

PENGGUNAAN SnO_2 DAN TiO_2 -ANATASE SEBAGAI KATALIS DEGRADASI CARBARYL SECARA OZONOLISIS SERTA PENDETEKSIANNYA MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS DAN HPLC

SANDRA TRI JULI FENDRI¹, SAFNI², HAMZAR SUYANI²

Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia Perintis Padang,¹

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas²

Email: sandra.trijuli@yahoo.com

Submitted : 13-12-2016, Reviewed: 25-02-2017, Accepted: 30-03-2017

ABSTRAK

Pemurnian air limbah pestisida dengan metoda konvensional hanyalah merupakan penanganan sementara karena tidak merombak kontaminan tetapi hanya merubahnya dari satu bentuk ke bentuk lain. Oleh karena itu perlu dicari metoda alternatif lain yang efektif untuk menguraikan limbah tersebut. Penelitian terhadap degradasi senyawa Carbaryl dalam pestisida Sevin 85 S dilakukan secara ozonolisis. Metoda ozonolisis menggunakan reaktor ozon dengan penambahan 10 mg SnO_2 dan TiO_2 -anatase. Analisis hasil degradasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan HPLC pada panjang gelombang 280 nm. Pengukuran dengan Spektrofotometer UV-Vis dan HPLC ini menunjukkan penurunan absorbansi dari senyawa Carbaryl setelah didegradasi. Disamping itu, HPLC menunjukkan adanya puncak senyawa intermediet yang terbentuk selama proses degradasi. Degradasi 20 mg/L Carbaryl tanpa penambahan katalis dengan metoda ozonolisis mencapai 46,16% setelah 90 menit. Degradasi 20 mg/L Carbaryl dengan penambahan 10 mg SnO_2 sebagai katalis dengan metoda ozonolisis mencapai 56,72% dan dengan penambahan 10 mg TiO_2 -anatase, degradasi mencapai 72,67% setelah 90 menit. TiO_2 -anatase lebih efektif daripada SnO_2 dalam penggunaannya sebagai katalis dalam mendegradasi Carbaryl.

Keywords: Carbaryl, ozonolisis, SnO_2 , TiO_2 -anatase., Spektrofotometer UV-Vis, HPLC

ABSTRACT

Purification of pesticide waste by using conventional method giving not permanent result because the containants are not degraded, only change into the another forms. The research about degradation of Carbaryl compound in Sevin 85 S pesticide have been done by ozonolysis method. Ozonolysis method was used ozone reactor and addition of 10 mg SnO_2 and anatase- TiO_2 . The results of degradation were detected by UV-Vis Spectrophotometer and HPLC at 280 nm. Both of instruments showed the reduction of absorbance. Besides that, HPLC could show the peak of intermediate compounds that formed during degradation process. Degradation of 20 mg/L Carbaryl without addition of catalysts by ozonolysis was reached 46,16% after 90 minutes. Degradation of 20 mg/L Carbaryl with addition of 10 mg SnO_2 as catalyst by ozonolysis was reached 56,72% and with addition of 10 mg anatase TiO_2 , degradation was reached 72,67% after 90 minutes. Anatase- TiO_2 was more effective than SnO_2 as catalyst in degrading Carbaryl.

Keywords: Carbaryl, ozonolysis, SnO_2 , anatase- TiO_2 , UV-Vis Spectrophotometer, HPLC

PENDAHULUAN

Perkembangan yang pesat dibidang Ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat sekarang ini telah memacu manusia untuk dapat memenuhi segala kebutuhan hidup dalam upaya mencapai suatu keselamatan, jaminan, dan kualitas hidup yang tinggi. Akan tetapi timbul berbagai permasalahan lingkungan akibat aktivitas manusia dalam upaya pemenuhan kebutuhannya, salah satunya adalah meluasnya penggunaan pestisida yang dapat menimbulkan dampak negatif baik langsung maupun tidak langsung bagi kesehatan manusia dan lingkungan di sekitarnya.

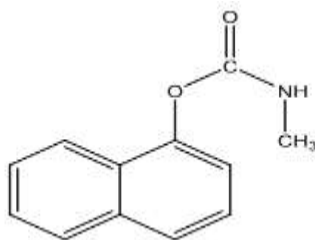
Pestisida merupakan salah satu hasil teknologi modern yang mempunyai peranan penting dalam peningkatan kesejahteraan rakyat. Penggunaan pestisida perlu dikelola sedemikian rupa, sehingga manfaatnya dapat dioptimalkan dan efek samping yang membahayakan dapat ditekan sekecil mungkin.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 7 tahun 1973 yang dimaksud dengan pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman atau hasil pertanian, memberantas gulma, membunuh atau mengendalikan berbagai hama yang dianggap merugikan atau penyakit yang merusak bagian tanaman atau hasil pertanian. Untuk itu penggunaan pestisida yang tidak bijaksana, jelas akan menimbulkan efek samping bagi kesehatan manusia, sumber daya hayati dan lingkungan pada umumnya.

Penggunaan senyawa organik sintetik memberikan dampak yang negatif terhadap pencemaran lingkungan. Pencemaran senyawa organik baik itu *biodegradable* maupun *non-biodegradable* mempunyai sifat racun, apalagi senyawa *non-biodegradable* yang bersifat karsinogen. Senyawa organik *non-biodegradable* yang berasal dari limbah budidaya pertanian adalah herbisida, insektisida, fungisida dan rodentisida.(Sudarmono, 1991)(Winarti dan Agustin, 1991).

Carbaryl merupakan bahan aktif yang terkandung dalam salah satu jenis insektisida yang dijual dengan merek dagang Sevin 85 S. Senyawa ini digunakan untuk mengendalikan hama pada tanaman kacang tanah, jagung, kapas, kedelai, kelapa, kelapa sawit, kopi, teh, tebu, lada dan tembakau. Luasnya penggunaan senyawa *Carbaryl* dibidang pertanian akan menyebabkan semakin banyaknya residu senyawa ini yang terakumulasi di lingkungan (Ahmet dan Mustafa, 1999).

Carbaryl adalah salah satu pestisida golongan karbamat yang mempunyai rumus umum $C_{12}H_{11}NO_2$ dengan berat molekul 201,23 g/mol. Nama kimia dari *Carbaryl* adalah *1-naphthyl N-methylcarbamate*. Struktur molekul *Carbaryl* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *Carbaryl*

Pengolahan limbah dengan metoda konvensional telah dilakukan dengan cara klorinasi, pengendapan, dan penyerapan oleh karbon aktif, kemudian lumpur atau *sludge* yang terbentuk dibakar atau diproses secara mikrobiologi. Pembakaran *sludge* akan mengakibatkan terbentuknya senyawa klorosida dan karbon dioksida, sedangkan penggunaan karbon aktif hanya menyerap pencemar organik yang bersifat non-polar dengan berat molekul rendah. Proses mikrobiologi hanya dapat menguraikan senyawa *biodegradable*, sedangkan senyawa *non-biodegradable* tetap berada dalam *sludge* yang akan kembali ke lingkungan, akibatnya terjadi akumulasi senyawa tersebut di alam. Hal ini menjelaskan bahwa pemurnian air limbah dengan metoda konvensional hanyalah merupakan penanganan sementara karena tidak merombak kontaminan tetapi hanya merubahnya dari satu bentuk ke bentuk lain. Oleh karena itu perlu dicari metoda alternatif lain yang efektif untuk menguraikan limbah tersebut (Xu *et al*, 2005).

Ozonolisis merupakan suatu metoda degradasi senyawa organik dengan menggunakan ozon (O_3), dimana terjadi pemutusan antara $C=C$ sehingga menghasilkan ikatan rangkap $C=O$. Hasil dari degradasi ini tergantung pada jenis ikatan rangkap yang teroksidasi dan kondisi perlakuan. Dalam fasa air, ozon dapat diuraikan oleh ion hidroksida, OH^- , atau basa konjugasi dari H_2O_2 (HO_2^-) menjadi radikal HO_2 dan OH yang dapat membantu proses degradasi senyawa organik dalam pestisida.

Kajian sekarang yang berkembang saat ini adalah penggunaan TiO_2 untuk mendegradasi senyawa organik dalam limbah cair. TiO_2 -anatase merupakan katalis yang efektif digunakan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik toksik (Syukri *et al*, 2007). Hal ini terbukti dari beberapa penelitian seperti rhodamin B terdegradasi 90 % dengan penambahan TiO_2 -anatase pada sonolisis

selama 6 jam (Syukri *et al*, 2007), zat warna Sudan I terdegradasi 100% setelah diiradiasi selama 180 menit dengan penambahan TiO₂-anatase (Safni *et al*, 2008), naphthol blue black terdegradasi 100% setelah diiradiasi 60 menit (Safni *et al*, 2007), dan alizarin terdegradasi 100% setelah diiradiasi selama 30 menit dengan penambahan TiO₂-anatase. (Safni *et al*, 2008). Selain itu SnO₂ juga bisa digunakan dalam proses peningkatan proses pendegradasian.

Pada penelitian ini, dilakukan mineralisasi *Carbaryl* secara ozonolisis dengan menggunakan ozon (O₃) dengan penambahan SnO₂ dan TiO₂-anatase untuk mempercepat proses pendegradasian. Hasil degradasi senyawa *Carbaryl* dapat dideteksi dengan menggunakan metoda HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan hasil sebelum dan sesudah didegradasi.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Reaktor ozon (Bioozone space age sterilizer, Natural Health Science Sdn. Bhd, Malaysia), Spektrofotometer UV/VIS (S.1000 Secomam, Sarcelles, Prancis), sentrifus dengan kecepatan 6000 rpm (Profuge Model PRF 6Kp, Korea), neraca analitik, pipet takar, labu ukur, erlemeyer, gelas ukur, membrane filter (Merek advantac membrane filter, polimer: mixed sellulose ester (0,45 µm, 25 mm), peralatan gelas, HPLC (Shimadzu).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan *carbaryl* dalam pestisida Sevin 85 s dengan bahan aktif *Carbaryl* 85 % (PT Bayer Indonesia), SnO₂ (Merck) dan TiO₂-anatase (Ishihara Sangyo, Ltd, Japan), akuades, etanol, metanol untuk HPLC (PT.Merck Indonesia).

Prosedur Kerja

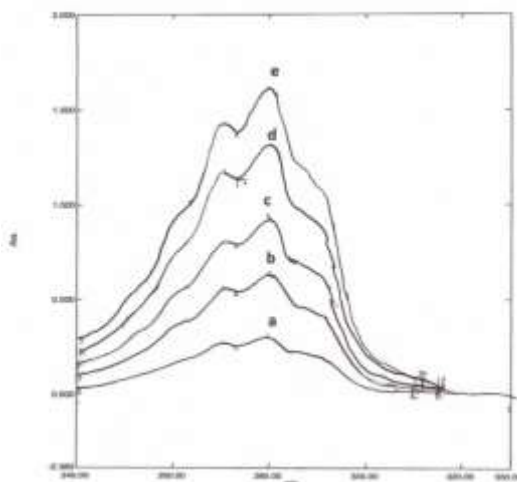
Sebanyak 0,0018 g Sevin 85 S dilarutkan dalam 100 mL larutan etanol-akuades (5:5) untuk mendapatkan larutan induk *Carbaryl* 100 ppm. Pengukuran panjang gelombang serapan maksimum dari senyawa *Carbaryl* menggunakan spektrofotometer UV-Vis diperoleh λ_{maks} 280 nm.

Larutan *Carbaryl* dengan konsentrasi 20 mg/L diozonolisis dengan variasi tanpa penambahan katalis, dengan penambahan 0,1000 g SnO₂ dan dengan penambahan 0,1000 g TiO₂-anatase. Hasil ozonolisis disentrifus selama 20 menit untuk memisahkan TiO₂-anatase dari larutan. Pendeteksian dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visibe dan HPLC. Pendeteksian dengan spektrofotometer UV-Visibe dilakukan pada λ 280 nm. Pendeteksian dengan HPLC dilakukan dengan menggunakan kolom C₁₈ (Shim-pack VP-ODS) 250 x 4,6 mm *i,d*, fasa gerak metanol : air (3:2), laju lair 1 mL/menit, volume injeksi 20 μ L, suhu 40°C, dan detektor UV pada panjang gelombang 280 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

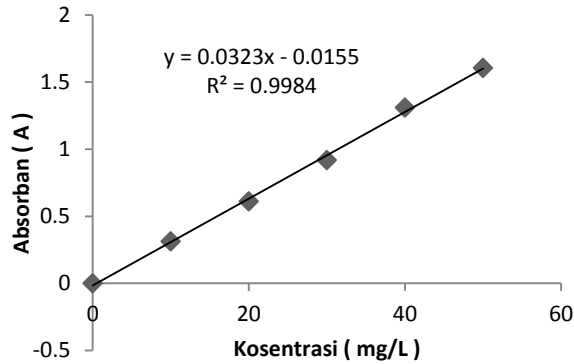
Spektrum Serapan *Carbaryl*

Pengukuran spektrum serapan larutan *Carbaryl* didapatkan puncak serapan maksimum pada panjang gelombang 280 nm .



Gambar 2. Spektrum serapan *Carbaryl* dalam pelarut etanol : akuades pada variasi kosentrasi a) 10 mg/L b) 20 mg/L c) 30 mg/L d) 40 mg/L e) 50 mg/L. Dari nilai serapan larutan *Carbaryl* pada panjang gelombang maksum ini dapat dihitung nilai absorptifitas molar (ϵ) yang nilai spesifiknya terhadap masing-masing senyawa. Berdasarkan hukum Lambert-Beer didapatkan nilai absorptifitas molar rata-rata adalah 6336,53148 L mol⁻¹cm⁻¹.

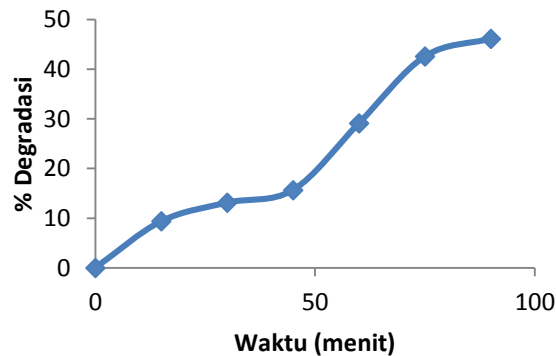
Hubungan yang linear antarakonsentrasi *Carbaryl* dengan absorbansi dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam penelitian selanjutnya digunakan larutan *Carbaryl* 20 mg/L sebagai larutan yang akan di ozonolisis.



Gambar 3. Kurva kalibrasi standar *Carbaryl*

Pengaruh Waktu Ozonolisis Terhadap Presentase Degradasi *Carbaryl*

Pengaruh waktu ozonolisis terhadap persen degradasi *Carbaryl* dapat dilihat pada Gambar 4.



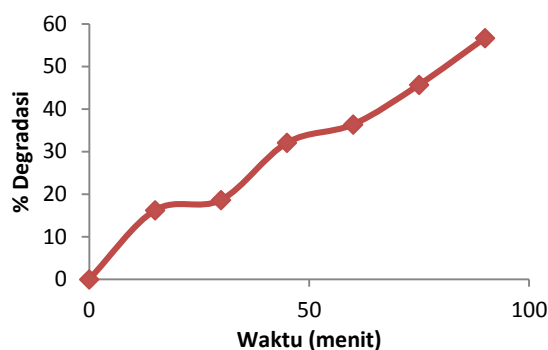
Gambar 4. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap persen degradasi *Carbaryl* 20 mg/L(waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90 menit)

Persentase degradasi *Carbaryl* meningkat dengan bertambahnya waktu ozonolisis. Semakin lama waktu ozonolisis yang digunakan maka akan semakin besar persentase degradasi yang didapatkan. Pada Gambar terlihat persentase degradasi tertinggi pada waktu 90 menit yaitu 46,17%. Dengan bertambahnya waktu degradasi, ozon (O_3) dapat memproduksi radikal OH lebih

banyak. Radikal OH dapat menyerang senyawa pestisida yang berada bukan hanya pada permukaan larutan saja, namun juga dapat menyerang senyawa yang berada dalam larutan.

Pengaruh Waktu Ozonolisis Terhadap Persen Degradasi *Carbaryl* dengan Penambahan SnO₂

Presentase degradasi senyawa *Carbaryl* dengan penambahan SnO₂ dapat dilihat pada Gambar 5.

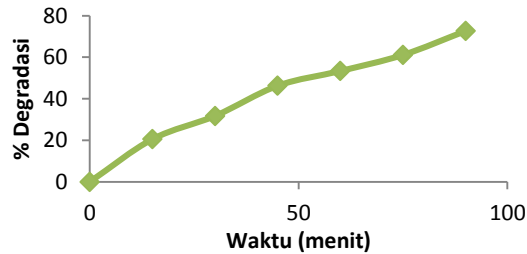


Gambar 5. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap presentase degradasi *Carbaryl* dengan penambahan SnO₂, [*Carbaryl*] 20 mg/L, SnO₂ 0 dan 10 mg.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa persen degradasi *Carbaryl* akan lebih meningkat dengan bertambahnya waktu ozonolisis dengan penambahan katalis SnO₂, pada menit ke 90 senyawa *Carbaryl* telah dapat didegradasi sebesar 56,72%. Pengaruh penambahan SnO₂ terhadap peningkatan degradasi disebabkan karena adanya pembentukan radikal OH pada permukaan SnO₂. Dengan adanya penambahan radikal OH pada permukaan SnO₂ akan membantu dalam peningkatan persen degradasi senyawa *Carbaryl* (Akhiruddin et al, 2009) (Bhayu et al, 2014).

Pengaruh Waktu Ozonolisis Terhadap Persen Degradasi *Carbaryl* dengan Penambahan TiO₂-anatase.

Presentase degradasi senyawa *Carbaryl* dengan penambahan TiO₂-anatase dapat dilihat pada Gambar 6.

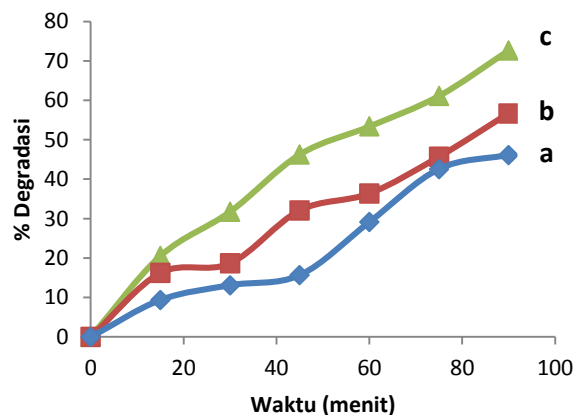


Gambar 6. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap presentase degradasi *Carbaryl* dengan penambahan TiO_2 -anatase, [*Carbaryl*] 20 mg/L, TiO_2 -anatase 0 dan 10 mg.

Dengan adanya penambahan TiO_2 -anatase selama waktu ozonolisis berlangsung akan mempercepat proses degradasi senyawa *Carbaryl*, sehingga pada menit ke 90 senyawa *Carbaryl* telah terdegradasi sebesar 72,67%. Peningkatan jumlah degradasi senyawa *Carbaryl* dengan penambahan TiO_2 -anatase disebabkan karena pembentukan radikal OH pada permukaan TiO_2 -anatase. Dengan terbentuknya radikal OH pada permukaan katalis sehingga jumlah radikal OH yang akan mendegradasi senyawa organik lebih banyak (Rajeswari dan Kanmani, 2009). Disamping itu, permukaan TiO_2 -anatase mempunyai kemampuan untuk menginisiasi reaksi kimia, dimana di dalam air kebanyakan senyawa organik dapat dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O .

Efektifitas Waktu Ozonolisis Tanpa Penambahan Katalis, Dengan Penambahan Katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase Dalam Mendegradasi Senyawa *Carbaryl*

Untuk melihat perbandingan metoda ozonolisis tanpa katalis, dengan penambahan katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase, maka dilakukan pendegradasian dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit, yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap persen degradasi *Carbaryl* 20 mg/L. a) tanpa penambahan katalis, b) Dengan penambahan SnO₂, c) dengan penambahan TiO₂-anatase.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa yang paling berpengaruh terhadap persen degradasi *Carbaryl* adalah proses ozonolisis dengan penambahan TiO₂-anatase, kemudian dilanjutkan dengan metoda ozonolisis dengan penambahan SnO₂ dan tanpa penambahan katalis. Persen degradasi *Carbaryl* tertinggi terjadi pada waktu 90 menit dengan penambahan TiO₂-anatase yaitu mencapai 72,67%, sedangkan persen degradasi *Carbaryl* dengan penambahan SnO₂ dan tanpa penambahan katalis pada waktu 90 menit terdegradasi sebanyak 56,72% dan 46,16%.

Dari Gambar 7 dapat dikatakan persen degradasi meningkat dengan bertambahnya waktu degradasi. Selain itu dengan penambahan katalis selama proses degradasi berlangsung akan memperbesar pesen degradasi dari senyawa *Carbaryl*. Ini disebabkan karena dengan penambahan katalis selama proses degradasi akan membantu memperbanyak radikal OH, yang nanti akan membantu dalam proses pendegradasian.

Dari metoda ozonolisis yang dilakukan tanpa penambahan katalis, penambahan katalis SnO₂ dan TiO₂-anatase pada waktu optimum degradasi dapat dilihat perbandingan keefektifannya pada Tabel 1.

Tabel 1. Efektifitas metoda ozonolisis terhadap persen degradasi senyawa *Carbaryl* tanpa penambahan katalis, dengan penambahan katalis SnO₂ dan TiO₂-anatase pada waktu 90 menit.

Metoda	% Degradasi tanpa penambahan katalis	% Degradasi dengan penambahan katalis SnO ₂ .	% Degradasi dengan penambahan katalis TiO ₂ -anatase
Ozonolis	46,16	56,72	72,6

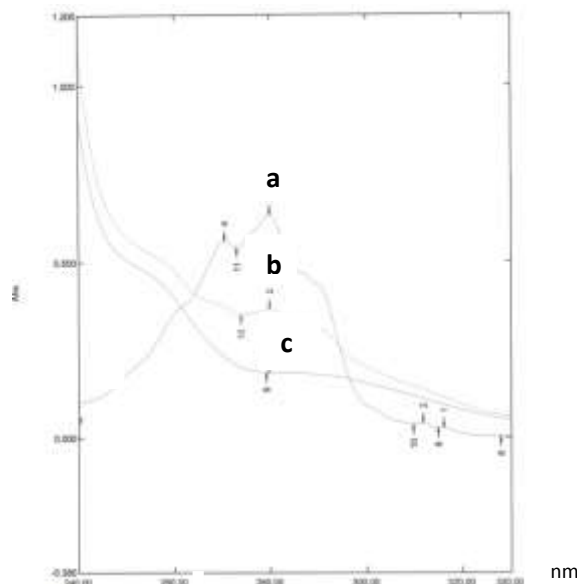
Dari Tabel 1 dapat dilihat perbandingan efektifitas dari metoda ozonolisis tanpa penambahan katalis, dengan penambahan katalis SnO₂ dan TiO₂-anatase. Dimana persen degradasi terbesar terjadi dengan penambahan katalis TiO₂-anatase selama proses pendegradasian berlangsung yaitu sebesar 72,67 %.

Aktifitas dari katalis TiO₂-anatase lebih bagus dibandingkan dengan katalis SnO₂. Ini disebabkan karena TiO₂-anatase mempunyai sifat yang lebih stabil dibandingkan dengan SnO₂ dalam proses pendegradasian. Dengan penambahan katalis TiO₂-anatase akan memperbanyak

produksi radikal OH dibandingkan dengan penambahan katalis SnO_2 . Selain itu, TiO_2 -anatase mempunyai band gap yang lebih kecil dibandingkan dengan SnO_2 , sehingga penyerapan TiO_2 -anatase akan lebih bagus dan akan semakin mudah membentuk radikal OH pada permukaannya. TiO_2 -anatase mempunyai bentuk kristal anatase sedangkan SnO_2 membentuk kristal rutil. Dimana aktifitas kristal anatase lebih bagus dibandingkan kristal rutil. Semakin bagus aktifitas yang dimiliki suatu katalis semakin banyak radikal OH yang dihasilkan. Semakin banyak radikal OH yang dihasilkan semakin besar pula persen degradasi dari senyawa *Carbaryl* (Neilaet al, 2010).

Spektrum Serapan *Carbaryl* setelah Ozonolisis

Hasil pengukuran spektrum *Carbaryl* setelah ozonolisis setelah penambahan SnO_2 dan TiO_2 -anatase dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Spektrum serapan *Carbaryl* pada waktu optimum dengan spektrofotometer UV-Visible.

a) awal b) dengan penambahan SnO_2 c) dengan penambahan TiO_2 -anatase.

Dari Gambar 8 dapat dilihat penurunan spektrum serapan *Carbaryl* awal dan setelah degradasi berlangsung. Dari spektrum yang terdapat pada Gambar 8 dapat dilihat tinggi spektrum awal lebih tinggi dari pada setelah ozonolisis dengan penambahan SnO_2 dan TiO_2 -anatase. Setelah dilakukan ozonolisis dengan penambahan SnO_2 dan TiO_2 -anatase maka spektrum sampel awal akan mengalami penurunan intensitas. Penurunan intensitas spektrum terbesar terjadi pada hasil ozonolisis dengan penambahan TiO_2 -anatase, ini disebabkan karena katalis TiO_2 -anatase

mempunyai efektifitas dan aktifitas yang bagus dalam mendegradasi senyawa *Carbaryl* secara ozonolis. Selain itu TiO_2 -anatase mempunyai kemampuan yang lebih kuat dibandingkan dengan SnO_2 dalam menghasilkan radikal OH pada permukaannya, (Syukri *et al*, 2007)(Bhayu *et al*, 2014), sehingga radikal OH yang dihasilkan pada permukaan TiO_2 -anatase akan lebih banyak. Semakin banyak radikal OH yang dihasilkan maka akan semakin mudah suatu senyawa mengalami proses pendegradasian.

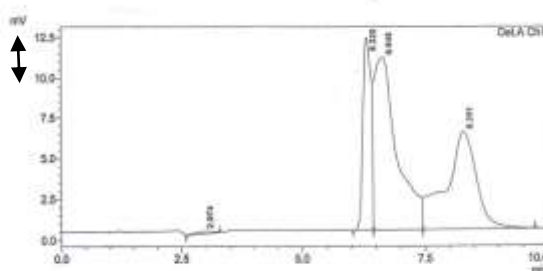
Kromatogram Hasil Degradasi *Carbaryl* Secara Ozonolisis dengan menggunakan HPLC

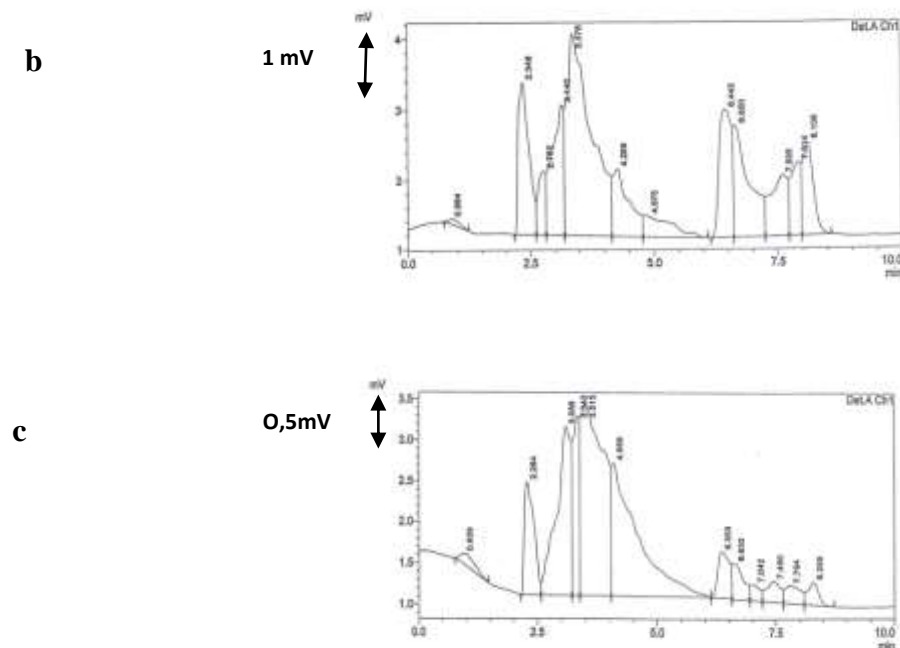
Analisis HPLC dilakukan untuk melihat perbandingan aktifitas katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase dalam proses degradasi secara ozonolisis pada waktu optimum. Pada analisis HPLC ini dilakukan pengukuran sampel larutan *Carbaryl* awal, Sampel hasil ozonolisis dengan penambahan katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase pada waktu optimum pendegradasian. Sampel yang diinjeksikan pada alat HPLC sebanyak 20 μL . Kondisi HPLC dengan menggunakan fase gerak metanol : air (3 ml : 2 ml), laju alir 1 ml/menit dan panjang gelombang 280 nm. Sampel yang diinjeksikan adalah sampel larutan awal *Carbaryl*, hasil degradasi secara ozonolis pada waktu 90 menit dengan penambahan katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase. Sebelumnya fase gerak yang digunakan pada HPLC harus didegassing terlebih dahulu dengan tujuan untuk menghilangkan gelembungan udara yang dapat mengganggu proses analisa. Sampel yang diinjeksikan ke alat HPLC harus disaring terlebih dahulu dengan membran filter, tujuannya untuk memisahkan pengganggu atau katalis yang masih tertinggal selama proses degradasi.

Hasil pengukuran HPLC larutan sampel awal larutan *Carbaryl*, hasil ozonolisis dengan penambahan katalis SnO_2 dan TiO_2 -anatase pada waktu optimum pendegradasian dapat dilihat pada Gambar 9.

a

2,5 mv





Gambar 9. Hasil Pengukuran *Carbaryl* Pada Waktu Optimum dengan HPLC. a) awal, b) setelah penambahan SnO_2 , c) setelah penambahan TiO_2 -anatase. (**Fase gerak:** metanol : air (3:2), **Volume injeksi:** 20 μL , **Laju alir:** 1 ml/menit, **Detektor:** UV, **Panjang gelombang:** 280 nm, **Temperatur:** 40 $^{\circ}\text{C}$, **Kolom:** C_{18} (Shim-pack VP-ODS) 250 x 4,6 mm *id*)

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada masing-masing perlakuan terdapat lebih dari satu puncak kromatogram, ini disebabkan karena *Carbaryl* yang terkandung didalam sampel hanya terdapat 85%.

Dari Kromatogram yang terdapat pada Gambar 9 dapat dilihat tinggi kromatogram awal lebih tinggi dari setelah ozonolisis dengan penambahan SnO_2 dan TiO_2 -anatase. Setelah dilakukan ozonolisis dengan penambahan SnO_2 dan TiO_2 -anatase maka puncak dari kromatogram sampel cek lagi awal akan mengalami penurunan intensitas dan mengalami pemecahan puncak-puncak kromatogram. Penurunan intensitas terbesar terjadi pada hasil ozonolisis dengan penambahan TiO_2 -anatase, ini disebabkan karena katalis TiO_2 -anatase mempunyai efektifitas yang bagus dalam mendegradasi senyawa *Carbaryl* secara ozonolisis (Syukri *et al*, 2007) (Safni *et al*, 2009) (Neila *et al*, 2010) (Bhayu *et al*, 2014).

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa katalis SnO₂ dan TiO₂-anatase dapat digunakan untuk mendegradasi pestisida *Carbaryl* secara ozonolisis. Metoda ozonolisis tanpa penambahan katalis menghasilkan persentase degradasi sebesar 46,17% selama 90 menit. Degradasi *Carbaryl* secara ozonolisis dengan penambahan SnO₂ dan TiO₂-anatase setelah 90 menit didapatkan persen degradasi sebesar 56,72% dan 72,67%. Dari hasil degradasi dapat dilihat bahwa katalis TiO₂-anatase mempunyai efektifitas yang lebih bagus dibandingkan katalis SnO₂ di dalam mendegradasi pestisida *Carbaryl* secara ozonolisis. Pengukuran senyawa *Carbaryl* menggunakan HPLC didapatkan beberapa puncak kromatogram untuk masing-masing perlakuan degradasi. Puncak-puncak tersebut selain senyawa *Carbaryl*, juga terdapat intermediet dari senyawa *Carbaryl*.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Uyanik, M. Ozdemir, Effect of the environmental temperature on the degradation period of carbaryl. *Tr. J. of Agriculture and Forestr.*, 23 : 579-584, 1999
- Akhiruddin Maddu, Rod Tua, Mersi kurniati. 2009. Penumbuhan film nanokristal SnO₂ dengan metode chemical bath deposition (CBD). *J. Nanosains dan . Teknologi.* (8).
- B. Gita, Syukri, Safni., Degradasi zat malachite green oxalate secara fotolisis dan ozonolisis dengan penambahan ZnO dan SnO₂. *J. Ris Kim.* (2), 2014
- J. Gunlazuardi, Fotokatalisis pada permukaan TiO₂ : Aspek Fundamentalik dan Aplikasinya, *Seminar Nasional Kimia Fisika II*, Jurusan Kimia FMIPA UI, Depok, 2001.
- L.F Tietze, M. Bratz. Ozonololysis Mechanism in Organic, *Org Synth Coll*, 9 : 34, 1998.
- N. Yenni, Safni dan H. Suyani, Degradasi senyawa Paraquat dalam pestisida Gramoxone secara sonozolisis dengan penambahan TiO₂-anatase, *J. Ris Kim.* 3 (2), 146-150, 2010.
- R. Rajeswari, S. Kanmani, TiO₂-Based Heterogeneous Photocatalytic Treatment Combined with Ozonation for Carbendazim Degradation, *J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 6 (2) : 61-66, 2009.
- S. Arief, Safni dan P. Roza, Degradasi senyawa Rhodamin B secara sonolisis dengan penambahan TiO₂-anatase hasil Sintesa melalui proses Sol-gel, *J. Ris Kim.* 1 (1), 64-69, 2007.

- Safni, Maizatisna, dan Zulfarman, Degradasi zat warna Naphthol Blue Black secara Sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase Hasil Sintesa Melalui Proses Sol-gel, *J.Ris Kim.1* (1).43-49, 2007.
- Safni, Sri Rezki Nofriani, Hamzar Suyani, Degradation of carbaryl contained in pesticide Sevin 85S by photolysis method with addition of TiO₂-anatase, *J. Dampak* 6 (2), 19-23, 2009.
- Safni, U. Loekman dan F. Febrianti, Degradasi senyawa Sudan I secara sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase, *J.Ris Kim.2* (1),164-169, 2008.
- Safni, Z. Zuki, C. Haryati, dan Maizatisna, Degradasi zat warna alizarin secara sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase. *J. Pilar.J.Ris Kim.2* (1), 2008.
- Sudarmono, S, Pestisida, Kanisius, Yogyakarta, 1991.
- Vogelpohl, A. and S.Kim, Advanced oxidation processes (AOPs) in wastewater treatment, *J. Ind. Eng. Chem*, 10 : (1), 33-44, 2004.
- Vogelpohl, A. and S.Kim, Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment, *J. Ind. Eng. Chem*, 10 : (1), 33-44, 2004.
- W. Andayani, A. Sumartono, Aplikasi radiasi Pengion Dalam Penguraian Limbah Industri I. Radiolisis Larutan Standar Zat warna reaktif Cibacron Violet 2R, *Majalah Batan*, XXXII: 1/2, (1991).
- X. Xian-wen, S. Hui-xiang, W. Da-hui, Ozonation with ultrasonic enhancement of p-nitrophenol wastewater. *J. Zhejiang Univ Science B.5* : 319-323, 2005.