



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VI
"Pemantapan Riset Kimia dan Asesmen Dalam Pembelajaran
Berbasis Pendekatan Saintifik"
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 21 Juni 2014



**MAKALAH
PENDAMPING**

KIMIA LINGKUNGAN

ISBN : 979363174-0

PENGARUH pH TERHADAP PRODUKSI ASETON DARI LIMBAH CAIR TAPIOKA DENGAN FOTOKATALIS TiO₂-Mn

Kapti Riyani¹, Tien Setyaningtyas¹, Dian Windy D.¹, dan Dian Ayu P.T.^{1*}

¹ Fakultas Sain dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

*Keperluan korespondensi, email: dianayutimur@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi fotokatalis menggunakan bahan semikonduktor seperti TiO₂ untuk mengatasi permasalahan polutan limbah cair organik yang menghasilkan gas CO₂ dan H₂O telah banyak dilakukan. Namun, CO₂ yang dihasilkan ini belum banyak dimanfaatkan dan dapat berbahaya bagi lingkungan karena merupakan senyawaan yang termasuk dalam greenhouse effect yang dapat memicu terjadinya pemanasan global. Untuk mencegah hal tersebut, maka dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap gas CO₂ menggunakan fotokatalis TiO₂-Mn melalui proses fotoreduksi dengan menghasilkan senyawaan karbon seperti aseton. Kecepatan proses fotoreduksi menggunakan fotokatalis biasanya dipengaruhi oleh aktivitas fotokatalitiknya. Aktivitas fotokatalitik suatu fotokatalis dipengaruhi oleh pH, konsentrasi, suhu, dan intensitas sinar yang digunakan selama reaksi berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan doping logam Mn yang optimum dalam fotokatalis TiO₂ dan variasi pH yang optimum dalam limbah cair tapioka terhadap konsentrasi aseton yang dihasilkan. Proses produksi aseton dari limbah cair tapioka terbukti dapat dilakukan dengan menambahkan fotokatalis TiO₂-Mn dalam limbah cair tersebut. Fotokatalis TiO₂-Mn yang memberikan aktivitas terbesar dalam menghasilkan aseton adalah fotokatalis TiO₂-Mn dengan perbandingan rasio mol (99:1) yang menghasilkan aseton dengan konsentrasi sebesar 6,101X10⁻³ μmol dan meningkat menjadi 6,204X10⁻³ μmol pada kondisi pH medium 7 yang merupakan kondisi pH optimum dalam proses produksi aseton dari limbah cair tapioka.

Kata Kunci: Fotokatalis, Fotoreduksi, Tapioka, Aseton

PENDAHULUAN

Industri pengolahan ubi kayu menjadi tapioka biasanya menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, ekstraksi, dan pengendapan dengan kandungan senyawa organik yang cukup tinggi. Tingginya kandungan senyawa organik pada limbah cair tapioka dapat dilihat dari tingginya nilai COD dari limbah cair ini yaitu sebesar 3000 sampai

7000 mg/L [1]. Semakin tingginya nilai COD limbah cair tapioka memungkinkan semakin tinggi produksi CO₂ sebagai hasil degradasi bahan organik yang ada dengan menggunakan fotokatalis TiO₂ [2].

Penambahan doping logam merupakan proses memasukkan elemen asing pada *crystal*

lattice point dari *material host*, seperti TiO_2 . Penambahan doping (logam atau non-logam) juga akan mempengaruhi besarnya energi celah pita (*band gap*) jika dibandingkan dengan *band gap* dari fotokatalis TiO_2 murninya [3]. Doping ion logam dapat memperbesar respon TiO_2 terhadap spektrum sinar tampak dengan memperkecil *band gap* dari fotokatalis TiO_2 [4]. Penambahan doping logam Mn terbukti dapat menurunkan energi celah pita fotokatalis TiO_2 dari 3,23 eV menjadi 1,60-1,61 eV sehingga mampu menggeser serapan TiO_2 ke daerah sinar tampak pada panjang gelombang 400-500 nm [5].

Proses produksi aseton dari limbah cair tapioka dilakukan dengan memanfaatkan CO_2 hasil degradasi senyawa organik melalui proses fotooksidasi yang melibatkan *hole* (h^+) di pita valensi fotokatalis TiO_2 [2] dan kemudian dilanjutkan dengan proses fotoreduksi yang memanfaatkan elektron di pita konduksi fotokatalis TiO_2 [6].

Proses fotoreduksi CO_2 yang berasal dari KHCO_3 dalam skala laboratorium telah banyak dilakukan dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 menghasilkan metana (CH_4), metanol (CH_3OH), dan karbon monoksida (CO) [7]. Penambahan doping logam juga berpengaruh terhadap jenis senyawa karbon yang dihasilkan, penambahan doping logam seperti perak (Ag) akan menghasilkan metana (CH_4), doping logam platina (Pt) menghasilkan etanol, doping logam Cu dan Ag, doping logam Co, dan doping logam Mn dan Cu menghasilkan metanol [8-11].

Proses fotoreduksi karbon dioksida menjadi metanol atau senyawa karbon lainnya diawali dengan Absorpsi foton pada permukaan fotokatalis akan menghasilkan

elektron dan *hole*. *Hole* yang terbentuk pada awalnya akan bereaksi dengan air sehingga menghasilkan ion hidrogen (H^+) dan oksigen. Disamping itu juga menghasilkan elektron yang mungkin akan digunakan untuk proses reduksi H^+ membentuk $\bullet\text{H}$. Pada waktu yang bersamaan ion logam akan mengadsorpsi CO_2 , dan akan terjadi interaksi antara $\bullet\text{H}$ dan H^+ yang diadsorpsi dari CO_2 pada permukaan ion logam sehingga menghasilkan metanol atau senyawa karbon lainnya [3].

METODE

Bahan dan alat yang digunakan

Sumber logam mangan (Mn) (prekursor) yang digunakan sebagai doping pada fotokatalis TiO_2 Merck adalah $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, asam perklorat 10% sebagai pemberi suasana asam, aquades dan aqua demineralisasi sebagai pelarut, aseton *absolute* sebagai standar, HCl dan NaOH 1M sebagai pengatur derajat keasaman, dan limbah cair tapioka sebagai sumber CO_2 . Substrat kaca yang digunakan sebagai sampel pelapisan fotokatalis TiO_2 -Mn adalah kaca berukuran 4cm X 9 cm dengan ketebalan 3 mm. Identifikasi aseton yang dihasilkan dari fotoreduksi limbah cair tapioka dianalisis menggunakan GC Shimadzu 2014 dengan detektor FID, kolom RESTEK tipe Rtx[®]-5 dengan temperatur yang diatur secara konstan sebesar 120 °C, dan gas pembawa berupa Helium (He) dan Hidrogen (H_2) dengan tekanan yang digunakan masing-masing sebesar 100 Kpa.

Sintesis fotokatalis TiO_2 -Mn

Fotokatalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah TiO_2 -Mn dengan perbandingan rasio mol TiO_2 dan mangan (Mn) sebesar 99:1, 98:2; 97:3; dan 96:4 yang

disintesis dengan menggunakan metode fotodeposisi. Proses pendopingan dilakukan dengan cara menimbang TiO_2 sebanyak 3 gram, kemudian dibentuk suspensi melalui penambahan 100 ml aquademin. pH suspensi tersebut kemudian disesuaikan hingga berada pada pH 3 dengan penambahan asam perklorat 10%. Suspensi TiO_2 dengan pH 3 selanjutnya ditambahkan $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber mangan sebanyak perbandingan rasio mol sebesar 1, 2, 3, dan 4 terhadap TiO_2 . Campuran kemudian disinari dengan lampu UV selama 3 jam dan selanjutnya dikeringkan dengan hot plate dan oven. Padatan kering kemudian digerus dengan mortar dan dikalsinasi pada suhu 400°C selama 6 jam di dalam *vacuum furnace*.
Imobilisasi fotokatalis TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ pada gelas

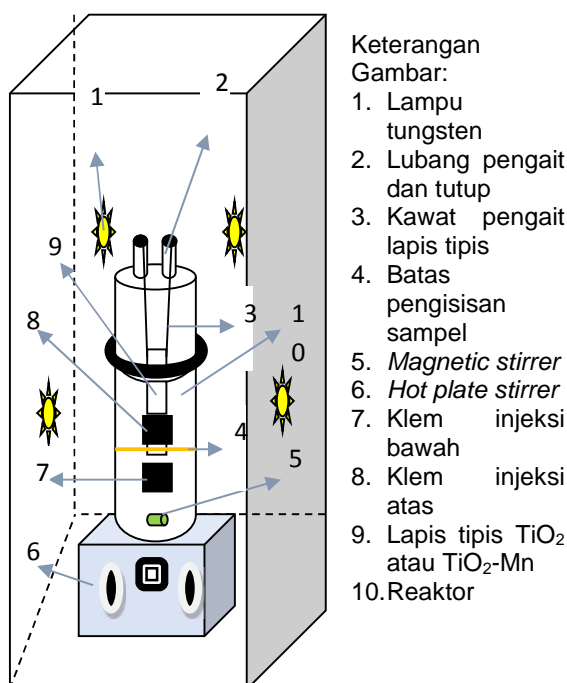
Plat kaca berukuran 4 cm x 9 cm dimasukkan ke dalam suspensi TiO_2 atau $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ 99:1; 98:2; 97:3; dan 96:4 dengan konsentrasi 40% (b/v). Plat kaca yang telah terlapisi selanjutnya dikeringkan dengan *hair dryer* hingga lapisan benar-benar kering, dan selanjutnya dipanaskan pada suhu 300°C selama 3 jam.

Penentuan perbandingan optimum komposisi TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Mn}$

Metode penentuan perbandingan optimum komposisi TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ diawali dengan pengujian gas hasil degradasi limbah cair tapioka menggunakan lampu tungsten, tanpa penambahan fotokatalis sebagai kontrol. Dimana pengujian kontrol dilakukan dengan cara, sebanyak 300 mL sampel limbah cair tapioka dimasukkan ke dalam reaktor dan selanjutnya dimasukkan ke dalam ruangan yang telah dilengkapi dengan lampu tungsten.

Sampel kemudian disinari sambil diaduk selama 25 jam dan dilakukan injeksi gas sebanyak 4 mL. Gas yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam vial dan dianalisa menggunakan kromatografi gas untuk mendeteksi adanya senyawaan karbon yang terbentuk.

Perlakuan yang sama selanjutnya dilakukan dengan menambahkan lapis tipis fotokatalis TiO_2 ; $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (99:1); $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (98:2); $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (97:3); dan $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (96:4) untuk menentukan perbandingan optimum komposisi TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Mn}$. Lapis tipis TiO_2 atau $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ kemudian dikaitkan pada lubang pengait menggunakan kawat. Posisi lapis tipis TiO_2 atau $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ dalam reaktor yaitu terendam sebagian pada sampel limbah cair tapioka dan sebagian lainnya berada pada bagian atmosfer dalam reaktor. Cara pemasangan lapis tipis fotokatalis TiO_2 atau $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ dipasang pada reaktor sesuai pada Gambar 1



Gambar 1. Rangkaian lapis tipis dalam reaktor . Gas yang dihasilkan dari proses fotoreduksi CO₂ hasil degradasi limbah cair tapioka menggunakan fotokatalis TiO₂ atau TiO₂-Mn selanjutnya dihitung dan ditentukan konsentrasi dari gas tersebut. Fotokatalis TiO₂ atau TiO₂-Mn yang memberikan konsentrasi tertinggi dari gas metanol atau senyawaan karbon lainnya merupakan fotokatalis dengan perbandingan optimum.

Pengaruh variasi pH limbah cair tapioka

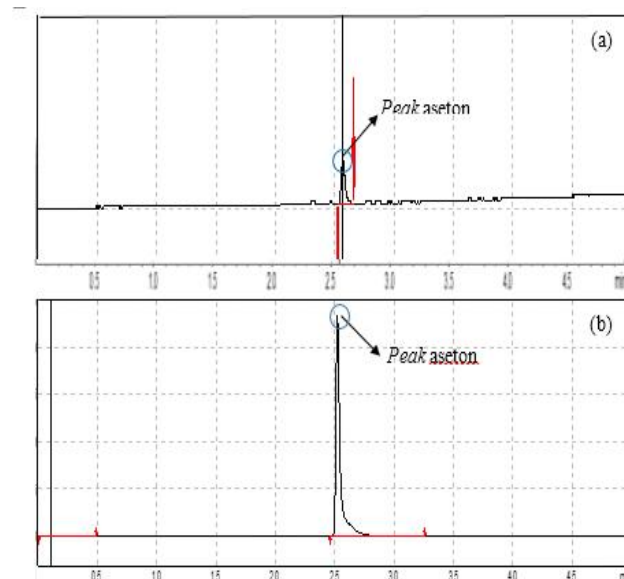
Sebanyak 300 mL limbah cair tapioka dimasukkan ke dalam reaktor. Limbah tersebut selanjutnya divariasikan pHnya. Variasi pH yang digunakan yaitu 3, 5, 7, 9, dan 11 yang dilakukan dengan penambahan HCl atau NaOH 1M. Reaktor yang berisi limbah cair tapioka selanjutnya dilengkapi dengan lapis tipis fotokatalis TiO₂-Mn dengan perbandingan optimum.

Reaktor selanjutnya disinari menggunakan lampu tungsten sambil diaduk menggunakan *hot plate stirrer*. Penyinaran dilakukan selama 25 jam dan dilakukan injeksi gas yang dihasilkan sebanyak 4 mL. Gas yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan ke dalam vial dan dianalisis menggunakan kromatografi gas untuk mendeteksi adanya metanol atau senyawaan karbon lainnya. Konsentrasi gas yang diperoleh selanjutnya ditentukan dan digunakan untuk mengetahui pengaruh pH limbah cair tapioka dengan memplotkan kondisi pH yang digunakan terhadap konsentrasi gas yang dihasilkan. Kondisi pH yang memberikan konsentrasi tertinggi dari gas metanol atau senyawaan karbon lainnya merupakan kondisi pH optimum untuk proses fotoreduksi limbah cair tapioka dengan

fotokatalis TiO₂-Mn menggunakan lampu tungsten.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi gas aseton



Gambar 2. Kromatogram aseton (a) dalam sampel dan (b) dalam larutan standar

Identifikasi gas aseton sebagai hasil fotoreduksi CO₂ yang berasal dari proses fotodegradasi limbah cair tapioka dapat dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi antara sampel dan standar yang dihasilkan pada kromatogram, dimana waktu retensi adalah waktu yang diperlukan oleh senyawa untuk bergerak melalui kolom menuju ke detektor. Waktu retensi yang dimiliki oleh sampel gas yang dihasilkan melalui proses fotoreduksi limbah cair tapioka dengan fotokatalis TiO₂-Mn menggunakan lampu tungsten yaitu berkisar antara 2,5 menit yang dapat dilihat pada kromatogram yang dihasilkan (Gambar 2 (a)). Jika dibandingkan dengan larutan aseton 10% yang diinjeksikan sebagai larutan standar maka dapat disimpulkan bahwa gas yang dihasilkan

berupa aseton, karena keduanya memiliki waktu retensi yang sama yaitu berkisar antara 2,5 menit yang dapat terlihat pada kromatogram yang dihasilkan (Gambar 2 (b))

Penentuan perbandingan optimum komposisi TiO₂ dan TiO₂-Mn

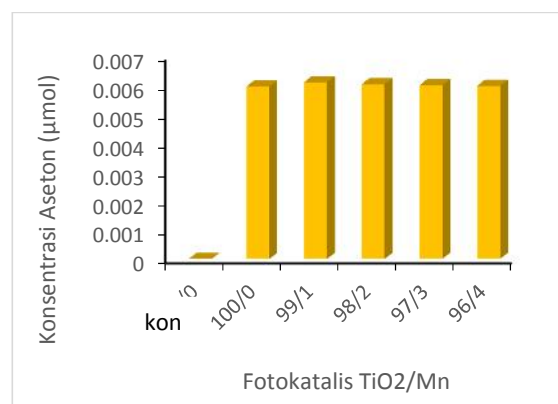
Pengujian penentuan perbandingan optimum komposisi TiO₂ dan TiO₂-Mn dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO₂ dan dopan logam Mn pada fotokatalis TiO₂ serta untuk mendapatkan rasio perbandingan mol TiO₂-Mn yang paling optimum. Fotokatalis yang digunakan dalam proses fotoreduksi CO₂ hasil degradasi limbah cair tapioka adalah TiO₂ (Merck) dan TiO₂-Mn dengan perbandingan rasio mol TiO₂:Mn sebesar (99:1); (98:2); (97:3); dan (96:4) dalam bentuk lapis tipis pada substrat kaca.

Hasil penelitian membuktikan bahwa gas aseton dihasilkan dari proses fotooksidasi limbah cair tapioka yang menghasilkan CO₂ dan dilanjutkan dengan proses fotoreduksi CO₂ sehingga menghasilkan aseton. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya gas aseton yang dihasilkan pada limbah cair tapioka yang tidak dilengkapi dengan lapis tipis fotokatalis TiO₂ sebagai kontrol.

Penambahan doping logam Mn dalam fotokatalis TiO₂ juga memiliki pengaruh yang besar terhadap perubahan aktivitas fotokatalitiknya sehingga berpengaruh pula terhadap konsentrasi aseton yang didapatkan. Karena energi band gap dari fotokatalis TiO₂ Merck sebesar 3,23 eV maka fotokatalis ini memiliki aktivitas yang tinggi dibawah sinar UV, sehingga penggunaan lampu tungsten sebagai sumber sinar tampak mengakibatkan semakin rendahnya konsentrasi yang aseton

yang dihasilkan jika dibandingkan dengan fotokatalis TiO₂ doping logam Mn dengan rasio mol 99:1, 98:2, 97:3, dan 96:4. Konsentrasi aseton yang dihasilkan pada proses fotoreduksi limbah cair tapioka menggunakan TiO₂ (Merck) sebesar 5,963X10⁻³ μmol.

Penambahan doping logam Mn pada fotokatalis TiO₂ akan memberikan perubahan pada energi band gap yang dimiliki fotokatalis TiO₂ menjadi 1,60-1,61 eV sehingga memiliki aktivitas yang tinggi dibawah lampu tungsten sebagai sumber sinar tampak [5]. Fotokatalis TiO₂:Mn dengan rasio mol 99:1 yaitu sebesar 6,101X10⁻³ μmol lebih besar, jika dibandingkan dengan TiO₂:Mn dengan rasio mol 98:2, 97:3, dan 96:4 yang masing-masing menghasilkan aseton dengan konsentrasi, 6,034X10⁻³, 6,001X10⁻³, dan 5,985X10⁻³ μmol. Secara umum berdasarkan hasil penelitian (Gambar 3) dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi logam Mn yang ditambahkan, maka semakin kecil konsentrasi aseton yang dihasilkan sebagai hasil fotoreduksi dari hasil degradasi limbah cair tapioka.

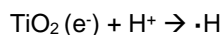


Gambar 3. Diagram konsentrasi aseton sebagai hasil fotoreduksi CO₂ hasil degradasi limbah cair tapioka dengan fotokatalis TiO₂-Mn menggunakan lampu tungsten.

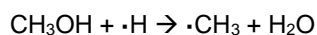
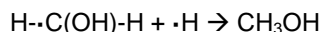
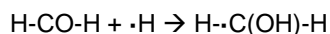
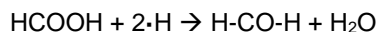
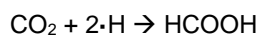
Penambahan doping logam Mn dengan konsentrasi yang semakin tinggi, dapat menurunkan kemampuan fotokatalis tersebut. Konsentrasi doping yang tinggi memiliki jumlah struktur *defect* yang besar dan menciptakan perangkat yang lebih banyak. Hal ini mengakibatkan pembawa muatan yang terbentuk sebagai hasil induksi energi pada fotokatalis TiO₂ dapat terjebak lebih dari satu kali dalam perjalanannya menuju ke permukaan TiO₂, sehingga mobilitas mereka menjadi sangat rendah dan mengalami rekombinasi sebelum mencapai permukaan fotokatalis. Ditambah lagi, perangkat-perangkat yang terbentuk saling berdekatan sehingga menambah jumlah pembawa muatan ke permukaan TiO₂ berekombinasi, yang mengakibatkan efektivitas TiO₂ dengan perbandingan Mn yang tinggi menjadi berkurang [5].

Proses fotoreduksi limbah cair tapioka dengan fotokatalis TiO₂:Mn diawali dengan proses fotooksidasi limbah cair tapioka oleh radikal hidroksil yang dihasilkan dari reaksi antara *hole* dengan ion hidroksil (Persamaan (2.4)). Radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang terbentuk selanjutnya menyerang polutan organik yang ada di dalam limbah cair tapioka melalui proses fotooksidasi sehingga menghasilkan CO₂ dan H₂O [12]. Gas CO₂ yang dihasilkan dari proses fotooksidasi limbah cair tapioka selanjutnya akan teradsorpsi ke permukaan fotokatalis TiO₂-Mn dengan cara membentuk ikatan antara atom O yang kaya akan elektron dan ion logam Mn yang menempel pada permukaan TiO₂. Gas CO₂, selanjutnya mengalami fotoreduksi menjadi aseton yang

disebabkan adanya serangan oleh radikal hidrogen dan radikal metil. Radikal hidrogen dihasilkan dari reaksi antara elektron pada TiO₂ dengan ion hidrogen.



Radikal metil dihasilkan dari CO₂ yang bereaksi dengan 7 radikal hidrogen [13].

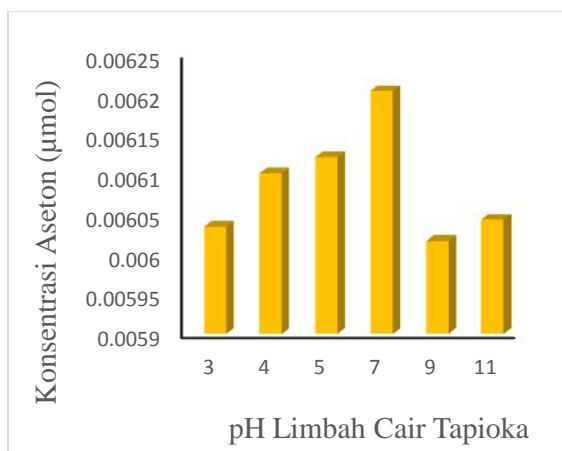


Proses fotoreduksi CO₂ menjadi aseton merupakan reaksi perubahan C₁ (CO₂) menjadi C₃ (C₃H₆O). reaksi tersebut merupakan reaksi yang terjadi karena adanya rekombinasi dari $\cdot\text{CH}_3$ [13]. Perubahan C₁ menjadi C₃ terjadi karena proses fotoreduksi CO₂ merupakan proses yang kompleks, melibatkan banyak transfer e⁻ dan tidak selektif [8]. Ketidakselektifan reaksi ini terjadi karena, reaksi ini banyak melibatkan molekul radikal yang sangat reaktif yang dengan sangat mudah berinteraksi dengan molekul lain dengan adanya *h* ataupun kalor sehingga banyak kemungkinan produk yang akan terbentuk dari proses fotoreduksi CO₂ selain aseton, seperti etanol, metanol, formaldehid, asam format, metana, dan etana. Aktivitas dan selektivitas proses fotoreduksi CO₂ menjadi C₁, C₂, atau C₃ dipengaruhi oleh konsentrasi dari fotokomponen yang digunakan, jumlah katalis, pH medium, dan jenis katalis yang digunakan [14,13].

Pengaruh variasi pH limbah cair tapioka

Hasil pengujian pengaruh pH medium pada proses fotoreduksi CO₂ hasil degradasi limbah cair tapioka dengan fotokatalis TiO₂-Mn

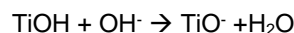
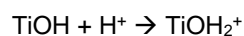
(99:1) (Gambar 4 , menunjukkan bahwa limbah cair tapioka dengan pH 7 (netral) memberikan hasil konsentrasi aseton yang tertinggi yaitu $6,204 \times 10^{-3}$ μmol dibandingkan dengan limbah cair tapioka dengan pH 3, 5, 9, 11, dan pH 4 yang merupakan kondisi pH awal dari limbah tersebut. Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa jika pH limbah cair tapioka bersifat asam atau basa maka akan menghasilkan aseton dengan konsentrasi yang cukup kecil jika dibandingkan dengan limbah cair tapioka pada pH netral.



Gambar 4. Diagram konsentrasi aseton sebagai hasil fotoreduksi CO_2 hasil degradasi limbah cair tapioka menggunakan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (99:1) dengan variasi pH 3, 5, 7, 9, dan 11.

Muatan fotokatalis TiO_2 dalam suatu larutan sangat dipengaruhi oleh kondisi pH larutan. Nilai pH pada larutan dimana semikonduktor tidak bermuatan disebut dengan pH_{pzc} . Nilai pH_{pzc} dari fotokatalis TiO_2 adalah sebesar 6,25. Berdasarkan nilai pH_{pzc} tersebut maka dapat diketahui bahwa permukaan TiOH akan tetap bermuatan positif

pada pH medium kurang dari 6,25 dan bermuatan negatif pada pH medium lebih dari 6,25 [15].



Adanya muatan pada permukaan fotokatalis TiO_2 ini dapat berpengaruh pada jumlah elektron yang dilepaskan dan radikal CO_2 yang dihasilkan [14]. Semakin tinggi pH suatu larutan, maka semakin mudah fotokatalis TiO_2 melepaskan elektron dan membentuk *hole* yang berperan dalam proses fotooksidasi dan fotoreduksi limbah cair tapioka sehingga menghasilkan gas hidrokarbon yang berupa aseton. Selain itu, jumlah ion H^+ dan OH^- yang terkandung dalam medium juga berpengaruh dalam proses fotooksidasi dan fotoreduksi. Konsentrasi aseton yang dihasilkan pada pH 3, 5, 9, dan 11 secara berturut-turut yaitu $6,034 \times 10^{-3}$; $6,121 \times 10^{-3}$; $6,016 \times 10^{-3}$; dan $6,043 \times 10^{-3}$ μmol .

Kondisi medium pada pH 7 atau lebih dikenal dengan kondisi netral merupakan kondisi dimana jumlah ion H^+ dan OH^- berada pada kondisi yang setimbang. Pada kondisi ini permukaan fotokatalis TiO_2 berada sebagai TiO^- karena pH medium berada diatas nilai pH_{pzc} dari fotokatalis TiO_2 . TiO^- lebih mudah melepaskan elektron yang selanjutnya terjebak di dalam ion logam Mn dan bereaksi dengan ion H^+ membentuk radikal $\cdot\text{H}$ dengan jumlah yang lebih banyak. Radikal $\cdot\text{H}$ yang terbentuk, selanjutnya dapat mereduksi CO_2 yang teradsorpsi oleh permukaan TiO_2 dan terikat pada ion logam Mn menjadi $\cdot\text{CH}_3$ dan aseton. Banyaknya jumlah aseton yang terbentuk sebagai hasil fotoreduksi limbah cair tapioka juga dipengaruhi oleh banyaknya ion OH^- yang bereaksi dengan *hole* membentuk radikal $\cdot\text{OH}$.

Radikal $\cdot\text{OH}$ selanjutnya dapat mengoksidasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tapioka sehingga menghasilkan gas CO_2 . Adanya kondisi yang setimbang antara jumlah ion H^+ dan OH^- dapat diasumsikan sebagai kondisi optimum untuk menghasilkan aseton dari limbah cair tapioka dengan konsentrasi yang cukup tinggi, hal ini dikarenakan terdapat dua proses yang saling berhubungan yaitu, fotooksidasi yang menghasilkan gas CO_2 dan dilanjutkan dengan fotoreduksi yang menghasilkan gas aseton melalui pembentukan radikal $\cdot\text{CH}_3$.

KESIMPULAN

Fotokatalis TiO_2 yang didoping dengan logam Mn dengan rasio mol 99:1 merupakan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ dengan perbandingan rasio mol yang optimum untuk produksi aseton dari limbah cair tapioka dengan menghasilkan gas aseton sebesar $6,101 \times 10^{-3}$ μmol per 300 mL limbah. Penambahan NaOH 1M hingga pH limbah cair tapioka menjadi 7 merupakan kondisi pH yang paling optimum digunakan untuk meningkatkan produksi aseton dari limbah cair tapioka dengan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ (99:1) dengan konsentrasi aseton yang dihasilkan sebesar $6,204 \times 10^{-3}$ μmol dari 300 mL limbah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada DIPA UNSOED atas biaya penelitian yang diberikan melalui Riset Unggulan tahun 2013.

DAFTAR RUJUKAN

[1] Widayanto, T. dan Sriyani, 2008, Pengolahan Limbah Cair Industri

Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi, 978-979-3980-15-7.

- [2] Riyani, K. dan T. Setyaningtyas, 2010, *Molekul*, 5 (1), 50-55.
- [3] Zaleska, A., 2008, *Recent Patents on Engineering*, 2, 157-164.
- [4] Setiawati, *et al.*, 2006, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, pp 141 – 146.
- [5] Irawan, A. D. S., 2013, Penurunan Kadar Krom (VI) dengan Fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Mn}$ menggunakan Sinar Lampu UV dan Lampu Tungsten, *Skripsi*, UNSOED.
- [6] Slamet, H. W. Nasution, E. Purnama, K. Riyani, dan J. Gunlazuardi, 2009, *World Applied Sciences Journal*, 6 (1), 112-122.
- [7] Anpo, M., H. Yamashita, Y. Ichihashi, and S. Ehara, 1995, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 21-26.
- [8] Rajalakshmi, K., 2011, Photocatalytic Reduction of Carbon Dioxide in Conjunction with Decomposition of Water on Oxide Semiconductor Surfaces, *Tesis*, Indian Institute of Technology, Madras.
- [9] Tseng, I., W. Chang, and J.C.S. Wu, 2002, *Applied Catalysts B: Environmental* 37, 37-48.
- [10] Tahir, M. and N.S. Amin, 2013, *Energy Conversion and Management*, 194-214.
- [11] Richardson, P.I., M.L.N. Perdigoto, W. Wang, and R.J.G. Lopes, 2012, *Applied Catalysis B: Environmental*, 200-207.
- [12] Slamet, S. Bismo, Rita A., dan Zulaina, S., 2006, *Jurnal Teknologi*, Fakultas Teknik, Depok, UI.

- [13] Subrahmanyam, M., S. Keneco, and N. Alvoso-Vante, 1999, *Applied Catalyst B: Environmental*, 23, 169-174.
- [14] Wahyuni, E.T., Jumina, and S. Triono, 2012, *J. Chem. Chem. Eng*, 6, 506-510.
- [15] Naeem, K. and O. Feng, 2009, *Journal of Environmental Sciences*, 21, 527–533.

TANYA JAWAB

Nama Penanya : Gede Agus Beni Widana

Nama Pemakalah : Dian Ayu P

Pertanyaan :

1. Mengapa menggunakan fase anatase? Apa kelebihan fase anatase dan rutil?
2. Fase katalis yang dibuat metode doping atau impregnasi?

Jawaban :

1. Fase anatase digunakan pada penelitian ini karena konsumsi energi untuk pembentukan fasa anatase lebih rendah yaitu berkisar antar 120°C – 500°C. Selain itu, fasa anatase juga mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga akan menurunkan aktivitas fotokatalitik dari TiO₂
2. Fotokatalis TiO₂-Mn yang disintesis adalah dengan metode doping yang dapat diketahui dari energi band gap fotokatalis TiO₂-Mn yang hanya berada pada satu serapan level energi band gap yaitu 1,60 atau 1,61 eV