH 5

Dilihat dari Gambar 6, didapatkan nilai konstanta pada proses foto fenton variasi konsentrasi dengan pH 5. Pada laju reaksi untuk konsentrasi 15 ppm, nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0087. Pada laju reaksi untuk konsentrasi 20 ppm nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0086. Pada laju reaksi untuk konsentrasi 25 ppm nilai konstanta yang didapatkan ialah 0,0085. Kenaikan laju reaksi yang paling tinggi adalah konsentrasi 15 ppm, semakin rendah suatu konsentrasi maka laju reaksi akan semakin tinggi. Konsentrasi 20 ppm dan Konsentrasi 25 ppm laju reaksinya lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi 15 ppm. Hal ini dikarenakan semakin rendah konsentrasi pada larutan maka polutan yang terdapat pada larutan lebih mudah untuk terdegradasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pH sangat berpengaruh dalam proses foto fenton dalam mendegradasi asam humat. Variasi pH yang digunakan pada penelitian kali ini ialah 3, 4, dan 5. Hasil pH yang optimum pada penelitian ini ialah pH 5 dengan persentase degradasi asam humat sebesar 88,167%. Hal ini dapat terjadi karena variasi ini merupakan variasi pH yang paling mendekati basa dibandingkan variasi pH lainnya dan konsentrasi tidak terlalu berpengaruh dalam proses foto fenton dalam mendegradasi asam humat karena hasil akhir persentase degradasi tiap variasi konsentrasi yang didapatkan tidak terlalu berbeda. Pada penelitian kali ini variasi konsentrasi yang digunakan ialah 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini konsentrasi optimum dalam mendegradasi asam humat ialah 15 ppm dengan persentase degradasi asam humat sebesar 88,167%. Hal ini dikarenakan semakin rendah konsentrasi pada larutan maka polutan yang terdapat pada larutan lebih mudah untuk terdegradasi.

5. Pengakuan

Penulis berterima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Mulawarman yang membantu mendanai penelitian ini dan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat selesai.

6. Daftar Pustaka

- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2021). Pengaruh pH, UV Dan TiO_2 Untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 5(2), 9-16.
- Agustina, T. E., Sulistyono, B., & Anugrah, R. (2016). Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) Dengan Metode Fenton dan Kombinasi Adsorpsi-Fenton. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(3), 1-8.
- Ekafitri, R., Pranoto, Y., Hermiani, A., & Rahman, T. (2018). Tepung Talas Bogor Termodifikasi Hasil Oksidasi Menggunakan Hidrogen Peroksida Dengan dan Tanpa Iradiasi Sinar UV. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 12(2), 86-98.
- Enriyani, R., Zulfikar, M. A., & Alni, A. (2022). Degradasi Asam Humat Menggunakan FotoKatalis TiO_2 yang Disintesis dalam Cairan Ion 1-Butil-3-Metil-Imidazolium Tetrafluoroborat. *Warta Akab*, 46(1), 50-55.
- Fauzi, A. R., & Agung, T.R. (2018). Kombinasi Fenton Dan Fotokatalis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 37-45.
- Kurian, M. (2021). *Advanced Oxidation Process And Nanomaterials -A Review*, Universitas Mar Athanasius, Kothamangalam.
- Priantoro, B., & Agung, T. (2020). Efektivitas Intensitas Cahaya UVC Untuk Menurunkan Parameter pencemar Limbah Batik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-8.
- Sari, D. N., Amelia, D., Ramadhon, M. D., & Tiandho, Y. (2021). *Pemanfaatan Metode Fenton Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Sawit*. SNPPM Pangkalpinang 2021, 145-148.