

Penanggulangan Limbah Ubi Kayu dengan Menggunakan Katalis TiO_2 /Zeolit Alam *Clinoptilolit-Ca* secara Sinergi Fotokatalis dan Adsorpsi

Zilfa^{a*}, Yulizar Yusuf^a, Alsa Sepia Putri^a

^a Departemen Kimia Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

*Corresponding author: zilfa@sci.unand.ac.id

Abstract

Cassava waste containing cyanogenic glycosides is very dangerous for the environment because there is cyanide bound to organic compounds. Cyanide bound to organic compounds is degraded by photolysis using TiO_2 catalyst/Clinoptilolite-Ca natural zeolite to break the bond between HCN and organic compounds so that it is no longer harmful to the environment, besides that cassava waste also contains suspended solids and organic compounds that affect water quality, resulting in high COD, BOD, TOC, and TSS values in waters. Therefore, the values of COD, BOD, TOC, and TSS were determined before and after degradation. In addition, the effect of time, mass, and type of catalyst (TiO_2 , Zeolite, and TiO_2 /Zeolite) on the percentage of cassava waste degradation was also determined. CN^- analysis was performed with a UV-VIS spectrophotometer, where maximum absorption occurred at a wavelength of 573 nm. The optimum time of degradation without catalyst is 75 minutes with a degradation percentage of 20.52%, the optimum mass of TiO_2 /Zeolite catalyst is 0.8 grams with a degradation percentage of 79.97% at 60 minutes, the percentage of degradation using 0.03 grams of TiO_2 is 58.65% at 75 minutes, the percentage of degradation using 0.77 zeolite is 35.43% at 75 minutes. COD value before degradation 1406 mg/L and after degradation 465 mg/L. BOD value before degradation 226 mg/L and after degradation 95.4 mg/L. TSS value before degradation 400 mg/L and after degradation 220 mg/L. While the TOC value before degradation was 546 mg/L and after degradation was 670 mg/L. FTIR analysis of cassava waste shows a peak shift indicating degradation, the 750-1000 cm^{-1} and 1250-1500 cm^{-1} . While the characterization of the TiO_2 /zeolite catalyst in FTIR and XRD showed no change in the structure of the TiO_2 /zeolite catalyst before and after degradation.

Keywords

cyanide
degradation
ninhydrin
 TiO_2
zeolite

Received: February 2024

Revised: May 2024

Accepted: May 2024

Available online: May 2024

1. Pendahuluan

Indonesia kaya dengan tumbuh-tumbuhan yang dapat diolah menjadi makanan tradisional dan modern. Diantara tanaman yang banyak diolah sebagai makanan terutama cemilan adalah ubi kayu. Ubi kayu diolah menjadi makanan seperti keripik, karak kaliang, ganepo dan lain-lain dengan berbagai bentuk dan rasa. Pengolahan makanan ini adalah dengan cara mengupas, dan mencuci ubi kayu, kemudian dipotong-potong. Hasil cucian ubi kayu ini merupakan limbah yang mengandung senyawa glikosida sianogenik. Senyawa ini merupakan senyawa yang berbahaya, karena terdapat HCN yang berikatan dengan senyawa-senyawa organik pada limbah ubi kayu. Air yang telah terkontaminasi oleh limbah ubi kayu tersebut akan berpengaruh terhadap tumbuh-tumbuhan, ikan dan mikroorganisme. Apabila air ini dimanfaatkan oleh manusia akan menyebabkan

keracunan sianida. Keracunan sianida dapat menjadi pemicu berbagai penyakit berbahaya, diantaranya seperti penyakit jantung, kerusakan otak dan saraf. Selain itu limbah ini akan mempengaruhi kandungan COD, BOD, TOC, dan TSS pada perairan. Dengan adanya limbah ubi kayu ini kandungan COD, BOD, TOC, dan TSS tinggi karena dapat mengurangi kadar oksigen terlarut pada perairan, sehingga proses fotosintesis makhluk hidup terganggu dan menyebabkan pencemaran pada perairan, seperti timbulnya bau busuk disekitar perairan[1,2]. Oleh sebab itu perlu dilakukan penanggulangan dari limbah ubi kayu tersebut Untuk menanggulangi senyawa glikosida sianogenik yang terdapat pada limbah ubi kayu tersebut dilakukan fotolisis yang bertujuan untuk memutuskan ikatan antara CN^- dengan senyawa-senyawa organik pada limbah ubi kayu, sehingga tidak berbahaya lagi bagi lingkungan[3,4].

Fotolisis merupakan suatu metoda degradasi menggunakan sinar UV. Dengan adanya energi foton maka terbentuk radikal-radikal OH pada media air. Radikal OH ini akan menyerang atau memutuskan gugus-gugus fungsi yang ada pada senyawa glikosida sianogenik terutama CN⁻. Untuk meningkatkan hasil degradasi dapat ditambahkan katalis, diantaranya TiO₂. TiO₂ adalah katalis semikonduktor, inert dan stabil sehingga merupakan katalis yang sangat baik sebagai pendegradasi[5,6]. Selanjutnya TiO₂ dapat *disupport* dengan zeolit membentuk TiO₂/zeolit guna untuk memperluas permukaan TiO₂ dan dapat meningkatkan persen degradasi. Dengan disupportnya TiO₂ dengan zeolit (TiO₂/zeolite) dalam hal ini sekaligus terjadinya sinergi antara fotolisis dan adsorpsi. Pada penelitian ini digunakan sebagai katalis adalah TiO₂ anatase yang disupport dengan zeolite alam Clinoptilolit-Ca yang berasal dari Sumatera Barat. Hasil degradasi dianalisa secara spektrofotometer UV-VIS untuk menentukan kandungan CN⁻. Selain itu juga dianalisis secara FTIR. Karakterisasi katalis diukur dengan FTIR dan XRD. Begitu juga ditentukan kandungan COD, BOD, TOC, dan TSS. Analisis ini dilakukan sebelum dan sesudah degradasi[7,9].

2. Bahan dan Metoda

2.1. Bahan Kimia

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu limbah ubi kayu, KCN, TiO₂, Zeolit *Clinoptilolite-Ca* Sumatera Barat, air destilasi, HCl 0,2 N, NaCl 0,01 M, AgNO₃ 0,1 N, Ninhidrin 1%, NaOH 1 N, dan Na₂CO₃.

2.2. Peralatan

Alat-alat yang digunakan adalah spektrofotometer (*Thermo Scientific*), kotak iridiasi yang dilengkapi lampu UV (*Luster BLB 10 W-TB*) dengan $\lambda = 365$ nm, sentrifus dengan kecepatan 6000 rpm (*thermo scientific*), magnetic stirrer (*Thermo Scientific*), oven, furnace, X-Ray Diffraction (XRD; Shimadzu XRD 7000), Fourier Transform Infra Red (FTIR; Perkin Elmer), dan peralatan gelas seperti beaker glass, tabung reaksi, gelas ukur, pipet tetes, corong, batang pengaduk, dan labu ukur.

2.3. Prosedur Kerja

2.3.1 Preparasi TiO₂ Zeolit *clinoptilolit-Ca*

Zeolite alam Sumatera Barat dibersihkan, diayak dengan ayakan 450 mesh, diaktivasi dengan HCl 0,2 M. sambil diaduk dan disaring. Filtratnya dipisahkan dengan zeolite, dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C. serta dijenuhkan dengan NaCl 0,01 M. Setelah

itu dipisahkan filtratnya diuji dengan AgNO₃, apabila dari terbentuk lagi endapan putih mennandakan Cl⁻ sudah larut. Selanjutnya disintesa TiO₂/Zeolit dengan cara menambahkan 16 gram TiO₂ kedalam gelas piala yang telah berisi 400 gram zeolite dengan perbandingan TiO₂: zeolit (1:25) secara perlahan-lahan sambil diaduk. Setelah itu dikeringkan dengan oven, digerus sampai halus, dan diayak menggunakan ayakan 150 mesh. Lalu dikalsinasi pada suhu 400 °C selama 10 jam.

2.3.2 Penentuan Konsentrasi Sampel

10 mL limbah ubi kayu diencerkan di dalam labu 100 mL. Lalu diambil 2 mL, dimasukkan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan pengompleks sesuai kondisi optimum dan diukur absorbannya. Nilai absorbansi dimasukkan kedalam persamaan kurva regresi dari deret larutan standar, dan diketahui konsentrasi sampel.

2.3.3 Penentuan persen degradasi setelah penambahan Katalis TiO₂/zeolit *clinoptilolit-Ca*

Sebanyak 20 mL limbah ubi kayu dimasukkan kedalam 5 buah petridish, lalu masing-masing tabung ditambahkan katalis TiO₂/zeolit sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 mg selanjutnya difotolisis dibawah lampu UV. Kemudian larutan disentrifus selama 15 menit, setelah itu diambil filtratnya sebanyak 2 mL dan ditambahkan 3 mL ninhidrin, 5 mL Na₂CO₃, 11 tetes NaOH, dan didiamkan selama 10 menit, dan diukur nilai absorbannya dengan spektrofotometer UV-VIS.

2.3.4 Pengaruh Waktu setelah Penambahan Katalis TiO₂

Sebanyak 20 mL limbah ubi kayu dimasukkan kedalam 7 buah petridish, masing-masing tabung ditambahkan katalis 0,03 gram TiO₂ (1/26 x 0,8 gram), Setelah itu difotolisis dengan variasi waktu 5, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit dibawah lampu UV. Kemudian larutan disentrifus selama 15 menit, diambil 2 mL filtrat dan 3 mL ninhidrin, 5 mL Na₂CO₃, 11 tetes NaOH, dan didiamkan selama 10 menit, lalu diukur nilai absorbannya dengan spektrofotometer UV-VIS.

2.3.5 Pengaruh Waktu Setelah Penambahan Katalis *clinoptilolit-Ca*

Sebanyak 20 mL limbah ubi kayu dimasukkan kedalam 7 buah petridish pada masing-masing tabung ditambahkan katalis 0,77 gram zeolite *clinoptilolit-Ca* (25/26 x 0,8 gram), setelah itu difotolisis dengan variasi waktu 5, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit dibawah lampu UV. Kemudian larutan disentrifus selama 15 menit, diambil 2 mL filtrat dan ditambahkan 3 mL ninhidrin, 5 mL Na₂CO₃, 11 tetes NaOH, dan didiamkan

selama 10 menit, lalu diukur nilai absorbannya dengan spektrofotometer UV-VIS.

2.3.6 Pengaruh *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Ubi Kayu

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik, dalam sampel dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup selama 2 jam menghasilkan Cr^{3+} . Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasikan dengan larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L). Analisis COD dilakukan sebelum dan sesudah degradasi.

2.3.7 Analisis *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada limbah Ubi Kayu

Sampel ditambahkan kedalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD_5 dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut nol hari dan lima hari. Bahan kontrol standar uji BOD yang digunakan adalah larutan glukosa-asam glutamate. Analisis BOD dilakukan sebelum dan sesudah degradasi

2.3.8 Analisis Total Suspended Solid (TSS) pada Limbah Ubi Kayu

Sampel yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C . Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total. Analisis TSS dilakukan sebelum dan sesudah degradasi

2.3.9 Analisis Total Organic Carbon (TOC) pada Limbah Ubi Kayu

Sampel yang telah homogen, diaspirasikan kedalam tabung pembakaran yang dibungkus dengan katalis oksidatif dan dipanaskan pada suhu 680°C . Air akan menguap dan bahan organik teroksidasi menjadi CO_2 dan H_2O . CO_2 yang dihasilkan dialirkan bersama gas pembawa dan diukur respon detektor dengan Nondispersive Infrared Analyzer (NDIR). Dari hasil pengukuran, didapat nilai karbon total dan karbon anorganik secara terpisah, nilai TOC didapat dari selisih karbon total dengan karbon anorganik. Analisis TOC dilakukan sebelum dan sesudah degradasi

2.3.10 Karakterisasi Gugus Fungsi Limbah Ubi Kayu dengan FTIR

Limbah ubi kayu dianalisa secara FTIR untuk mengetahui gugus fungsi limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi

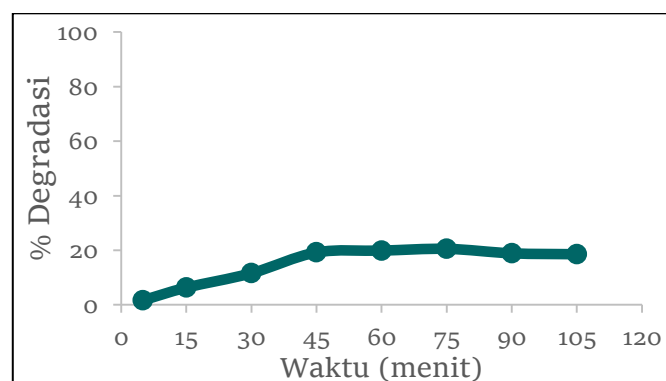
2.3.11 Karakterisasi katalis dengan XRD dan FTIR

Untuk menentukan struktur katalis sebelum dan sesudah degradasi dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengaruh Waktu terhadap Persentase Degradasi Limbah Ubi Kayu tanpa Katalis

Penentuan pengaruh waktu terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dilakukan dengan mendegradasi limbah ubi kayu tanpa Hasil degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis. Hasil dapat dilihat pada Gambar 1.



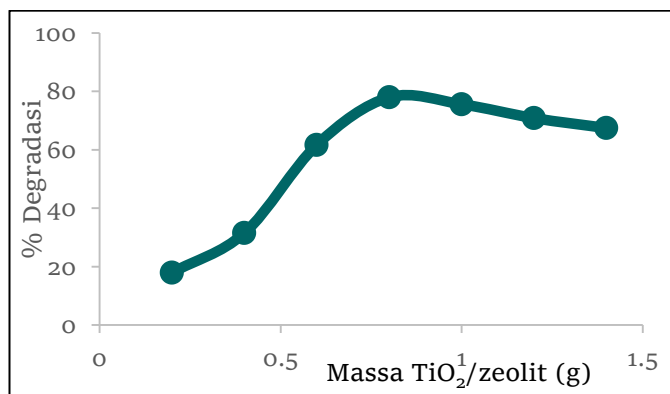
Gambar 1. Kurva Pengaruh waktu fotolisis terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara waktu fotolisis dengan persentase degradasi. Semakin lama waktu fotolisis persentase degradasi juga semakin besar. Hal ini disebabkan ($\bullet\text{OH}$) yang terbentuk semakin banyak dan kemampuan untuk menyerang gugus-gugus yang ada pada limbah ubi kayu semakin besar. Namun, pada waktu iradiasi 75 menit ke 90 menit peningkatan persen degradasi tidak signifikan karena pada waktu iradiasi 90 menit limbah ubi kayu sudah jenuh, sehingga waktu iradiasi 75 menit digunakan sebagai waktu optimum degradasi limbah ubi kayu dengan persentase degradasi sebesar 20,52% [4,10].

3.2 Pengaruh jumlah katalis TiO_2 /zeolit terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu

Penentuan pengaruh jumlah katalis TiO_2 /zeolit terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu.. Hasil degradasi

limbah ubi kayu dengan variasi massa katalis dapat dilihat pada Gambar 2.

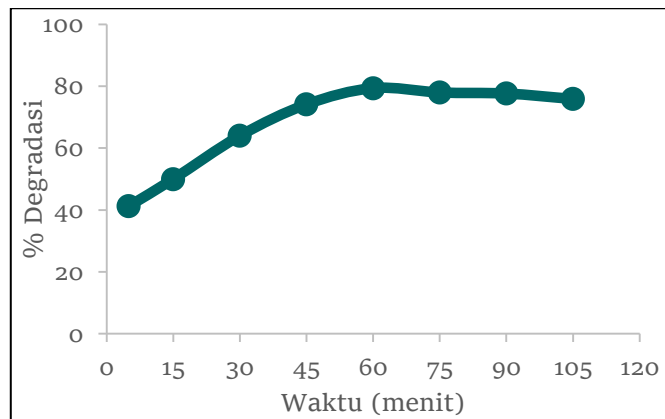


Gambar 2. Pengaruh penambahan katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dengan penyinaran lampu UV selama 75 menit

Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan penambahan massa katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ mampu meningkatkan persentase degradasi limbah ubi kayu. Semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan maka semakin cepat interaksi antara sinar UV dengan TiO_2 , sehingga semakin banyak pula ($\bullet\text{OH}$) yang terbentuk. Semakin banyak ($\bullet\text{OH}$) yang terbentuk, maka semakin besar persentase degradasi. Persentase degradasi paling tinggi diperoleh pada penambahan 0,8 gram katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebesar 77,96 %. Sedangkan dengan penambahan katalis lebih dari 0,8 g persentase degradasi mengalami penurunan, karena jumlah katalis yang diberikan terlalu banyak sehingga terjadi kejenuhan larutan yang membuat larutan menjadi keruh dan nilai absorban meningkat[5,10,11].

3.3 Pengaruh waktu dengan penambahan katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu

Pengaruh waktu dengan penambahan katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terhadap persen degradasi limbah ubi kayu dapat dilihat pada gambar 3.

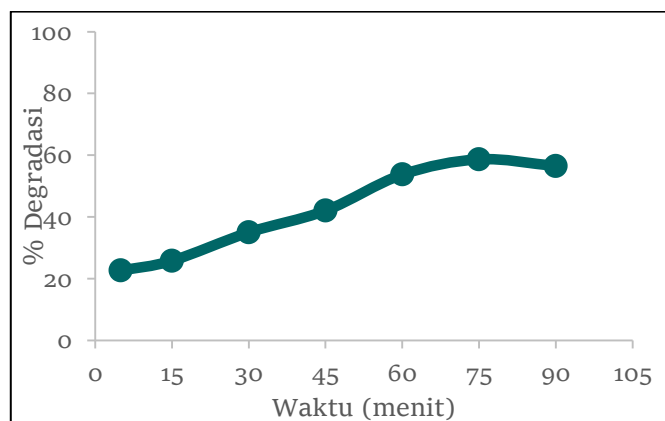


Gambar 3 Pengaruh waktu dengan penambahan 0,8 g katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dengan variasi waktu penyinaran 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 105 menit

Gambar 3 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak sianida yang terikat pada senyawa-senyawa organik dalam limbah ubi kayu yang terdegradasi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak sinar UV yang mengenai katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$, sehingga semakin banyak $\text{OH}\bullet$ yang terbentuk²⁶. Proses fotokatalisis dilakukan selama 60 menit, dimana dengan penambahan 0,8 gram katalis $\text{TiO}_2/\text{Zeolit}$ persentase degradasi meningkat sebesar 79,37 % [10–12].

3.4 Pengaruh waktu dengan penambahan katalis TiO_2 terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu

Penentuan pengaruh waktu degradasi dengan penambahan TiO_2 terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 4.

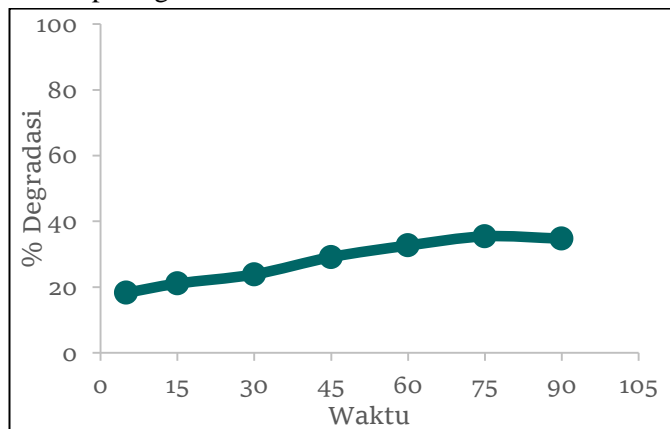


Gambar 4 Pengaruh waktu dengan penambahan 0,03 g katalis TiO_2 terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dengan variasi waktu penyinaran 5, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit

Gambar 4 memperlihatkan aktifitas fotokatalitik TiO_2 dengan penyinaran selama 75 menit Pada waktu tersebut TiO_2 mampu menurunkan konsentrasi limbah ubi kayu sebesar 58,86%. Persentase penurunan kadar limbah ubi kayu paling besar terjadi pada waktu kontak penyinaran 75 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada waktu 75 menit terjadi proses penyerapan energy foton ($h\nu$) yang efektif, sehingga terjadi eksitasi elektron. Kondisi ini menyebabkan $hole^+$ yang terbentuk semakin banyak. $Hole^+$ tersebut akan bereaksi dengan H_2O atau ion hidroksil membentuk radikal $\bullet\text{OH}$ yang kemudian digunakan untuk memutuskan ikatan CN dengan senyawa organik[10,11].

3.5 Pengaruh waktu dengan penambahan Zeolit terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu.

Penentuan pengaruh waktu dengan penambahan zeolit terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu dapat dilihat pada gambar 5.

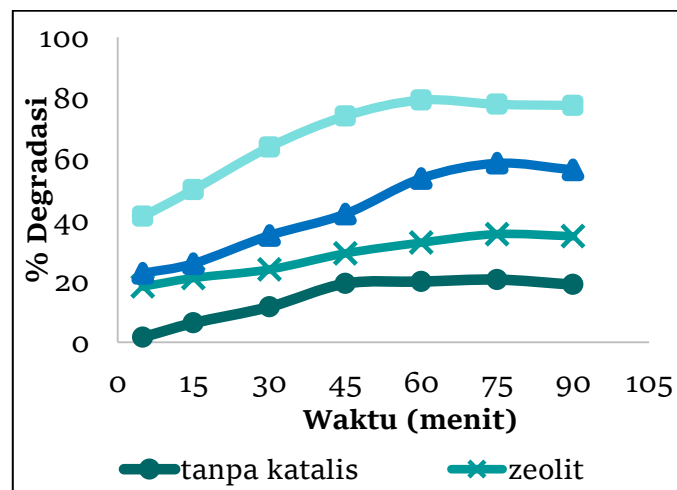


Gambar 5. Pengaruh waktu dengan penambahan 0,77 g Zeolit terhadap persentase degradasi limbah ubi kayu 10 mg/L dengan variasi waktu penyinaran 5, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit

Gambar 5 memperlihatkan bahwa dengan semakin bertambahnya waktu maka persentase degradasi dari limbah ubi kayu akan semakin meningkat. Pada proses ini 0,77 g zeolit dalam waktu 75 menit mampu mendegradasi limbah ubi kayu sebesar 35,43%. Pada proses ini yang melakukan degradasi adalah sinar foton dimana pembentukan radikal OH tidak banyak untuk menyerang gugus pada senyawa, sedangkan zeolite tidak sebagai katalis hanya sebagai penyerap. sehingga proses degradasi hanya mencapai 35,5 % [10,12,20].

3.6 Perbandingan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis, Zeolit, TiO_2 , dan $\text{TiO}_2/\text{Zeolit}$

Perbandingan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis, dengan penambahan TiO_2 , zeolit dan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ serta hubungan antara lama penyinaran dibawah sinar lampu UV dengan panjang gelombang 365 nm. Perbandingan persen degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis dan dengan penambahan katalis dapat dilihat pada Gambar 6.

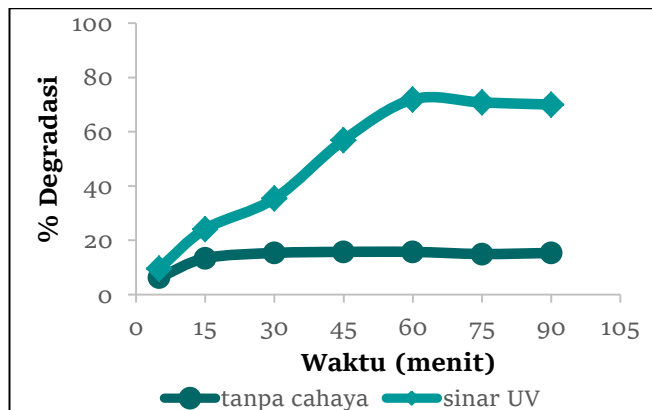


Gambar 6 . Kurva perbandingan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis dan dengan penambahan Zeolit, TiO_2 , dan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ dengan variasi waktu penyinaran 5, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara lama waktu penyinaran dan persentase degradasi limbah ubi kayu. Persentase degradasi meningkat sesuai dengan meningkatnya waktu penyinaran. Waktu optimum degradasi limbah ubi kayu menggunakan 0,8 g $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ adalah 60 menit. Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ merupakan fotokatalis paling efektif dalam mempercepat proses fotodegradasi pada limbah ubi kayu Selain itu katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ juga mampu mempersingkat waktu degradasi jika dibandingkan dengan TiO_2 , zeolite, dan tanpa katalis[7,11].

3.7 Perbandingan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa cahaya dan dengan menggunakan sinar UV

Perbandingan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa cahaya, dan dengan sinar UV pada panjang gelombang 365 nm. Perbandingan persen degradasi limbah ubi kayu tanpa cahaya dan dengan sinar UV dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 . Kurva perbandingan variasi waktu dengan persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa cahaya dan dengan sinar UV menggunakan katalis TiO₂/Zeolit

Gambar 7 menyatakan hubungan antara waktu dengan persentase degradasi tanpa cahaya dan dengan menggunakan sinar UV. Dimana persentase degradasi tanpa menggunakan cahaya sangat rendah, karena tidak terbentuknya radikal OH yang disebabkan oleh eksitasi elektron oleh sinar UV. Sedangkan persentase degradasi dengan menggunakan sinar UV mengalami kenaikan yang signifikan, dimana persentase degradasinya mencapai 71,92 %. Kenaikan persentase degradasi ini disebabkan terjadinya eksitasi electron yang disebabkan oleh sinar UV[7,12].

3.8 Analisis COD, BOD, TOC, dan TSS limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi

Analisis COD, BOD, TOC, dan TSS pada limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan katalis TiO₂/zeolit dalam mendegradasi limbah ubi kayu tersebut. Sehingga mampu mengurangi pencemaran limbah terhadap lingkungan sesuai dengan baku mutu yang dikeluarkan Permen-LH No. 5. Nilai COD, BOD, TOC, dan TSS limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi dapat diamati pada Tabel 1.

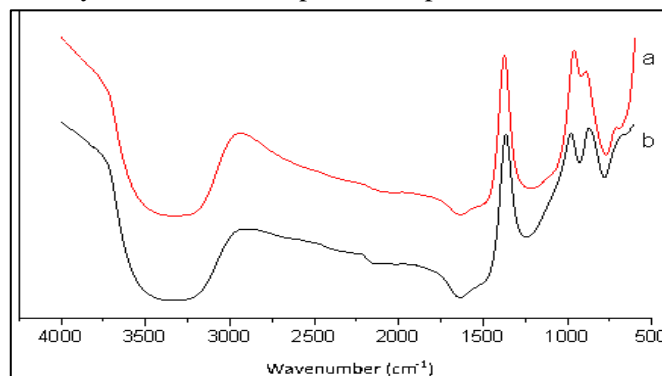
Tabel 1. Analisis COD, BOD, TOC, dan TSS limbah ubi kayu sebelum dan sesudah .degradasi.

Parameter	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	Baku mutu	Spesifikasi metode
TSS	400	220	400	SNI06-6989.3-2004
BOD ₅	226	95,4	150	SNI06-6989.72-2009
COD	1406	465	300	SNI6989.73-2009
TOC	546	670	-	SNI06-

Tabel 1 memperlihatkan pengaruh degradasi terhadap nilai TSS, BOD, COD, dan TOC sebelum dan sesudah degradasi. Dimana sebelum didegradasi nilai TSS, BOD, COD, dan TOC dari limbah ubi kayu sangat tinggi dan melampaui baku mutu. Setelah didegradasi nilai TSS, BOD, COD, mengalami penurunan dan TOC mengalami kenaikan . Hal ini sudah memenuhi baku mutu, tetapi untuk parameter COD belum memenuhi standar baku mutu dikarenakan nilai COD limbah ubi kayu sebelum didegradasi yaitu 1406 mg/L sangat tinggi dibandingkan dengan baku mutu yaitu 465 mg/L. Degradasi menggunakan katalis TiO₂/Zeolit sebanyak 0,8 gram pada waktu 60 menit sudah mampu menurunkan nilai COD jauh lebih rendah dari nilai sebelum didegradasi walaupun belum memenuhi baku mutu. Nilai BOD mengalami penurunan dikarenakan nilai DO mengalami kenaikan sehingga jumlah oksigen didalam limbah semakin tinggi. Dimana semakin tinggi nilai oksigen maka semakin bagus kualitas air limbah tersebut. Sedangkan untuk nilai BOD dan TSS sesudah degradasi sudah memenuhi baku mutu. Sedangkan untuk nilai TOC mengalami kenaikan dan belum memenuhi standar baku mutu. Dikarenakan terjadinya pembusukan pada sampel sehingga meningkatkan senyawa-senyawa organik yang terdapat pada limbah ubi kayu [2].

3.9 Analisis gugus fungsi limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi secara FTIR

Analisa limbah ubi kayu menggunakan FTIR yang didegradasi menggunakan katalis TiO₂/zeolit bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari limbah ubi kayu. Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 8.

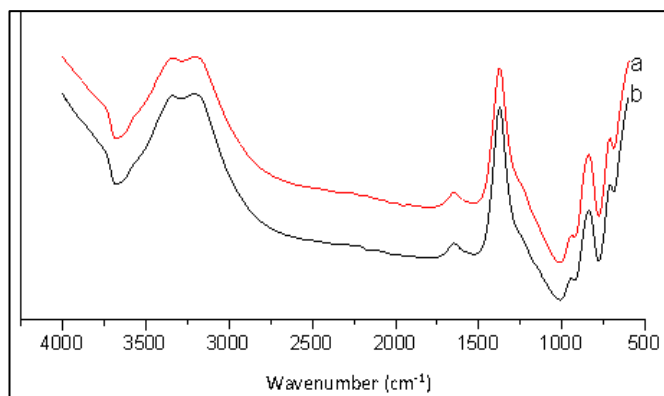


Gambar 8. spektrum Inframerah (a) limbah ubi kayu sesudah degradasi, (b) limbah.ubi kayu sebelum degradasi

Gambar 8 merupakan spektrum FTIR dari limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi menggunakan 0,8 gram katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$. Data FTIR tersebut memperlihatkan pergeseran bilangan gelombang dari limbah ubi kayu sebelum dan sesudah degradasi. Spektrum limbah ubi kayu yang didegradasi menggunakan 0,8 gram katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ menghasilkan pergeseran puncak dibandingkan dengan spektrum limbah ubi kayu yang didegradasi tanpa katalis. Dimana terjadi perubahan puncak pada bilangan gelombang 600-1000 cm^{-1} yang diidentifikasi sebagai p-aromatik (C-H), perubahan puncak pada bilangan gelombang 1000-1300 cm^{-1} yang diidentifikasi sebagai alkohol (O-H), perubahan puncak pada bilangan gelombang 2000-2300 cm^{-1} yang diidentifikasi sebagai (C-O) ester. Terjadinya pergeseran bilangan gelombang disebabkan dari hasil degradasi senyawa-senyawa yang ada pada limbah ubi kayu [13].

3.10 Analisis gugus fungsi katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum dan sesudah degradasi secara FTIR

Karakterisasi katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum dan sesudah degradasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mempelajari perubahan gugus fungsi dari katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$. Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 9.

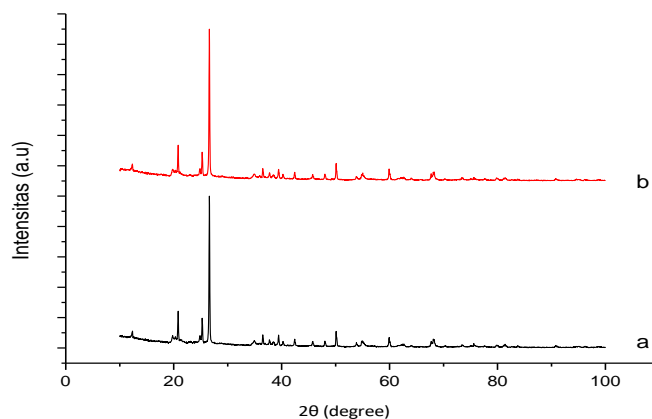


Gambar 9. spektrum Inframerah (a) $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sesudah degradasi, (b) $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum degradasi

Gambar 9 menunjukkan bahwa katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ yang digunakan sebelum dan sesudah degradasi tidak mengalami perubahan gugus fungsi. Gugus fungsi yang muncul pada katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ adalah p-aromatik (C-H) yang muncul pada bilangan gelombang 600-1000, aromatik (C=C) yang muncul pada bilangan gelombang 1450-1600, amina (N-H) yang muncul pada bilangan gelombang 3300-3550, uluran Si-OH yang muncul pada bilangan gelombang 3200-3700 [13].

3.11 Karakterisasi katalis sebelum dan sesudah degradasi dengan XRD

Karakterisasi XRD katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum degradasi dan sesudah degradasi dilakukan untuk mengetahui apakah pola difraksi katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum dan sesudah degradasi tetap sama atau tidak. Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. pola difraksi (a) $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum degradasi (b) $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ setelah didegradasi

Gambar 10 merupakan spektrum pembentukan katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ *clipnotilolit-Ca* yaitu hasil pensupportan zeolit dengan TiO_2 . Gambar (a) adalah pola difraksi hasil support TiO_2 dengan zeolit clipnotilolit sebelum degradasi. Gambar (b) adalah pola difraksi dari $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ yang telah digunakan untuk degradasi limbah ubi kayu. Pola difraksi $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ tidak mengalami perubahan sebelum dan sesudah degradasi, sehingga $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ dapat digunakan sebagai katalis untuk mendegradasi limbah ubi kayu. Dimana muncul puncak-puncak khas yang sama pada $2\theta = 20,29^\circ$; $25,21^\circ$; $38,30^\circ$; $50,29^\circ$; $55,02^\circ$; $59,92^\circ$; dan $68,27^\circ$. Hal ini membuktikan bahwa terbentuknya pola difraksi yang sama antara katalis $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ sebelum dan sesudah degradasi [13].

4. Kesimpulan

Zeolit alam *Clinoptilolit-Ca* dapat digunakan sebagai support katalis TiO_2 . Persentase degradasi limbah ubi kayu tanpa katalis adalah 20,52 % dengan waktu iradiasi 75 menit. Degradasi menggunakan 0,8 gram TiO_2 /zeolit adalah 79,37% dengan waktu iradiasi 60 menit, sedangkan degradasi menggunakan 0,03 gram TiO_2 adalah 58,65%, menggunakan zeolit sebanyak 0,77 gram adalah 35,43% dengan waktu iradiasi 75 menit. Nilai COD, BOD, TSS dan TOC dari limbah ubi kayu mengalami penurunan setelah degradasi yang menandakan bahwa metoda degradasi dapat digunakan untuk menanggulangi limbah ubi kayu. Analisis FTIR limbah ubi kayusetelah degradasi menunjukkan terjadinya perubahan puncak yang menandakan terjadinya degradasi. Sedangkan karakterisasi katalis TiO_2 /zeolit secara FTIR dan XRD menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan struktur katalis TiO_2 /zeolit sebelum dan sesudah degradasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium kimia terapan beserta analis.

Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: Z

Kurasi data: Z, A.S.P

Analisis formal: Z, A.S.P., YY

Investigasi: A.S.P

Metodologi: Z, A.S.P., YY

Pengawasan: Z

Penulisan – Draft asli: Z, A.S.P., YY

Penulisan-mengulas dan menyunting: Z, A.S.P., YY

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan selama menulis dan menerbitkan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Adamafio, S. M, J. T, Fermentation in cassava (Manihot esculenta Crantz) pulp juice improves nutritive value of cassava peel, Acad. Journals. 4 (2010) 51–56.
- [2] A.. Cardoso, E. Mirione, M. Ernesto, F. Massaza, J. Cliff, M.. Haque, J.. Bradbury, Processing of cassava to remove cyanogens, Food Compos. Anal. 18 (n.d.) 451–460.
- [3] M. Harmankaya, G. Gündüz, Catalytic of Phenol in Aqueous Solution, Tr. J. Eng. Environ. Sci. (1995) 9–15.
- [4] Zilfa, Rahmayeni, U. Septiani, N. Jamarun, M.L. Fajri, Utilization Natural Zeolyte From West Sumatera For TiO_2 Support in Degradation of Congo Red and A Waste Simulation by Photolysis, Der Pharm. Lett. 9 (2017) 1–10.
- [5] Zilfa, S. Hamzar, Safni, J. Novesar, Degradation of Permathrin by Using TiO_2 /Natural Zeolit Catalyst in Potolysis, 2nd Int. Semin. Chem. 24-25 Novemb. 2011 Proceeding UNPAD Inprinting. (2011).
- [6] E.. Crain, Unicorns in the Garden of Good and Evil: Part 1- Total Orgnic Carbon (TOC), 2010.
- [7] H.B. Hadjltaief, M. Ben Zina, M.E. Galvez, P. Da Costa, Photocatalytic Degradation Of Methyl Green Dye In Aqueous Solution Over Natural Clay-Supported ZnO-TiO_2 Catalyst, 2016.
- [8] M. N, Sanjeva, F. Reidinger, X-Ray Analysis, A Guideo Materials Characteritaton and Chemical Analysis (2nded), New York: VCH, 1996.
- [9] P. Nagaraja, Kumar, Novel Sensitive Spectrophotometric Method for the Trace Determination of the Cyanide in Industria Effluent, Japan Soc. Anal. Chem. 18 (2002) 1027–1030.
- [10] G. Drochiou, M. Mihaescu, I., Cyanide Reaction With Ninhydrin: The Effect of pH Changes and Uv-Vis Radiation Upon The Analytical Results, Rev. Roum. Chim. (2009).
- [11] M.R. Hoffmann, W. S. T. Martin, Choi, D.W. Bahnemann, Environmental Applications Of Semiconductor Photocatalysis, Chem Rev, Am. Chem. Soc. 95 (2010).
- [12] Zilfa, Rahmayeni, Y. Stiadi, Adril, Utilization of Natural Zeolite Clinoptilolite-Ca as a Support of ZnO Catalyst for Congo-red Degradation and Congo-red Waste Applications with Photolysis, Orient. J. Chem. 34 (2018) 887–893.
- [13] M. Ba-Abbad, A. Kadhum, A. Mohamad, M. Takriff, K. Sopian, Synthesis and Catalytic Activity of TiO_2 Nanoparticles for Photochemical Oxidation of Concentrated Chlorophenols Direct Solar Radiation, Int.J.Electrochem.Sci. 7 (2012) 4871–4888.