



**KINETIKA FOTOKATALISIS DIAZINON DENGAN  
TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Mohammad Rofik Usman  
NIM 081810301051**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**KINETIKA FOTOKATALISIS DIAZINON DENGAN  
TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**Mohammad Rofik Usman**  
**NIM 081810301051**

**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda H. Moh. Usman, Ibunda Hj. Siti Khatijah, dan seluruh keluarga besar;
2. Kakak Hj. Azizatin, S.Pdi dan Moh. Nasihin S.Kom;
3. Guru-guruku di TK Al-Arif Prajekan, SD Negeri Prajekan Kidul 2 Prajekan, SMP Negeri 1 Prajekan., dan SMA Nurul Jadid Paiton Probolinggo;
4. Almamater Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah Azza wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya, dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat. (HR. Ar-Rabii')<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Almath, M. F. 2005. 1100 Hadits Terpilih (Sinar Ajaran Muhammad). Gema Insani Press: 206. [serial on line]. [http://books.google.co.id/books?id=Gb1exn\\_1YJoC&dq=tahun+terbit+1100+Hadits+Terpilih&hl=id&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.co.id/books?id=Gb1exn_1YJoC&dq=tahun+terbit+1100+Hadits+Terpilih&hl=id&source=gbs_navlinks_s). [21 Januari 2013].

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mohammad Rofik Usman

NIM : 081810301051

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Januari 2013

Yang menyatakan,

Mohammad Rofik Usman

NIM 081810301051

**SKRIPSI**

**KINETIKA FOTOKATALISIS DIAZINON DENGAN  
TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>)**

Oleh:

**Mohammad Rofik Usman  
NIM 081810301051**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama : Novita Andarini, S.Si, M.Si**

**Dosen Pembimbing Anggota : Ika Oktavianawati, S.Si, M.Sc.**

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Novita Andarini, S.Si, M.Si  
NIP 197211122000032001

Ika Oktavianawati, S.Si, M.Sc.  
NIP 198010012003122001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Drs. Sudarko, Ph.D.  
NIP 196903121992031002

Tanti Haryati, S.Si.,M.Si  
NIP 198010292005012002

Mengesahkan  
Dekan FMIPA,

Prof. Drs. Kusno DEA, Ph.D  
NIP 1961101081986021001

## RINGKASAN

**Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>);**  
Mohammad Rofik Usman, 081810301051; 2013: 46 halaman; Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Diazinon merupakan salah satu jenis pestisida golongan organofosfat yang paling banyak digunakan sampai saat ini dan juga paling berbahaya bagi mamalia. Penggunaan diazinon yang berlebih dapat mengakibatkan pencemaran air. Fotodegradasi menjadi salah satu metode penanganan residu pestisida yang terus dikembangkan di lingkungan sekitar terutama dengan bantuan fotokatalis. Fotokatalis TiO<sub>2</sub> menjadi pilihan yang sering digunakan karena kelimpahannya yang cukup banyak dan kemampuannya yang baik serta tidak beracun bagi makhluk hidup. Untuk mengontrol penggunaan TiO<sub>2</sub> agar efektif dalam mengkatalis fotodegradasi diazinon maka dilakukan penelitian kinetika fotokatalisis diazinon dengan TiO<sub>2</sub> yang dimulai dengan optimasi massa katalis yang akan digunakan dalam skala laboratorium. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui (1): massa optimum TiO<sub>2</sub> dalam mendegradasi diazinon, (2): kinetika fotokatalisis diazinon dengan TiO<sub>2</sub>.

Penelitian ini dimulai dengan studi awal pengaruh adanya TiO<sub>2</sub> dalam mengkatalis fotodegradasi diazinon dengan membandingkan antara jumlah diazinon yang tersisa dalam larutan yang difotodegradasi dengan 25 mg TiO<sub>2</sub> dengan jumlah diazinon yang difotodegradasi tanpa TiO<sub>2</sub>. Kemudian dilanjutkan dengan memvariasi massa TiO<sub>2</sub> yang digunakan pada larutan diazinon dengan konsentrasi yang sama pada setiap variasi. Setelah mengetahui massa optimum dari TiO<sub>2</sub> yang akan digunakan maka dilakukan variasi lama penyinaran untuk mengamati konsentrasi diazinon saat waktu tertentu dengan konsentrasi diazinon awal yang digunakan dan massa TiO<sub>2</sub> yang ditambahkan sama. Jumlah diazinon yang tersisa dapat diketahui melalui analisa dengan GCMS. Data yang diperoleh



diolah dengan memplotkan data sesuai dengan persamaan laju reaksi pada setiap orde. Orde reaksi yang paling sesuai dipilih dengan melihat linearitas ( $R^2$ ) yang terbentuk dari plot tersebut. Kemudian setelah menentukan orde reaksi yang paling sesuai, dilakukan pengolahan data untuk menentukan konstanta laju degradasi. Jika orde yang paling sesuai adalah pseudo orde 1 maka penentuan konstanta laju reaksi dengan persamaan Langmuir-Hinshelwood dan jika pseudo orde 2 menggunakan persamaan Ho.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa  $\text{TiO}_2$  yang optimum dalam mendegradasi 25 mL diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 adalah 5 mg, dan 25 mL diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 adalah 25 mg. Variasi massa  $\text{TiO}_2$  ini dipengaruhi konsentrasi awal diazinon karena dapat menimbulkan persaingan antara molekul diazinon dan molekul intermediet dalam membentuk interaksi *chemisorbtion* di permukaan  $\text{TiO}_2$  dan penghambatan cahaya UV untuk mencapai permukaan  $\text{TiO}_2$ . Berdasarkan hasil penelitian selisih jumlah diazinon yang tersisa pada massa 25 mg  $\text{TiO}_2$  yang tidak terlalu jauh dengan jumlah diazinon yang tersisa pada massa 5 mg  $\text{TiO}_2$ . Oleh karena itu, variasi lama penyinaran yang dilakukan terhadap konsentrasi awal diazinon  $10 \text{ mg L}^{-1}$  adalah menggunakan massa  $\text{TiO}_2$  5 mg. Orde reaksi degradasi 25 mL larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 adalah pseudo orde 2 yang memiliki nilai linearitas ( $R^2$ ) lebih baik daripada linearitas orde 1. Kemudian data jumlah diazinon yang tersisa pada waktu tertentu diolah dengan persamaan Ho. Adapun hasil yang diperoleh yaitu nilai konstanta laju fotokatalisis diazinon dengan  $\text{TiO}_2$  ( $k$ ) yaitu  $3,08 \times 10^{-7} \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) diazinon ke permukaan  $\text{TiO}_2$  saat setimbang adalah  $5 \times 10^4 \text{ mg g}^{-1}$ .

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember;
2. Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ika Oktavianawati, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Dosen Pembimbing Akademik, Drs. Sudarko, Ph.D., selaku Dosen Penguji I, dan Tanti Haryati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. D. Styawan P. Handoko, S.Si., M.Si., atas bantuan yang diberikan;
4. Bapak/Ibu Teknisi seluruh laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember dan Teknisi Laboratorium Organik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada;
5. Rekan kerjaku Moh. Azhar A., Ardian Syah Putra, Fitri Puji Lestari, Siti Nur Jannah, Rima Nusba A, Heny Novita Y., dan Nanda Widayanti yang telah membantu, memberikan semangat dan doa yang diberikan;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 25 Januari 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING SKRIPSI</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Pestisida</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Organofosfat .....	<b>6</b>
2.1.2 Diazinon.....	<b>7</b>
<b>2.2 Fotokimia</b> .....	<b>8</b>

2.2.1	Fotokatalis.....	9
2.2.2	TiO <sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis .....	10
<b>2.3</b>	<b>Gas Chromatography-Mass Spectrometry .....</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>Kinetika Katalis Heterogen .....</b>	<b>15</b>
2.4.1	Katalis Heterogen .....	15
2.4.2	Adsorpsi Katalis Heterogen.....	16
2.4.3	Model Kinetika Adsorpsi Langmuir-Hinshelwood .	16
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan .....</b>	<b>19</b>
3.2.1	Alat .....	19
3.2.2	Bahan .....	19
<b>3.3</b>	<b>Diagram Alir Penelitian.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Prosedur Kerja Penelitian .....</b>	<b>20</b>
3.4.1	Pembuatan <i>Buffer</i> Fosfat.....	20
3.4.2	Pembuatan Larutan Induk Diazinon 60 g L <sup>-1</sup> .....	20
3.4.3	Pembuatan Larutan Induk Diazinon 10 g L <sup>-1</sup> .....	21
3.4.4	Fotodegradasi dengan Variasi Massa TiO <sub>2</sub> .....	21
3.4.5	Fotodegradasi dengan Variasi lama Penyinaran.....	21
3.4.6	Preparasi Sampel Uji Untuk Analisa GCMS.....	22
3.4.7	Analisis Data.....	22
3.4.7.1	Penentuan Konsentrasi Diazinon.....	22
3.4.7.2	Penentuan Massa Optimum TiO <sub>2</sub> .....	22
3.4.7.3	Penentuan Orde Reaksi dan Konstanta laju Reaksi .....	23
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Massa Optimum TiO<sub>2</sub> .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan TiO<sub>2</sub> .....</b>	<b>32</b>
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>41</b>

<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>41</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>41</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Integral dan jenis plot persamaan laju reaksi pada pseudo orde 1 dan 2.....	23
4.1 Konsentrasi diazinon saat $t$ .....	34
4.2 Linearitas hasil dari plot pada masing-masing persamaan .....	38

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur dari beberapa pestisida golongan organofosfat .....	7
2.2 Struktur Diazinon.....	8
2.3 Skema fotoeksitasi yang diikuti oleh deeksitasi pada permukaan semikonduktor .....	10
2.4 Besarnya energi celah pada suatu semikonduktor .....	11
2.5 Struktur TiO <sub>2</sub> .....	12
2.6 Mekanisme perpindahan elektron karena pengaruh cahaya pada TiO <sub>2</sub> .....	13
4.1 Kromatogram 3 µL larutan diazinon 600 g L <sup>-1</sup> .....	25
4.2 Grafik pengaruh adanya TiO <sub>2</sub> terhadap fotodegradasi 25 mL diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit .....	27
4.3 Kromatogram 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit .....	28
4.4 Grafik efek variasi massa TiO <sub>2</sub> pada 25 mL diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit .....	30
4.5 Grafik efek variasi massa TiO <sub>2</sub> pada 25 mL diazinon 10 g L <sup>-1</sup> pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit .....	32
4.6 Kromatogram variasi lama penyinaran pada 25 mL larutan diazinon 10 g L <sup>-1</sup> pH 7 dengan 5 mg TiO <sub>2</sub> .....	33
4.7 Grafik efek variasi lama penyinaran pada 25 mL diazinon 10 g L <sup>-1</sup> pH 7 dengan massa katalis 5 mg .....	35
4.8 Kurva hasil pengolahan pseudo orde 1 .....	36
4.9 Kurva hasil pengolahan pseudo orde 2 .....	37
4.10 Kurva pengolahan data untuk memperoleh nilai <i>k</i> dan <i>q<sub>e</sub></i> .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>A. GAMBAR SET REAKTOR ULTRAVIOLET, KOTAK TEMPAT FILTRASI DAN PENYIMPANAN DIAZINON SEBELUM DAN SESUDAH FOTODEGRADASI .....</b>	<b>47</b>
<b>A.1 Gambar Set Reaktor Ultraviolet .....</b>	<b>47</b>
<b>A.2 Gambar Kotak Filtrasi.....</b>	<b>48</b>
<b>A.3 Gambar Kotak Penyimpanan Diazinon Sebelum dan Sesudah Fotodegradasi .....</b>	<b>48</b>
<b>B. SETTING/KONDISI GCMS .....</b>	<b>49</b>
<b>B.1 Variasi Massa TiO<sub>2</sub> dengan Konsentrasi Diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7.....</b>	<b>49</b>
<b>B.2 Variasi Massa TiO<sub>2</sub> dengan Konsentrasi Diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7.....</b>	<b>50</b>
<b>B.3 Variasi Lama Penyinaran dengan Massa TiO<sub>2</sub> 5 mg .....</b>	<b>51</b>
<b>C. KROMATOGRAM DAN SPEKTRA HASIL ANALISA .....</b>	<b>52</b>
<b>C.1 Variasi Massa TiO<sub>2</sub>.....</b>	<b>52</b>
C.1.1 3 µL larutan diazinon 600 g L <sup>-1</sup> .....	52
C.1.2 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit tanpa TiO <sub>2</sub> .....	54
C.1.3 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 5 mg TiO <sub>2</sub> .....	56
C.1.4 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 10 mg TiO <sub>2</sub> .....	58
C.1.5 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 25 mg TiO <sub>2</sub> .....	60
C.1.6 2 µL larutan diazinon 60 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 50 mg TiO <sub>2</sub> .....	62
C.1.7 3 µL larutan diazinon 10 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 0 mg TiO <sub>2</sub> .....	64
C.1.8 3 µL larutan diazinon 10 g L <sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 5 mg TiO <sub>2</sub> .....	66



C.1.9	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 15 mg $\text{TiO}_2$ .....	68
C.1.10	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 20 mg $\text{TiO}_2$ .....	70
C.1.11	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 25 mg $\text{TiO}_2$ .....	72
<b>C.2</b>	<b>Variasi Lama Penyinaran .....</b>	<b>74</b>
C.2.1	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi dengan 5 mg $\text{TiO}_2$ selama 0 menit.....	74
C.2.2	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi dengan 5 mg $\text{TiO}_2$ selama 60 menit.....	76
C.2.3	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi dengan 5 mg $\text{TiO}_2$ selama 90 menit.....	78
C.2.1	3 $\mu\text{L}$ larutan diazinon 10 g $\text{L}^{-1}$ pH 7 setelah fotodegradasi dengan 5 mg $\text{TiO}_2$ selama 120 menit.....	80
<b>D.</b>	<b>PENGOLAHAN DATA</b>	
<b>D.1</b>	<b>Variasi Massa <math>\text{TiO}_2</math>.....</b>	<b>82</b>
D.1.1	Pengaruh Adanya $\text{TiO}_2$ Terhadap Degradasi Diazinon	82
D.1.2	Pengaruh Massa $\text{TiO}_2$ .....	83
<b>D.2</b>	<b>Variasi Lama Penyinaran .....</b>	<b>84</b>
<b>D.3</b>	<b>Kinetika Degradasi Diazinon Terkatalis <math>\text{TiO}_2</math>.....</b>	<b>85</b>
D.3.1	Penentuan Orde Degradasi Diazinon dengan $\text{TiO}_2$ .....	85
D.3.2	Penentuan Komponen Kinetika Degradasi Diazinon Terkatalis $\text{TiO}_2$ dengan Model Persamaan Ho .....	89

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu langkah peningkatan produktivitas hasil pertanian di Indonesia adalah pengendalian hama menggunakan pestisida organik sintetik. Penggunaan pestisida secara kualitatif dan kuantitatif terus meningkat seiring dengan meningkatnya produksi hasil pertanian. Di sisi lain pestisida yang digunakan meninggalkan sejumlah residu yang berbahaya pada tanaman, tanah dan air. Pada proses penggunaannya, berdasarkan hasil survei tim Proyek Kali Konto (dalam Kusuma, 2009) petani mempunyai kebiasaan mencuci alat semprot dan membuang kaleng bekas kemasan pestisida di lahan pertanian dan sungai sehingga dapat menambah residu pestisida di lingkungan.

Pestisida yang digunakan berlebihan ataupun sembarangan oleh petani akan tertinggal pada sayuran (Nugrohati dan Untung, 1986) dan buah-buahan impor (Purnama, 1998). Residu pestisida yang tertinggal dapat mengganggu kesehatan bahkan mengancam nyawa manusia baik diri-sendiri maupun orang lain. Kasus yang terjadi akibat keracunan pestisida di antaranya seorang tukang kebun yang keracunan dan akhirnya meninggal setelah mengalami perawatan intensif selama tiga hari di rumah sakit (Syanne *et al*, 1999). Selain mengganggu kesehatan manusia, residu pestisida juga berdampak negatif pada lingkungan. Di Yogyakarta dilakukan analisa pada tiga burung walet dan hasilnya menunjukkan adanya residu organofosfat pada saluran pernafasan, pencemaran dan bulu (Kuncoro *et al*. 2002).

Menurut Sastroutomo (dalam Zulkarnain, 2010) pestisida organofosfat merupakan salah satu jenis pestisida yang paling banyak digunakan bahkan sampai saat ini produksinya masih terus berlanjut. Dari segi lingkungan, ketidakstabilan senyawa organofosfat seperti diazinon menyebabkan persisten dari senyawa ini lebih rendah daripada organoklorin, sehingga dalam hal penggunaan secara

bertahap pestisida organoklorin akan tergantikan oleh pestisida organofosfat. Walaupun demikian, menurut Sastroutomo (dalam Zulkarnain, 2010) senyawa organofosfat ini lebih beracun terhadap hewan bertulang belakang jika dibandingkan senyawa organoklorin dan dengan konsentrasi yang kecil mampu menyebabkan kematian.

Melihat besarnya dampak negatif adanya residu diazinon yang berada di lingkungan sekitar maka metode penanganan residu pestisida terus dikembangkan seperti biodegradasi (Radjasa dan Sabdono, 2005) dan oksidasi lanjut yang memanfaatkan radiasi sinar UV (Bismo, 2006). Biodegradasi diazinon yang memanfaatkan mikroorganisme *Serratia sp.* harus pada keadaan pH 7.0-8.0 dan bakteri ini juga mampu mendegradasi diazinon  $50 \text{ mg L}^{-1}$  secara sempurna dalam waktu 11 hari pada suhu  $25^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{C}$  (Amer, 2011). Fotodegradasi menjadi salah satu metode penanganan residu pestisida yang terus dikembangkan di lingkungan sekitar (Cardeal *et al*, 2010) seperti di tumbuhan dan permukaan tanah (Katagi, 2004). Perkembangan metode fotodegradasi residu diazinon saat ini telah menggunakan bantuan katalis seperti  $\text{TiO}_2$  yang mampu mendegradasi diazinon  $20 \text{ g L}^{-1}$  secara sempurna dengan waktu 30 menit (Kouloumbos *et al*, 2003).

Kelimpahan material katalis  $\text{TiO}_2$  relatif melimpah dalam kulit bumi yaitu sekitar 0,6% dan kemampuannya yang bersifat semikonduktor menjadikan katalis  $\text{TiO}_2$  sebagai pilihan utama dalam metode fotokatalisis. Kristal  $\text{TiO}_2$  yang berwarna putih dengan indeks bias tinggi dan titik lebur  $1885^{\circ}\text{C}$  memiliki 3 struktur kristal yaitu *rutile*, *anatase* dan *brookite* (Smyth, 2001). Fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  memanfaatkan sifat semikonduktor yang dimiliki  $\text{TiO}_2$ , yaitu sisi yang berperan sebagai penyedia elektron (bermuatan negatif, sebagai reduktor) dan sisi lainnya sebagai *hole* (tempat yang kehilangan atau kekurangan elektron, bermuatan positif dan sebagai oksidator). Dari ketiga struktur  $\text{TiO}_2$ , jenis struktur yang paling fotoreaktif adalah jenis *anatase* karena energi celah jenis ini (3,2 eV) lebih besar daripada jenis *rutile* (3,0 eV) (Hoffman *et al*, 1995; Fujishima *et al*, 2000).

Kinetika fotodegradasi terkatalis akan dipengaruhi massa katalis, konsentrasi awal analit, intensitas cahaya, pH dan temperatur (Najjar *et al*, 2007). Hasil dari mempelajari kinetika fotodegradasi terkatalis berupa persamaan laju reaksi seperti yang dilaporkan dalam hasil penelitian Daneshvar *et al* (2007) yang menunjukkan bahwa laju degradasi senyawa diazinon dengan katalis ZnO mengikuti model Langmuir-Hinshelwood dengan persamaan laju reaksi pseudo orde satu saat konsentrasi diazinon awal rendah. Persamaan laju reaksi yang diperoleh dapat digunakan untuk mengontrol proses fotokatalisis pestisida yang dilakukan, misalnya dengan jumlah tertentu dari  $\text{TiO}_2$  yang digunakan dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi residu pestisida yang ada di lingkungan secara maksimal.

Berdasarkan keterangan di atas penelitian ini dimulai dengan optimasi massa katalis  $\text{TiO}_2$  dengan struktur *anatase* dan memvariasi lama penyinaran yang diberikan kepada analit. Pelarut pestisida dalam proses fotodegradasi menggunakan air karena para petani menggunakan air untuk melarutkan atau mengencerkan insektisida sebelum digunakan. Reaktor yang digunakan untuk memudahkan pengamatan dilengkapi dengan lampu UV tipe *Black light blue* (BLB). Hasil yang diharapkan dari pengamatan yang dilakukan dan data yang diperoleh dapat maksimal dalam mempelajari kinetika fotokatalis residu pestisida.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa massa katalis  $\text{TiO}_2$  yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi optimum fotodegradasi diazinon?
2. Bagaimana kinetika fotodegradasi diazinon terkatalis  $\text{TiO}_2$ ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk memperoleh massa optimum katalis  $\text{TiO}_2$  dalam fotodegradasi pestisida.
2. Untuk mengetahui kinetika fotodegradasi pestisida terkatalis  $\text{TiO}_2$ .

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

1. Ilmu pengetahuan  
Dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi tentang kesehatan masyarakat yang berhubungan dengan keracunan pestisida.
2. Penulis dan Pembaca  
Dapat memberikan informasi ilmiah sebagai solusi untuk mengatasi masalah yang ada di lingkungan sekitar dan dapat memberikan motivasi sehingga muncul ide atau gagasan lain untuk meningkatkan kreativitas dalam mengatasi masalah lingkungan sekitar.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Diazinon yang digunakan berasal dari insektisida komersial dengan nama Diazinon 600 EC dengan kadar diazinon  $600 \text{ g L}^{-1}$  dan diproduksi oleh PT. Petrokimia Kayaku.
2. Volume larutan diazinon yang difotodegradasi  $25 \text{ mL}$  dengan konsentrasi  $60 \text{ g L}^{-1}$  dan  $10 \text{ g L}^{-1}$  pada variasi massa  $\text{TiO}_2$ ,  $10 \text{ g L}^{-1}$  pada variasi lama penyinaran dan penentuan kinetika reaksi.
3. Lampu UV yang digunakan mempunyai tegangan  $40 \text{ watt}$  dengan panjang gelombang  $340\text{-}390 \text{ nm}$ .
4. Analisa residu pestisida menggunakan instrumentasi kromatografi gas-spektrofotometer massa (GCMS).

5. Buffer yang digunakan buffer fosfat pH 7.
6. TiO<sub>2</sub> yang digunakan mempunyai struktur *anatase*.
7. Variasi massa TiO<sub>2</sub> yang digunakan adalah 0, 5, 10, 25, dan 50 mg pada konsentrasi awal diazinon 60 g L<sup>-1</sup> dan 0, 5, 15, 20, dan 25 mg pada konsentrasi awal diazinon 10 g L<sup>-1</sup>.
8. Variasi lama penyinaran yang diberikan adalah 0, 60, 90, dan 120 menit.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pesticida**

Jika dilihat dari asal katanya, pestisida atau *pesticide* berasal dari *pest* yang berarti hama dan *cide* yang berarti mematikan/racun. Jadi pestisida adalah racun hama (Tarigan, 2011).

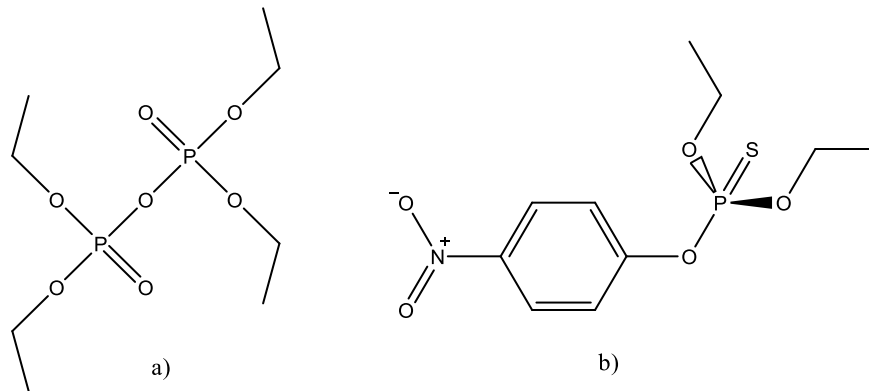
Pesticida adalah substansi kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk mengendalikan berbagai hama. Yang dimaksud hama di sini adalah sangat luas, yaitu serangga, tungau, tumbuhan pengganggu, penyakit tanaman yang disebabkan oleh fungi (jamur), bakteri dan virus, kemudian nematoda (bentuknya seperti cacing dengan ukuran mikroskopis), siput, tikus, burung dan hewan lain yang dianggap merugikan.

Pesticida juga diartikan sebagai substansi kimia dan bahan lain yang mengatur dan atau menstimulir pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman. Sesuai konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT), penggunaan pestisida ditujukan bukan untuk memberantas atau membunuh hama, namun lebih dititiberatkan untuk mengendalikan hama sedemikian rupa hingga berada dibawah batas ambang ekonomi atau ambang kendali (Wikipedia, 2012).

#### **2.1.1 Organofosfat**

Organofosfat adalah insektisida yang paling toksik di antara jenis pestisida lainnya dan sering menyebabkan keracunan pada manusia. Bila tertelan, meskipun sedikit dapat menyebabkan kematian pada manusia (Zulkarnain, 2010). Pesticida yang termasuk ke dalam golongan organofosfat antara lain: etion, demeton metil, azinofosmetil, klorifos, diklorovos, dimetoat, disulfoton, palation, malation, paration, diazinon, klorpirifos. Organofosfat disintesis pertama di Jerman pada awal perang dunia ke II. Pesticida golongan organofosfat pertama yang disintesis adalah

*tetraethylpyrophosphate* (TEPP) dan parathion yang sangat efektif sebagai insektisida dengan struktur pada Gambar 2.1 berikut.



a) *Tetraethylpyrophosphate* (TEPP) dan b) parathion

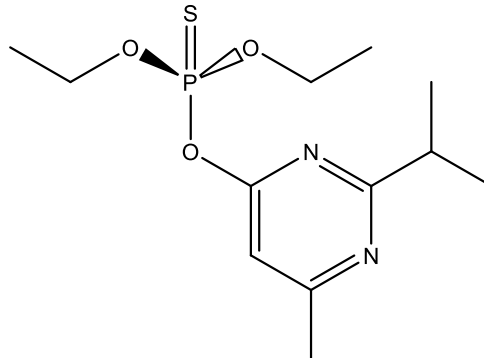
Gambar 2.1 Struktur dari beberapa pestisida golongan organofosfat

Organofosfat menghambat aksi *pseudocholinesterase* dalam plasma dan kolinesterase dalam sel darah merah dan pada sinapsisnya. Enzim tersebut secara normal menghidrolisis asetilkolin menjadi asetat dan kolin. Pada saat enzim dihambat, mengakibatkan jumlah asetilkolin meningkat dan berikatan dengan reseptor muskarinik dan nikotinik pada sistem saraf pusat dan perifer. Hal tersebut menyebabkan timbulnya gejala keracunan yang berpengaruh pada seluruh bagian tubuh (Darmono, 2003).

### 2.1.2 Diazinon

Senyawa diazinon merupakan ester asam tiofosfat, yang diperkenalkan oleh Ciba-Geigy pada tahun 1952 (sekarang dikenal dengan nama Novartis) yang merupakan sebuah perusahaan kimia di Swiss. Diazinon mulai dikenal oleh petani Indonesia sejak 1970-an yaitu pada saat program intensifikasi pertanian diperkenalkan di Indonesia (Indraningsih dan Sani, 2004). Diazinon memiliki struktur seperti pada Gambar 2.2 berikut.





Gambar 2.2 Struktur diazinon

Diazinon termasuk ke dalam golongan organofosfat, yang merupakan suatu bahan kimia yang efektif digunakan untuk membasmi serangga, yang bekerja dengan cara menghambat enzim kolinesterase secara irrevesibel, di mana enzim ini berfungsi dalam pemecahan asetilkolin yang merangsang saraf otot (Busby, 2004).

Diazinon digunakan secara luas untuk membasmi serangga dalam industri pertanian. Zat ini juga efektif dalam membasmi serangga di dalam tanah dan ektoparasit seperti kutu pada domba. Untuk penggunaan rumah tangga, diazinon juga efektif untuk membasmi kecoa, semut, kutu karpet dan serangga pada hewan piaraan. Nama dagang untuk diazinon adalah *knox-out*, dianon atau basudin (Wulandari, 2011).

## 2.2 Fotokimia

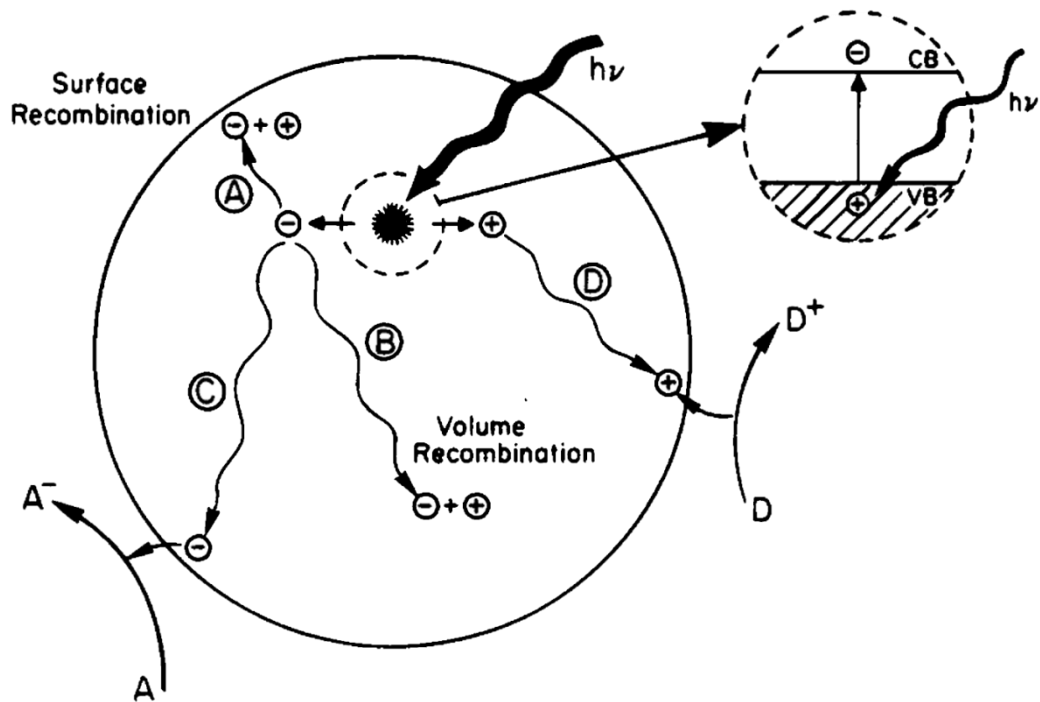
Fotokimia adalah bagian dari ilmu kimia yang mempelajari interaksi antara atom, molekul kecil dengan cahaya atau radiasi elektromagnetik. Pada reaksi fotokimia, penghancuran molekul diawali dengan penyerapan foton (Larson and Weber dalam Yulianto *et al*, 2005). Saat foton mendekati sebuah molekul, terjadi interaksi antar medan elektromagnetik yang menyertai molekul. Terjadinya perubahan secara fotokimia disebabkan energi yang diabsorpsi mengubah molekul pada kondisi dasar (*ground state*) menjadi kondisi tereksitasi (*excited state*) yang tidak stabil.

Penyerapan foton guna mendapatkan kondisi eksitasi, molekul harus mempunyai pita absorpsi pada spektrum UV-cahaya tampak yang mencakup panjang gelombang foton tersebut, karena radiasi UV-cahaya tampak mempunyai panjang gelombang minimum 200 nm, maka molekul organik harus menyerap cahaya di atas 200 nm supaya terjadi proses fotolisis (Larson and Weber dalam Yulianto *et al*, 2005).

### 2.2.1 Fotokatalis

Fotokatalis adalah substansi yang bisa menghasilkan transformasi kimia dari reaksi yang terlibat dengan menyerap sejumlah sinar, dan berulang-ulang bersama-sama menjadi interaksi kimia intermediet dan semua komposisi kimia diregenerasi kembali setelah masing-masing berinteraksi (Oudenhoven, 2004). Menurut Sophyan (1996) fotoreaksi dengan memanfaatkan keberadaan partikel semikonduktor disebut semikonduktor fotokatalis (dalam Yulianto *et al*, 2005).

Secara umum menurut Gunlazuardi (dalam Saragih, 2011) fenomena fotokatalis pada permukaan semikonduktor dapat dipahami dengan penjelasan seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.3 Jika suatu semikonduktor tipe n dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*, disingkat sebagai  $h^+$ ) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan (jalur A) atau di dalam *bulk* partikel (jalur B). Sementara itu sebagian pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor (jalur C dan D). Di mana  $h^+$  dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan dilain pihak  $e^-$  akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor.



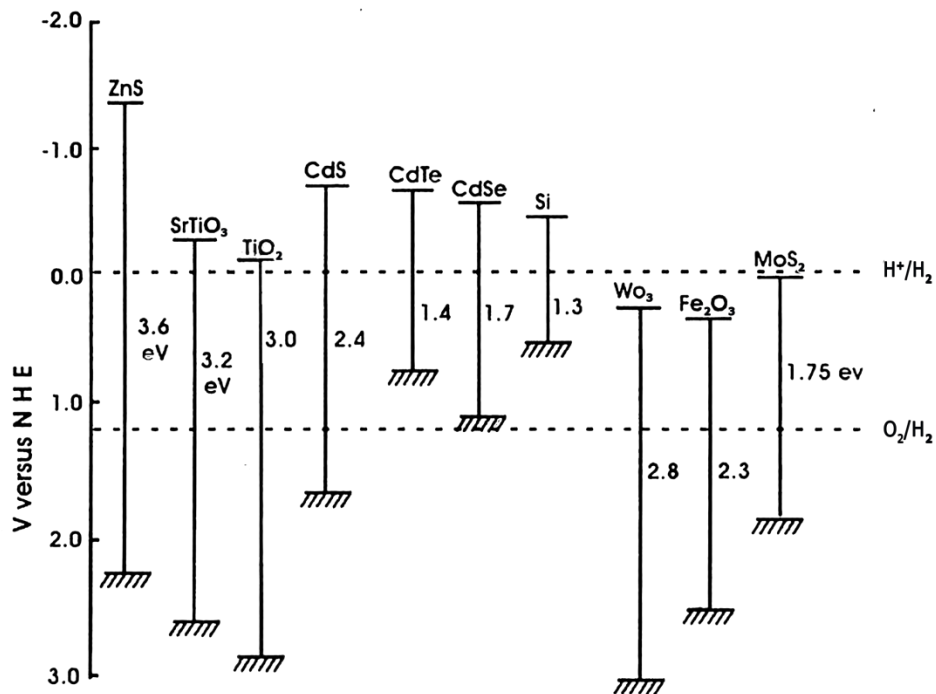
Gambar 2.3 Skema fotoeksitasi yang diikuti oleh deeksitasi pada permukaan semikonduktor (Sumber: Linsebigler, 1995)

Adapun beberapa keuntungan yang didapat dari penggunaan reaksi fotokatalitik adalah sebagai berikut: Pengolahan air limbah dilakukan tanpa adanya penambahan zat kimia, tidak diperlukannya pengolahan limbah secara lanjut, proses dapat dilaksanakan pada rentang pH netral.

### 2.2.2 TiO<sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis

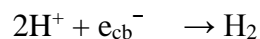
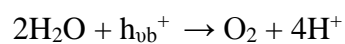
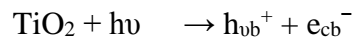
Tipe katalis yang efektif digunakan pada proses fotokatalitik, yaitu oksida logam misalnya ZnO, WO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CdSe, SnO<sub>2</sub> tetapi beberapa penelitian membuktikan bahwa TiO<sub>2</sub> yang berada dalam larutan tersuspensi merupakan katalis yang sangat efektif dan efisien digunakan dalam fotokatalitik. Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) yang mempunyai “band gap” ± 400 nm telah banyak digunakan sebagai katalis fotooksidasi karena merupakan semikonduktor yang potensial, sumber transfer elektron dan stabil untuk radiasi pendahuluan (Larson and Weber dalam Yulianto *et al*, 2005). Adapun perbedaan potensial redoks pita valensi (vb) dan pita

konduksi (cb) yang dimiliki beberapa fotokatalis dengan menggunakan elektrode hidrogen ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Besarnya energi celah pada suatu semikonduktor (Sumber: Ismunandar, 2006)

Pada Gambar 2.4 diberikan data energi celah dari beberapa fotokatalis sebagai semikonduktor dan hubungannya dengan potensial reduksi menggunakan elektroda standar hidrogen. Terlihat bahwa semikonduktor TiO<sub>2</sub> mampu mereduksi H<sup>+</sup> menjadi gas H<sub>2</sub> dan mengoksidasi H<sub>2</sub>O menjadi gas O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> pada kondisi standar dengan mengikuti reaksi berikut:

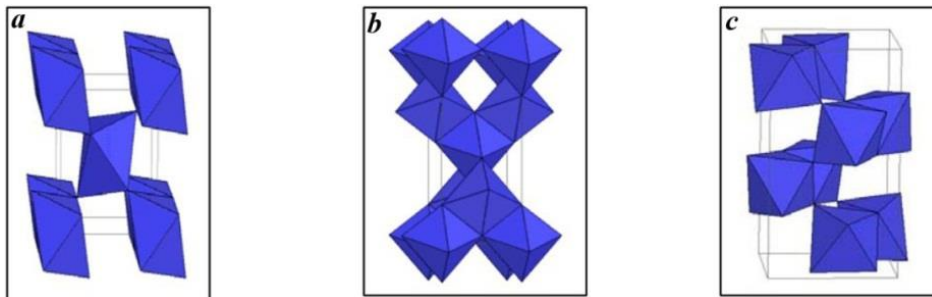


Titanium dioksida, dikenal juga sebagai titanium (IV) oksida atau titania, adalah oksida dari titanium, dengan rumus molekul TiO<sub>2</sub>. TiO<sub>2</sub> merupakan bubuk berwarna putih yang digunakan secara luas sebagai pewarna putih pada makanan

dan kosmetik. Berdasarkan struktur kristalnya,  $\text{TiO}_2$  dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- a) *Rutile*: stabil pada suhu tinggi, bentuk kristalnya tetragonal, dan terdapat pada batuan beku.
- b) *Anatase*: stabil pada suhu rendah, bentuk kristalnya tetragonal.
- c) *Brookite*: biasanya hanya terdapat pada mineral, dengan struktur kristalnya orthorombik.

Gambar dari ketiga jenis kristal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



a) *rutile*, (b) *anatase*, (c) *brookite*

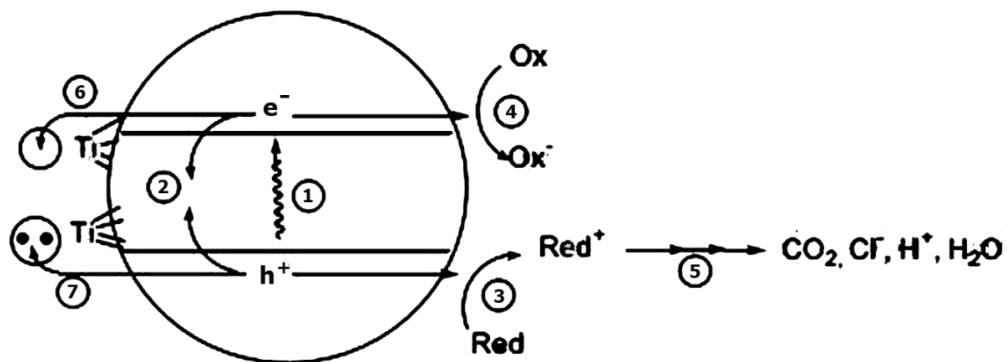
Gambar 2.5 Struktur  $\text{TiO}_2$  (Sumber: Smyth, 2001)

Dari ketiga jenis kristal  $\text{TiO}_2$  di atas, hanya *rutile* dan *anatase* yang keberadaannya cukup stabil dan banyak dipakai untuk reaksi fotokatalisis.  $\text{TiO}_2$  jenis *rutile* lebih stabil secara termodinamika daripada jenis *anatase* tetapi  $\text{TiO}_2$  jenis *anatase* menunjukkan fotoaktivitas yang lebih tinggi daripada jenis *rutile*.

$\text{TiO}_2$  jenis *anatase* umumnya menunjukkan fotoaktivitas yang lebih tinggi daripada jenis *rutile* karena luas permukaan *anatase* lebih besar daripada *rutile*, sehingga sisi aktif per unit *anatase* lebih besar dibandingkan *rutile*. Selain itu karena perbedaan dalam struktur pita energi.  $\text{TiO}_2$  jenis *anatase* mempunyai energi celah 3,2 elektron Volt (eV) yang sebanding dengan cahaya UV ( $\lambda = 388 \text{ nm}$ ). Sedangkan, energi celah pita untuk  $\text{TiO}_2$  jenis *rutile* adalah 3,0 eV yang sebanding dengan cahaya UV ( $\lambda = 413 \text{ nm}$ ).

Titanium dioksida mempunyai pita valensi yang terisi penuh dan pita konduksi yang kosong. Celah pita pada TiO<sub>2</sub> struktur anatase sekitar 3,2 eV, di mana energi foton dari cahaya memiliki panjang gelombang 388 nm, di luar daerah visibel mendekati ultraviolet. Bagian ultraviolet dari cahaya matahari dapat mengeksitasi elektron dari pita valensi TiO<sub>2</sub> ke dalam pita konduksi dan meninggalkan lubang positif pita valensi. Dengan cara ini, TiO<sub>2</sub> dengan adanya sinar matahari dapat menyediakan elektron yang berenergi tinggi dari pita konduksi. Energi pasangan elektron donor 3,2 eV (309 kJ/mol) menurut Wilson (dalam Supeno, 2009) lebih dari cukup untuk menguraikan air menjadi hidrogen dan oksigen.

Mekanisme yang menggambarkan efek fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub> dapat diamati dari Gambar 2.6.



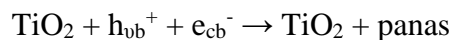
Gambar 2.6 Mekanisme perpindahan elektron karena pengaruh cahaya pada TiO<sub>2</sub> (Sumber: Hoffman *et al*, 1995)

Pada Gambar 2.6 menunjukkan tahapan utama mekanisme fotokatalitik pada semikonduktor TiO<sub>2</sub> yang meliputi:

- a) Pembentukan pembawa muatan oleh foton: jika suatu semikonduktor fotokatalitik dikenai suatu energi foton  $h\nu$  maka elektron pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi ( $e_{cb}^-$ ) sambil meninggalkan *hole* pada pita valensi ( $h_{vb}^+$ ).



- b) Rekombinasi pembawa muatan: elektron pada pita konduksi ( $e_{cb}^-$ ) dan *hole* pada pita valensi ( $h_{vb}^+$ ) akan bergabung menghasilkan energi panas.



- c) Inisiasi reaksi oksidasi oleh *hole* pada pita valensi ( $h_{vb}^+$ ), yang bereaksi dengan substrat atau reduktor.

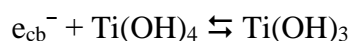


- d) Inisiasi reaksi reduksi oleh elektron pada pita konduksi ( $e_{cb}^-$ ), yang akan bereaksi dengan oksidator yaitu oksigen.

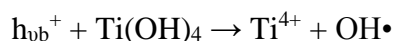


- e) Reaksi fotoreduksi terkatalisis dan reaksi termal lanjutan (reaksi dengan oksigen aktif) akan menghasilkan gas  $CO_2$  atau zat-zat mineral.

- f) Penjebakan elektron pada pita konduksi ke dalam ikatan pada permukaan membentuk Ti(III).



- g) Penjebakan *hole* pada pita valensi ke dalam gugus titaniol dipermukaan.



### 2.3 Gas Chromatography-Mass Spectrometry

Gas kromatografi dengan spektrometer massa sebagai detektor merupakan instrumen kombinasi sinergis dari dua teknik analisis yang berkemampuan tinggi. Pada kombinasi ini gas kromatografi sendiri mempunyai fungsi memisahkan komponen dari campuran dan spektrometer massa memberikan bantuan informasi dalam identifikasi struktur dari komponen. Lebih dari 20 tahun GCMS telah diperkenalkan untuk analisis sehingga alat ini semakin populer digunakan dalam analisis di bidang kimia, ilmu kedokteran, farmasi dan lingkungan. Di bidang lingkungan, GC dapat digunakan untuk analisis pestisida.

Kromatografi didasarkan pada perbedaan kepolaran dan massa molekul sampel yang dapat diuapkan. Sampel yang berupa cairan atau gas dapat langsung diinjeksikan ke dalam injektor, jika sampel dalam bentuk padatan maka harus

dilarutkan pada pelarut yang dapat diuapkan. Aliran gas yang mengalir akan membawa sampel yang teruapkan untuk masuk ke dalam kolom. Komponen-komponen yang ada pada sampel akan dipisahkan berdasarkan partisi di antara fase gerak (gas pembawa) dan fase diam (kolom). Hasilnya adalah berupa molekul gas yang kemudian akan diionisasikan pada spektrometer massa sehingga molekul gas itu akan mengalami fragmentasi yang berupa ion-ion positif. Ion akan memiliki rasio yang spesifik antara massa dan muatannya ( $m/z$ ) (Kitson *et al.* 1996).

## **2.4 Kinetika Katalis Heterogen**

### **2.4.1 Katalis Heterogen**

Katalis heterogen merupakan katalis yang berada dalam fasa yang berbeda dengan reaktan, biasanya katalis heterogen berupa padatan dan interaksinya terjadi pada permukaan padat-gas atau padat-cair. Katalis heterogen merupakan katalis yang sering digunakan dalam proses produksi pada industri, hal ini dikarenakan pada katalis heterogen mempunyai keunggulan yakni mudah dipisahkan dengan produk yang dihasilkan. Katalis heterogen mempunyai mekanisme katalitik yang lebih rumit daripada katalis homogen di mana fasa katalis dan reaktan berada dalam satu fasa, adapun tahapan reaksinya meliputi:

- a) Transport reaktan pada permukaan katalis (difusi).
- b) Interaksi antara reaktan dengan katalis (adsorpsi).
- c) Reaksi antara spesi-spesi yang teradsorpsi untuk menghasilkan produk.
- d) Desorpsi produk dari permukaan katalis.
- e) Transport produk menjauhi katalis.

Transport reaktan menuju permukaan katalis maupun produk menjauhi permukaan katalis hanya merupakan suatu transport fisik, sedangkan proses adsorpsi dan desorpsi telah melibatkan perubahan kimia di mana terjadinya interaksi reaktan dan katalis (Ulyani, 2008).



#### 2.4.2 Adsorpsi Katalis Heterogen

Secara umum proses adsorpsi dapat diartikan sebagai proses penyerapan suatu zat oleh zat lain yang prosesnya hanya terjadi pada permukaan zat tersebut. Menurut Weber (dalam Khalifah, 2007) adsorpsi adalah suatu proses di mana suatu komponen bergerak dari satu fasa menuju permukaan suatu fasa yang lain, terutama fasa kedua adalah zat padat (katalis). Dalam adsorpsi, adsorben adalah zat yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori. Beberapa syarat menurut Bernasconi (dalam Khalifah, 2007) yang harus dipenuhi oleh adsorben antara lain adalah mempunyai luas permukaan yang besar, berpori dan murni.

Menurut Oscik (dalam Istighfaro, 2010), berdasarkan interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat maka adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi).

- a) Fisisorpsi merupakan proses penyerapan adsorbat (reaktan) pada permukaan adsorben (katalis) secara fisik yang diasosiasikan sebagai gaya tarik yang lemah (Van der Waals) dari komponen-komponen yang berinteraksi. Pada fisisorpsi adsorbat yang teradsorpsi akan mudah dilepas kembali dengan cara menaikkan suhu sistem.
- b) Kemisorpsi merupakan adsorpsi secara kimia yang diasosiasikan dengan pertukaran elektron dan pembentukan ikatan kimia antara adsorbat yang teradsorpsi dengan permukaan adsorben.

#### 2.4.3 Model Kinetika Adsorpsi Langmuir-Hinshelwood

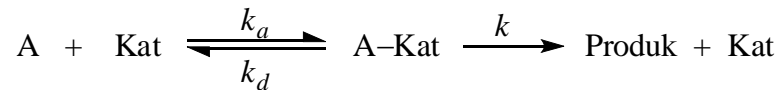
Model kinetika adsorpsi Langmuir-Hinshelwood (LH) berasumsi bahwa:

- a) Reaksi terjadi antara spesies yang teradsorpsi (adsorbat) dengan situs aktif pada permukaan katalis (adsorben).
- b) Hanya satu molekul reaktan yang teradsorpsi pada situs aktif.
- c) Molekul reaktan yang teradsorpsi bersaing untuk mendapat situs aktif.
- d) Kestimbangan adsorpsi ( $K$ ) terjadi setiap saat (Satterfield, 1980).

e) Reaksi permukaan adalah tahapan penentu laju reaksi (Gasser, 1985).

Jika reaktan tunggal terurai maka proses tersebut dapat dikatakan sebagai reaksi permukaan unimolekular. Reaksi penguraian atau dekomposisi sederhana yang terjadi pada permukaan unimolekular di mana produk tidak teradsorpsi akan mengikuti persamaan berikut:

Jika reaksi



maka

$$v = k I \theta_A \dots\dots\dots (2.1)$$

nilai  $\theta_A$  dari model kinetika adsorpsi langmuir:

$$\theta_A = \frac{KP_A}{(1 + KP_A)} \dots\dots\dots (2.2)$$

substitusikan persamaan 2.2 ke persamaan 2.1, sehingga diperoleh:

$$v = \frac{k I KP_A}{1 + KP_A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan mempertimbangkan dua kondisi batas, yaitu:

- a) Pada saat adsorbat teradsorpsi kuat, maka  $KP_A \gg \gg 1$ , sehingga faktor  $1 + KP_A \approx KP_A$  dan persamaan laju reaksinya  $v = k I$ .
- b) Pada saat adsorbat teradsorpsi lemah, maka  $KP_A \ll \ll 1$ , sehingga faktor  $1 + KP_A \approx 1$  dan persamaan laju rekasinya  $v = k I KP_A$ . Dengan konstanta laju reaksi observasi secara eksperimen  $k_{eks} = kK$  (Gasser, 1985) maka persamaan laju reaksinya  $v = k_{eks} I P_A$ . Jika intensitas cahaya yang mengenai atau diberikan ke sistem maka laju reaksinya konstan atau tetap (Najjar, 2001).

Jika intensitas cahaya ( $I$ ) yang mengenai atau diberikan ke sistem berlebih maka laju reaksinya konstan atau tetap dengan persamaan laju reaksi  $v = k_{eks} P_A$  (Najjar, 2001).

Keterangan:

$\theta_v$  = fraksi permukaan aktif katalis padat yang kosong.

$\theta_A$  = fraksi permukaan aktif katalis padat yang ditempati A.

$k_a$  = konstanta laju adsorpsi A.

$k_d$  = konstanta laju desorpsi A.

$I$  = intensitas cahaya

$K$  = konstanta kesetimbangan adsorpsi A  $\left( K = \frac{k_a}{k_d} \right)$

$P_A$  = tekanan parsial A

Catatan: jika reaksi berkatalis padatan dengan adsorbat berupa larutan maka tekanan parsial setiap komponennya ( $P_A$ ) dapat digantikan dengan konsentrasi ( $[A]$ ).

## BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada mulai bulan April tahun 2012 sampai Oktober 2012.

### 3.2 Alat dan Bahan

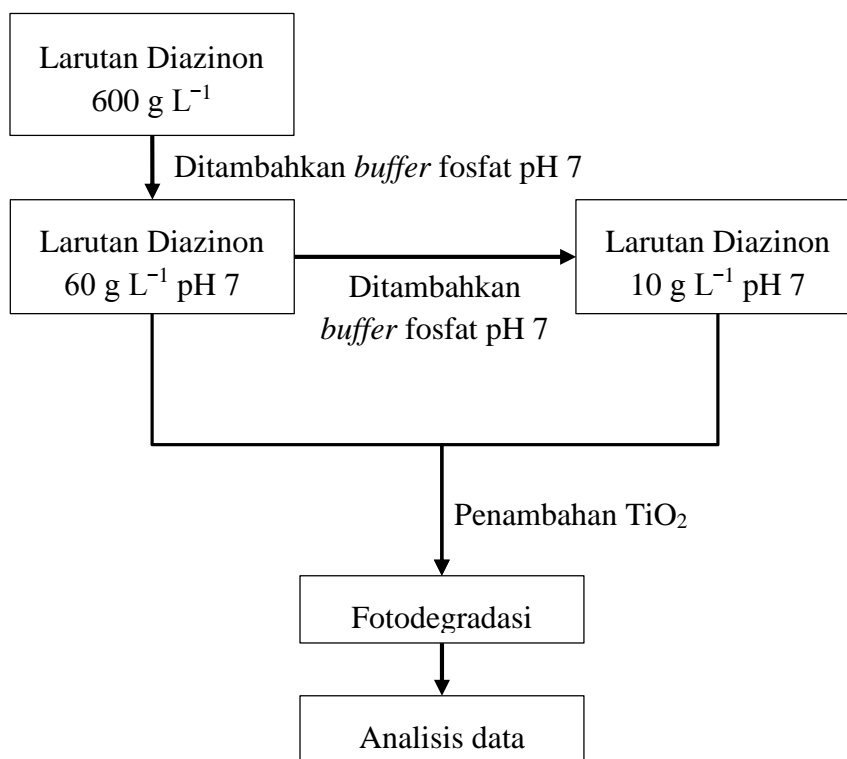
#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: erlenmeyer, *beaker glass*, neraca digital, pipet tetes, pipet *mohr*, pengaduk, spatula, botol semprot, botol gelap, kotak tertutup tempat filtrasi dan penyimpanan larutan diazinon sebelum dan sesudah degradasi, aluminium *foil*, pengaduk magnetik (*stirrer* dan anak *stirrer*), corong kaca, kertas saring, GCMS, dan satu set reaktor yang dilengkapi dengan lampu UV tipe *Black Light Blue* (BLB).

#### 3.2.2 Bahan

Diazinon, akuades,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (E. Merck),  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (E. Merck) dan  $\text{TiO}_2$  (struktur *anatase*).

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



### 3.4 Prosedur Kerja Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan *Buffer* Fosfat

Dibuat larutan B 0,1 M dengan melarutkan 4,212 gram  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 270 mL akuades dan larutan A 0,1 M dengan melarutkan 4,806 gram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 270 mL akuades. Dicampurkan sebanyak 244,4 mL larutan A dengan 155,6 mL larutan B. Kemudian dipastikan pH campuran adalah pH 7 dengan pH meter (Mulyono, 2009).

#### 3.4.2 Pembuatan Larutan Induk Diazinon 60 g L<sup>-1</sup>

Diencerkan 25 mL larutan diazinon 600 g L<sup>-1</sup> (600000 ppm) menjadi 250 mL larutan diazinon 60 g L<sup>-1</sup> dengan *buffer* fosfat pH 7.

### 3.4.3 Pembuatan Larutan Induk Diazinon $10 \text{ g L}^{-1}$

Mengencerkan 8,3 mL larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  menjadi 50 mL dengan menambahkan buffer fosfat pH 7 sampai tanda batas labu ukur 50 mL.

### 3.4.4 Fotodegradasi dengan Variasi Massa $\text{TiO}_2$

Dimasukkan 25 mL larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 ke dalam erlenmeyer 50 mL kemudian ditambahkan  $\text{TiO}_2$  dengan variasi 0, 5, 10, 25, dan 50 mg. Bagian atas erlenmeyer yang sudah berisi campuran tersebut ditutup dengan plastik bening dan kemudian disinari sinar UV dari reaktor dalam keadaan reaktor tertutup dengan lama penyinaran 60 menit. Dilakukan pengadukan yang sama pada setiap variasi menggunakan *stirrer* selama penyinaran berlangsung. Larutan setelah fotodegradasi difiltrasi di dalam kotak gelap. Filtrat yang diperoleh disimpan dalam kotak gelap yang berbeda dengan wadah botol gelap. Larutan tersebut dianalisa dengan GCMS. Variasi massa  $\text{TiO}_2$  dilakukan kembali dengan variasi 0, 5, 15, 20, dan 25 mg. Konsentrasi awal diazinon yang digunakan untuk variasi massa  $\text{TiO}_2$  adalah  $10 \text{ g L}^{-1}$ .

### 3.4.5 Fotodegradasi dengan Variasi Lama Penyinaran

Dimasukkan 25 mL larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  ke dalam erlenmeyer 50 mL kemudian ditambahkan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 5 mg. Bagian atas erlenmeyer yang sudah berisi campuran tersebut ditutup dengan plastik bening dan kemudian disinari sinar UV dari reaktor dalam keadaan reaktor tertutup dengan variasi lama penyinaran 0, 60, 90, dan 120 menit. Dilakukan pengadukan yang sama pada setiap variasi menggunakan *stirrer* selama penyinaran. Larutan setelah fotodegradasi difiltrasi di dalam kotak gelap. Filtrat yang diperoleh disimpan dalam kotak gelap yang berbeda dengan wadah botol gelap. Larutan tersebut dianalisa dengan GCMS.

### 3.4.6 Preparasi Sampel Uji Untuk Analisa GCMS

10 mL larutan diazinon yang sudah difotodegradasi diencerkan menjadi 1000 mL kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah 2000 mL. Tambahkan 25-50 mL dietileter-heksana dan 100 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ekstrak larutan selama 2 menit, biarkan terpisah dan pisahkan bagian dietileter-heksana. Lewatkan bagian dietileter-heksana melalui kolom berdiameter luar 2 cm dengan ketinggian 8-10 cm yang berisi serbuk Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( $\pm$ 15-18 g) dan ditampung ke dalam labu penguap Kuderna-Danish. Ulangi ekstraksi dengan menambahkan 50 mL dietileter-heksana ke dalam contoh uji selama 2 menit dan pisahkan bagian dietileter-heksana serta satukan ke dalam labu penguap Kuderna-Danish. Uapkan pelarut dietileter-heksana di atas penangas air pada suhu 60-80°C hingga volumenya kurang lebih 1 mL. Masukkan contoh uji ke dalam tabung mikro dan tepatkan volumenya menjadi 1 mL dengan penambahan pelarut dietileter-heksana. Analit siap untuk diuji menggunakan GCMS dengan setting/kondisi yang sesuai dengan Lampiran B.

### 3.4.7 Analisis Data

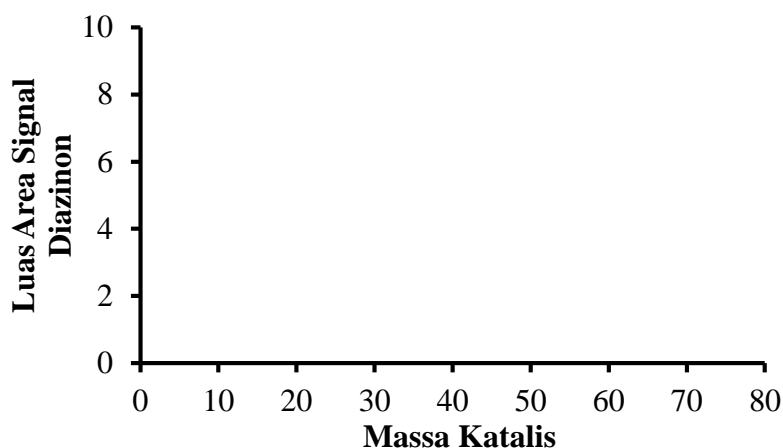
#### 3.4.7.1 Penentuan Konsentrasi Diazinon

Luas signal diazinon ( $A$ ) dari data hasil analisa GCMS digunakan untuk mengetahui konsentrasi diazinon dengan persamaan berikut:

$$[M \text{ ppm}] = \frac{A_{\text{Akhir}}}{A_{\text{Awal}}} \times [M]_0$$

#### 3.4.7.2 Penentuan Massa Optimum TiO<sub>2</sub>

Penentuan massa optimum TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis dalam mendegradasi diazinon dapat ditentukan dengan grafik luas area signal diazinon terhadap massa katalis.



Massa optimum katalis yang digunakan dipilih dengan memilih massa katalis yang mempunyai luas area signal diazinon terendah.

### 3.4.7.3 Penentuan Orde Reaksi dan Konstanta Laju Reaksi

Data hasil variasi lama penyinaran diolah untuk menentukan orde reaksi 1 dan 2 dengan cara mengintegrasikan persamaan laju reaksi setiap orde seperti pada tabel 3.1, kemudian data yang diperoleh diplotkan sesuai dengan plot masing-masing orde. Orde reaksi yang paling sesuai dipilih berdasarkan linearitas ( $R^2$ ) yang terbaik.

Tabel 3.1 Integral dan jenis plot persamaan laju reaksi pada pseudo orde 1 dan 2

Orde Reaksi	Persamaan Laju Reaksi	Integral	Plot
1	$v = k[A]^1$	a) $\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$	a) $\ln[A]_t$ vs $t$
		b) $\left[ \ln \frac{1}{(1-x_A)} \right] = k t$	b) $\ln \left( \frac{1}{1-x_A} \right)$ vs $t$
2	$v = k[A]^2$	a) $\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$	a) $\frac{1}{[A]_t}$ vs $t$
		b) $\frac{1}{(1-x_A)} = [A]_0 k t + 1$	b) $\frac{1}{1-x_A}$ vs $t$

(Persamaan a) dari Chang, 2002 dan persamaan b) dari Beltrame, 2011).



Jika orde reaksi yang paling sesuai adalah pseudo orde 1 maka konstanta laju reaksi dipilih dengan menggunakan asumsi Langmuir-Hinshelwood (LH) dengan persamaan berikut.

$$v = k_{eks} P_A$$

jika orde reaksi yang paling sesuai adalah pseudo orde 2 maka menggunakan persamaan Ho dengan persamaan berikut.

$$\frac{\partial q_t}{\partial t} = k(q_e - q_t)^2$$

Standar eror ( $S_e$ ) dari data yang diperoleh pada setiap plot dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{n - 2}}$$

Di mana

Y = Data hasil pengolahan data sesuai dengan plot

Y' = Hasil perhitungan data dengan persamaan yang diperoleh

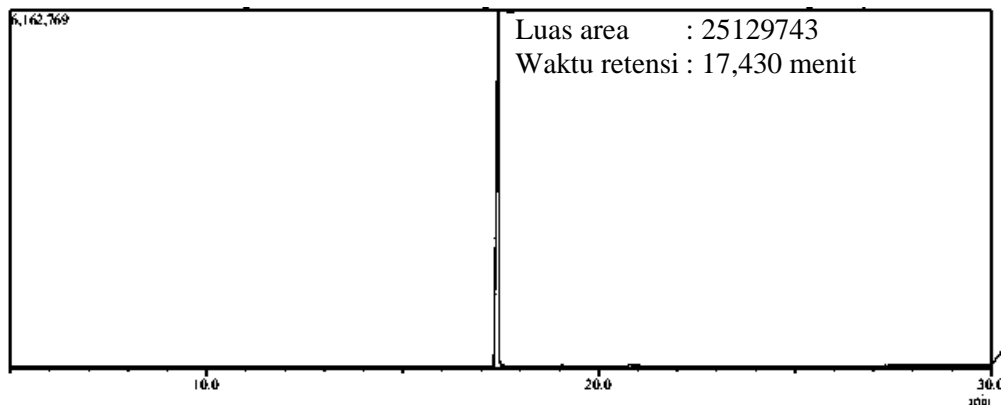
n = Jumlah data

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan disajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai massa optimum  $\text{TiO}_2$  yang digunakan dalam mendegradasi diazinon dan bagaimana kinetika dari fotodegradasi diazinon dengan katalis  $\text{TiO}_2$ .

### 4.1 Massa Optimum $\text{TiO}_2$

Dalam subbab ini disajikan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh massa  $\text{TiO}_2$  yang digunakan terhadap degradasi diazinon. Penelitian ini menggunakan sinar dari lampu ultraviolet dengan daya 40 watt dan material katalisnya titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) berupa serbuk dengan struktur *anatase*. Diazinon yang digunakan adalah diazinon teknis yang ada di pasaran tanpa ada keterangan komposisinya sehingga perlu dianalisa komposisi senyawa-senyawa lain yang ada dalam diazinon teknis terlebih dahulu dengan GCMS.



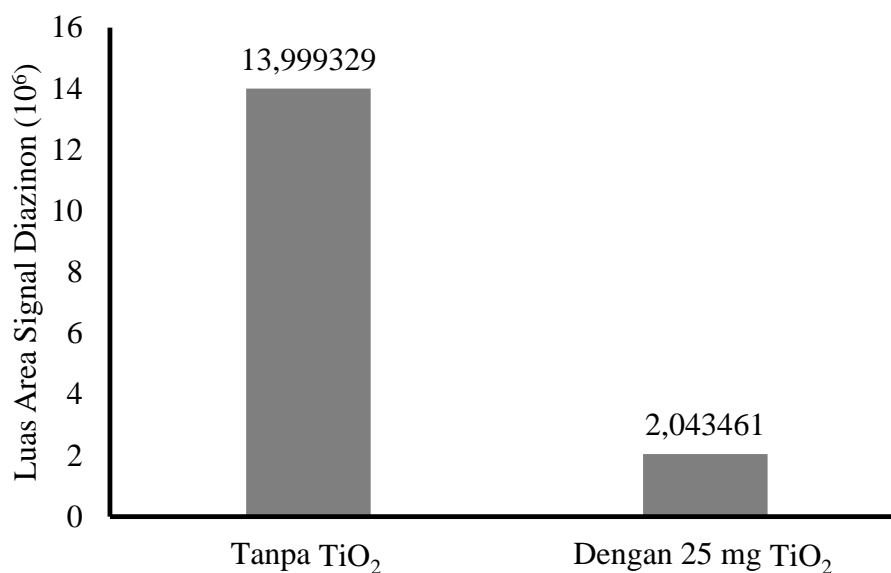
Gambar 4.1 Kromatogram 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon  $600 \text{ g L}^{-1}$

Kromatogram yang dihasilkan pada Gambar 4.1 menunjukkan satu puncak yaitu puncak dari diazinon dengan waktu retensi 17,430 menit. Puncak dari kandungan lain tidak muncul dikarenakan tingginya konsentrasi diazinon yaitu  $600 \text{ g L}^{-1}$ .

Penelitian ini dimulai dengan studi awal yang bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh  $\text{TiO}_2$  dalam mengkatalis fotodegradasi diazinon. Pengaruh dari penambahan  $\text{TiO}_2$  dapat diketahui dengan membandingkan antara jumlah diazinon yang terdegradasi tanpa  $\text{TiO}_2$  dengan jumlah diazinon yang terdegradasi dengan adanya  $\text{TiO}_2$ .

Studi awal menggunakan larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pada pH 7 dengan volume 25 mL dalam erlenmeyer 50 mL dan jumlah  $\text{TiO}_2$  yang digunakan yaitu 25 mg. Konsentrasi larutan diazinon yang digunakan diperkecil dari sebelumnya karena puncak dari signal larutan diazinon  $600 \text{ g L}^{-1}$  sangat tinggi sehingga diduga puncak yang lain sulit untuk diamati. Penyinaran dilakukan selama 60 menit di dalam kotak tertutup sehingga faktor cahaya dapat terkontrol saat serbuk  $\text{TiO}_2$  berada dalam larutan diazinon. Setelah penyinaran,  $\text{TiO}_2$  dipisahkan dari dalam larutan dengan metode filtrasi. Filtrasi dilakukan di kotak gelap bertujuan agar  $\text{TiO}_2$  yang ada di dalam larutan tidak aktif mengkatalis fotodegradasi diazinon. Filtrat yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol gelap dan disimpan dalam kotak penyimpanan yang gelap.

Larutan diazinon hasil fotodegradasi dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  dan juga hasil fotodegradasi tanpa  $\text{TiO}_2$  diuji kadarnya dan jenis produk yang dihasilkan dari fotodegradasi dengan GCMS. Data yang diperoleh dari studi awal yang dilakukan ditunjukkan dengan grafik perbandingan jumlah diazinon yang terdegradasi pada Gambar 4.2 berikut.

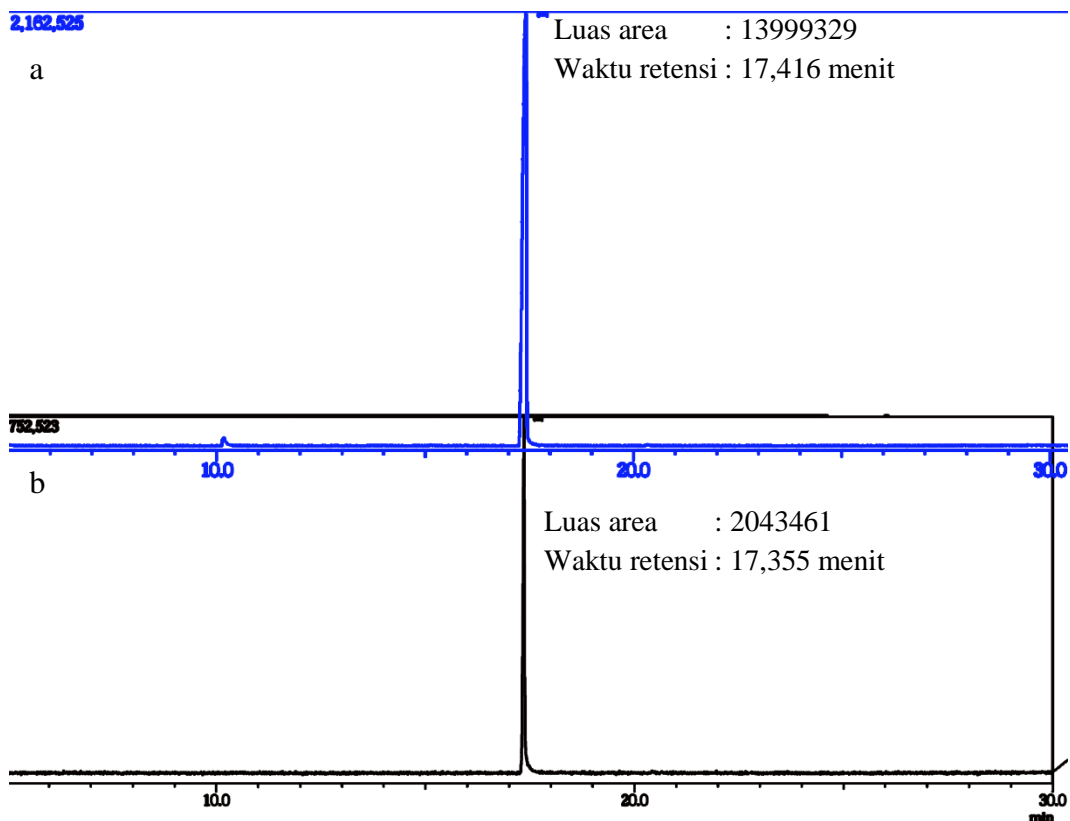


Gambar 4.2 Grafik pengaruh adanya  $\text{TiO}_2$  terhadap fotodegradasi 25 mL diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit

Gambar 4.2 menunjukkan luas area larutan diazinon setelah penyinaran selama 60 menit dengan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 25 mg lebih rendah daripada luas area larutan diazinon tanpa  $\text{TiO}_2$ . Luas area signal diazinon tersebut berkorelasi dengan jumlah diazinon dalam larutan sehingga jumlah diazinon dalam larutan setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan  $\text{TiO}_2$  lebih rendah daripada tanpa  $\text{TiO}_2$ . Selisih yang cukup besar dari dua variasi tersebut dikarenakan dalam proses fotodegradasi dengan  $\text{TiO}_2$  tidak hanya terjadi peristiwa degradasi namun juga terjadi adsorpsi.

Konstanta laju adsorpsi ( $k_{ads}$ ) diazinon permukaan  $\text{TiO}_2$  tanpa cahaya berbeda dengan konstanta laju ( $k_{eks}$ ) degradasi diazinon dengan  $\text{TiO}_2$  dengan cahaya di mana  $k_{eks}$  merupakan fungsi intensitas cahaya (Hoffman *et al*, 1995). Sehingga dalam penelitian ini tidak dapat diketahui komposisi antara jumlah diazinon yang teradsorp permukaan  $\text{TiO}_2$  dengan jumlah diazinon yang terdegradasi.

Kromatogram hasil fotodegradasi 25 mL larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 tanpa  $\text{TiO}_2$  dan dengan  $\text{TiO}_2$  menunjukkan satu puncak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



a: tanpa  $\text{TiO}_2$  dan b: dengan  $\text{TiO}_2$

Gambar 4.3 Kromatogram 2  $\mu\text{L}$  larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit

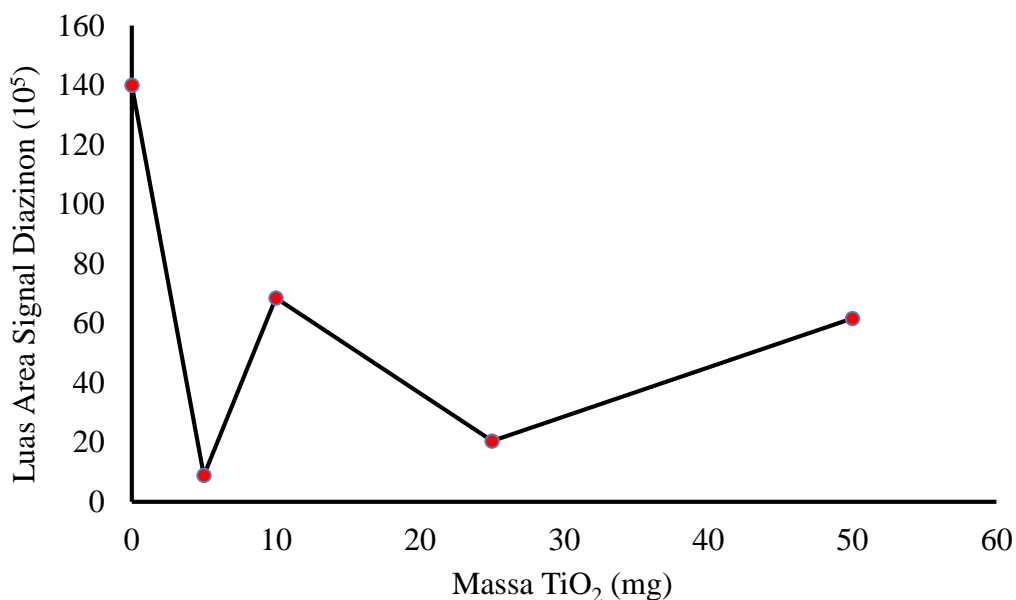
Hal tersebut menunjukkan bahwa pada sampel hasil fotodegradasi hanya terdapat satu senyawa yang terdeteksi oleh GCMS. Senyawa tersebut tidak lain adalah diazinon, hal ini dapat diketahui dengan membandingkan waktu retensi dari puncak yang diperoleh. Waktu retensi puncak yang dihasilkan dari larutan diazinon setelah fotodegradasi tanpa  $\text{TiO}_2$  yaitu 17,416 menit dan dengan  $\text{TiO}_2$  17,355 menit, waktu retensi yang diperoleh hampir sama dengan waktu retensi larutan diazinon awal yaitu 17,430 menit.

Selisih jumlah diazinon yang cukup besar antara jumlah diazinon hasil fotodegradasi tanpa TiO<sub>2</sub> dengan jumlah diazinon hasil fotodegradasi dengan 25 mg TiO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa dengan adanya TiO<sub>2</sub> saat fotodegradasi, diazinon tidak hanya teradsorp ke permukaan TiO<sub>2</sub> tetapi juga mengalami degradasi. Menurut Kouloumbos *et al* (2003) yang berhasil mengidentifikasi produk intermediet fotodegradasi diazinon 20 mg L<sup>-1</sup> pH 6 dengan 500 mg L<sup>-1</sup> TiO<sub>2</sub> yang di antaranya adalah hidroksidiazokson, diazinon aldehid, hidroksidiazinon, hidroksietil turunan diazinon, diazinon metil keton, 2-hidroksidiazinon, dan 2-hidroksidiazokson.

Pengaruh dari penambahan TiO<sub>2</sub> dalam mengkatalis fotodegradasi diazinon terlihat nyata pada Gambar 4.2. Maka penelitian dilanjutkan untuk mengetahui jumlah optimum TiO<sub>2</sub>. Variasi yang dilakukan untuk mengetahui jumlah optimum TiO<sub>2</sub> yang di tambahkan ke dalam 25 mL diazinon 60 g L<sup>-1</sup> yaitu 0, 5, 10, 25, dan 50 mg. Setiap variasi yang diperlakukan sama dengan perlakuan pada studi awal.

Filtrat larutan diazinon kembali dianalisa dengan GCMS. Kromatogram yang diperoleh dari setiap variasi hanya menunjukkan satu puncak, yaitu puncak dari diazinon sendiri. Hal tersebut diketahui dengan membandingkan waktu retensi dari puncak yang diperoleh dari setiap variasi dengan waktu retensi dari larutan diazinon awal. Jika waktu retensi hampir bersamaan atau bahkan sama maka dimungkinkan senyawa tersebut satu jenis. Waktu retensi yang dihasilkan dari setiap variasi berkisar pada 17,319-17,416 menit dan waktu retensi tersebut hampir sama dengan waktu retensi diazinon awal yaitu 17,430 menit.

Luas area signal diazinon dari setiap variasi diplotkan dalam grafik luas area diazinon terhadap massa TiO<sub>2</sub> yang ditambahkan pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Grafik efek variasi massa TiO<sub>2</sub> pada 25 mL diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit

Kurva yang dihasilkan naik turun dan itu tidak hanya terjadi dalam penelitian ini saja namun juga terjadi pada fotodegradasi 2,6-diklorofenol dalam air dengan katalis TiO<sub>2</sub> (Kansal and Chopra, 2012) dan bahkan terjadi juga pada katalis TiO<sub>2</sub> yang dimodifikasi dengan menambahkan logam pengemban Ag dalam mendegradasi zat pewarna amidoblack-10B (Kirupavasam dan Raj, 2012). Selain itu, fenomena tersebut juga terjadi pada fotokatalis lain yaitu ZnO dalam mengkatalis fotodegradasi fenol merah (phenolsulphonphthalein) (Tan *et al*, 2011).

Fotodegradasi diazinon meningkat dengan 5 mg TiO<sub>2</sub> dibandingkan tanpa TiO<sub>2</sub>, kemudian setelah 5 mg kurva kembali naik pada massa 10 mg TiO<sub>2</sub> yang artinya fotodegradasi diazinon turun karena jumlah diazinon yang tersisa masih banyak. Hal tersebut diduga karena bertambahnya molekul katalis maka tumbukan untuk teradsorp ke permukaan TiO<sub>2</sub> juga meningkat sehingga terjadi persaingan antara molekul diazinon dengan senyawa intermediet dalam menempati sisi aktif di permukaan TiO<sub>2</sub>. Fotodegradasi diazinon kembali naik dengan massa TiO<sub>2</sub> 25 mg namun belum dapat melampaui massa 5 mg. Hal tersebut diduga karena dengan

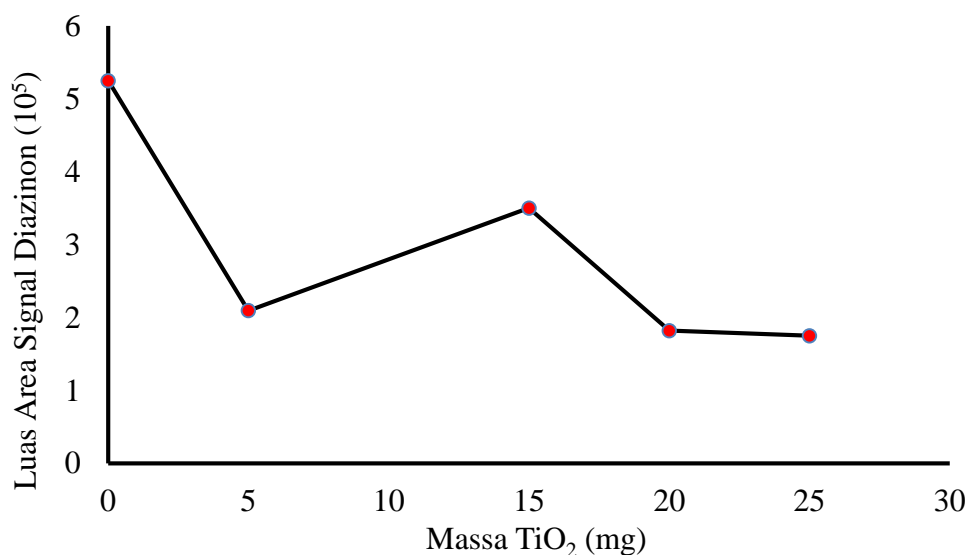
bertambahnya sisi aktif  $\text{TiO}_2$  yaitu dengan bertambahnya massa katalis maka dapat meminimalisir persaingan molekul diazinon dengan senyawa intermediet dalam menempati sisi aktif di permukaan  $\text{TiO}_2$ , namun pada massa 25 mg  $\text{TiO}_2$  tidak dapat seoptimum massa 5 mg karena dengan bertambahnya massa katalis maka jumlah partikel dalam suspensi tersebut juga akan bertambah dan pada saat itu juga akan menghambat cahaya untuk mencapai permukaan  $\text{TiO}_2$  dalam mendegradasi diazinon. Dan saat massa  $\text{TiO}_2$  dinaikkan menjadi 50 mg maka akan semakin menghambat cahaya untuk mencapai permukaan  $\text{TiO}_2$  yang berada di dalam suspensi tersebut sehingga fotodegradasi diazinon akan turun kembali.

Dari data tersebut, massa optimum  $\text{TiO}_2$  dalam mengkatalis fotodegradasi 25 mL diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  pada pH 7 adalah 5 mg. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka untuk variasi lama penyinaran yang berikutnya akan menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 5 mg. Untuk melihat produk dari fotodegradasi diazinon maka dilakukan variasi massa  $\text{TiO}_2$  yang kedua dengan menggunakan konsentrasi diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$ . Adapun variasi massa  $\text{TiO}_2$  yang dilakukan yaitu 0, 5, 15, 20, dan 25 mg yang ditambahkan ke dalam 25 mL larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 dengan penyinaran selama 60 menit.

Kromatogram yang diperoleh dari setiap variasi hanya menghasilkan satu puncak dengan waktu retensi berkisar pada 17,295-17,366 menit yang hampir sama dengan waktu retensi dari puncak diazinon awal yaitu 17,430 menit sehingga puncak yang diperoleh adalah puncak diazinon. Kandungan lain yang terbentuk sebagai produk dari fotodegradasi diazinon dengan katalis  $\text{TiO}_2$  tidak terdeteksi karena terbatasnya kemampuan GCMS.

Luas area yang menunjukkan kadar diazinon pada setiap variasi massa  $\text{TiO}_2$  setelah difotodegradasi disajikan dalam grafik luas area terhadap variasi massa  $\text{TiO}_2$  pada Gambar 4.5 berikut.





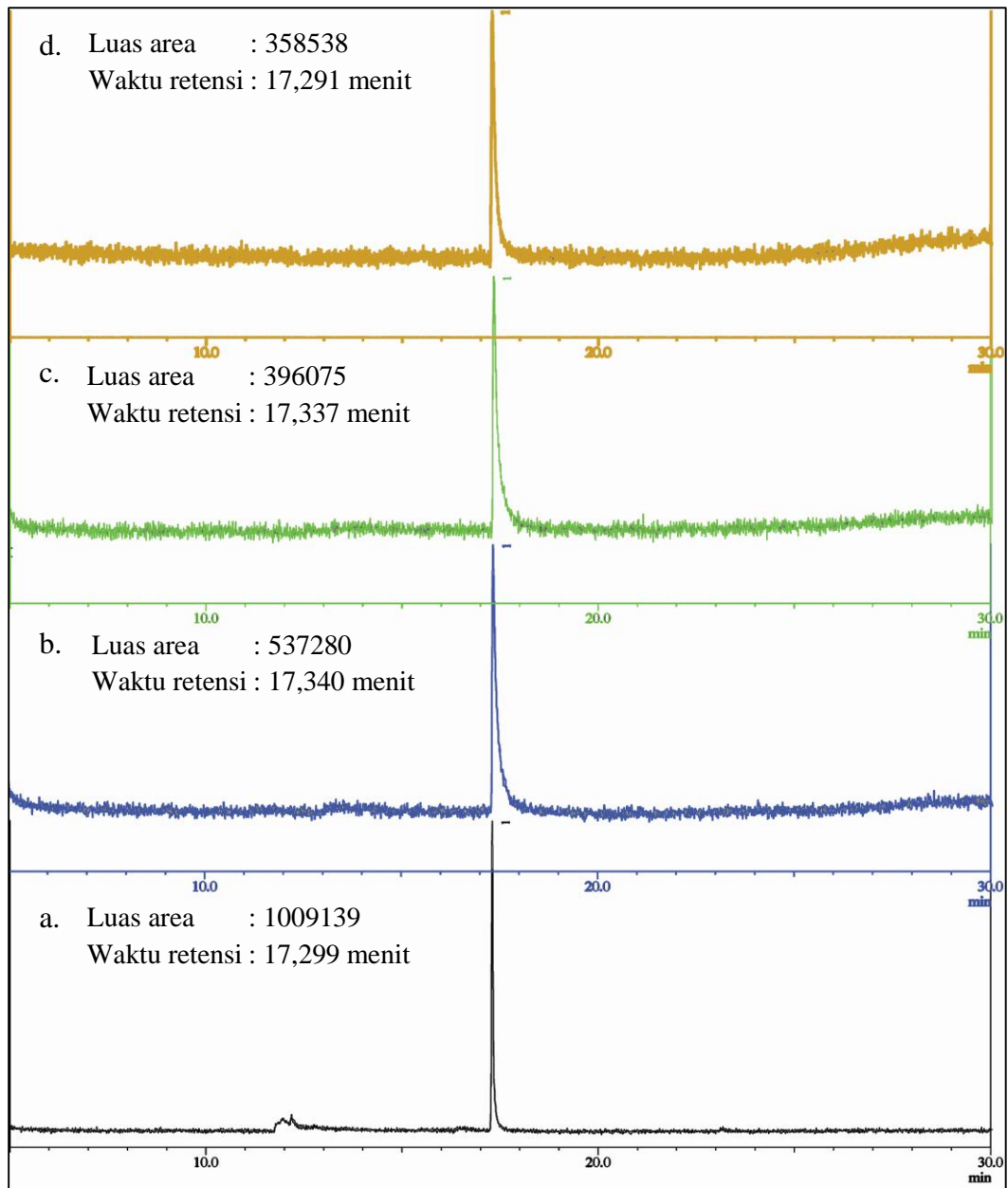
Gambar 4.5 Grafik efek variasi massa TiO<sub>2</sub> pada 25 mL diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 dengan lama penyinaran 60 menit

Kurva hasil fotodegradasi diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pun menunjukkan hal yang sama, namun mulai massa TiO<sub>2</sub> 20 dan 25 mg dapat mengkatalis lebih baik daripada massa 5 mg. Hal tersebut diduga karena konsentrasi awal diazinon yang digunakan semakin rendah sehingga cahaya UV dapat mencapai permukaan TiO<sub>2</sub> dan dapat menambah sisi aktif TiO<sub>2</sub>. Selisih luas area diazinon yang tersisa setelah 60 menit fotodegradasi antara massa katalis 5, 20, dan 25 mg yang tidak terlalu jauh sehingga tidak dilakukan variasi lama penyinaran 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 dengan massa TiO<sub>2</sub> 25 mg.

#### 4.2 Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan TiO<sub>2</sub>

Dalam subbab ini, akan dibahas tentang kinetika fotokatalisis diazinon dengan 5 mg TiO<sub>2</sub>. Konsentrasi larutan diazinon yang digunakan adalah 10 g L<sup>-1</sup> pH 7. Konsentrasi diazinon yang digunakan tidak diperkecil kembali karena terbatasnya kemampuan GCMS dalam menganalisa kadar diazinon yang ada dalam larutan. Penentuan kinetika fotokatalisis diazinon dengan TiO<sub>2</sub> diperlukan data konsentrasi diazinon saat waktu tertentu, yaitu 0, 60, 90, dan 120 menit.

Kromatogram dari larutan yang dianalisa dengan GCMS disajikan pada Gambar 4.6 berikut.



a) 0 menit; b) 60 menit; c) 90 menit; dan 120 menit.

Gambar 4.6 Kromatogram variasi lama penyinaran pada 25 mL larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 dengan  $5 \text{ mg TiO}_2$

Kromatogram yang diperoleh, menghasilkan satu puncak pada setiap variasi dengan waktu retensi yang hampir bersamaan yaitu 17,291-17,340 menit dan waktu retensi tersebut hampir sama dengan waktu retensi dari diazinon awal pada Gambar 4.1 di subbab sebelumnya yaitu 17,430 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah diazinon.

Jumlah diazinon yang tersisa dari setiap variasi lama penyinaran yang dilakukan dapat diketahui dengan persamaan 4.1 berikut:

$$[M \text{ ppm}] = \frac{A_{\text{Akhir}}}{A_{\text{Awal}}} \times [M]_0 \dots\dots\dots (4.1)$$

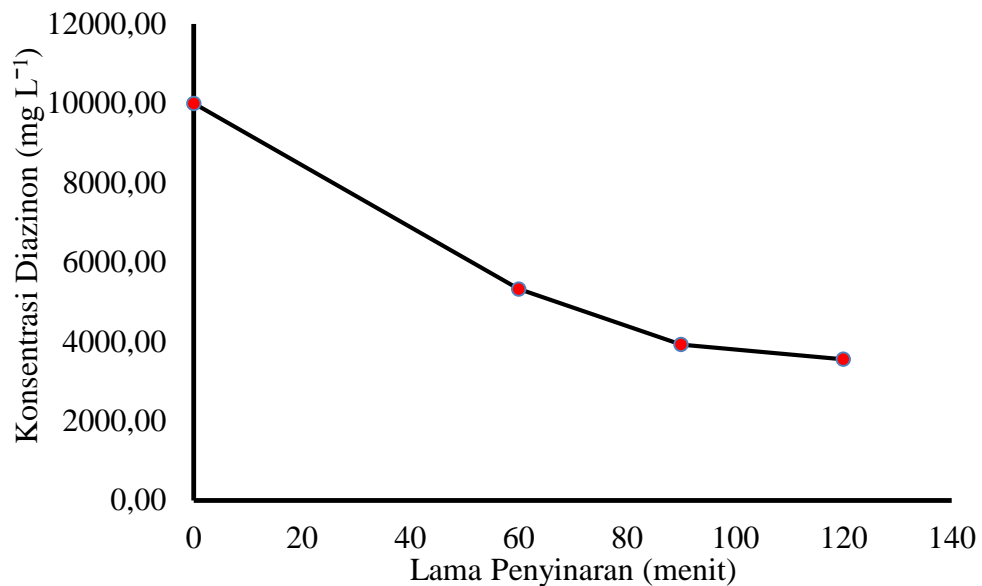
di mana A adalah luas area signal diazinon dan  $[M]_0$  adalah konsentrasi awal diazinon. Konsentrasi hasil pengolahan data luas area signal diazinon saat waktu tertentu disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Konsentrasi diazinon saat  $t$

Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )
0	10000
60	5324,14
90	3924,88
120	3552,91

(Lampiran C.2)

data tersebut disajikan dalam kurva konsentrasi diazinon terhadap lama penyinaran pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Grafik efek variasi lama penyinaran pada 25 mL diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 dengan massa katalis 5 mg

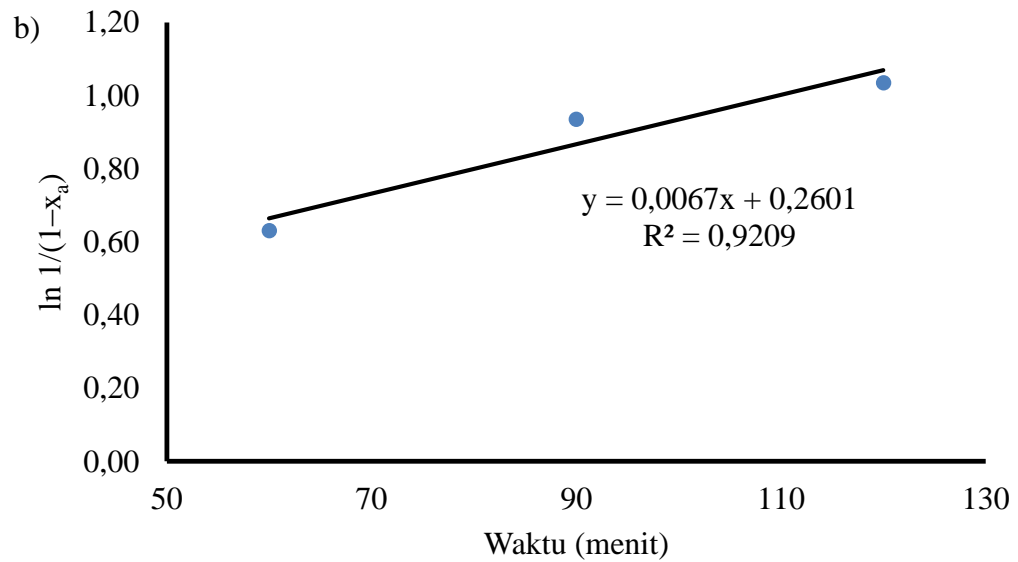
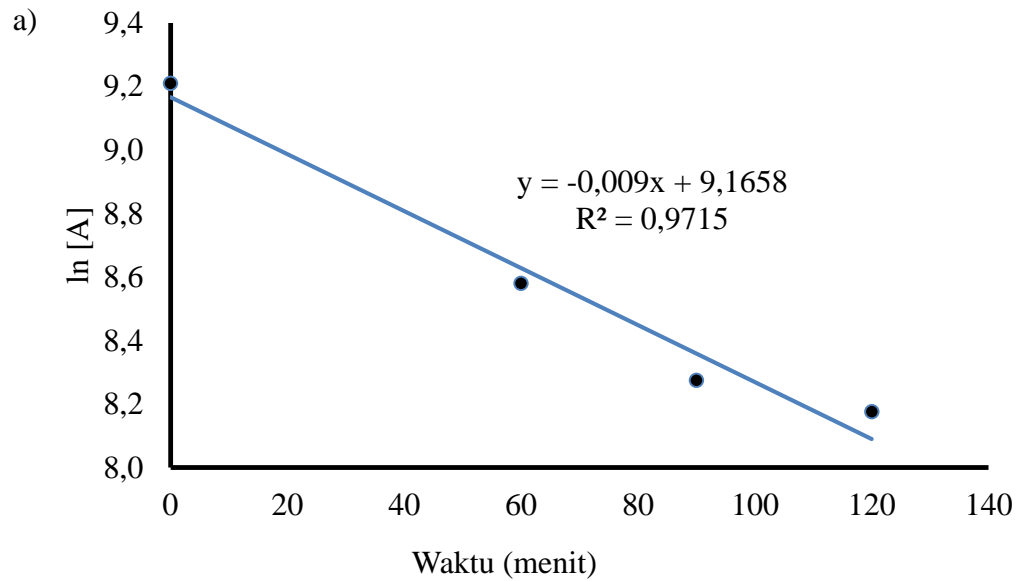
Data konsentrasi diazinon saat  $t$  akan digunakan untuk penentuan orde reaksi. Penentuan orde reaksi ditentukan dengan memilih linearitas ( $R^2$ ) tertinggi yang diperoleh dari plot data pada setiap orde reaksi. Adapun plot untuk penentuan orde reaksi pada setiap orde disajikan dalam Tabel 3.1.

Persamaan a) dan b) pada pseudo orde satu dan dua merupakan hasil integral dari persamaan laju reaksi pseudo orde satu dan dua secara umum. Namun pada persamaan b), nilai konsentrasi analit yang digunakan dikonversi menjadi fraksi ( $x_A$ ) jumlah analit yang berkurang terhadap jumlah analit awal dalam larutan tersebut. Fraksi tersebut ditunjukkan dengan persamaan 4.2 berikut.

$$x_A = \left( \frac{[A]_0 - [A]_t}{[A]_0} \right) = 1 - \frac{[A]_t}{[A]_0} \dots\dots\dots (4.2)$$

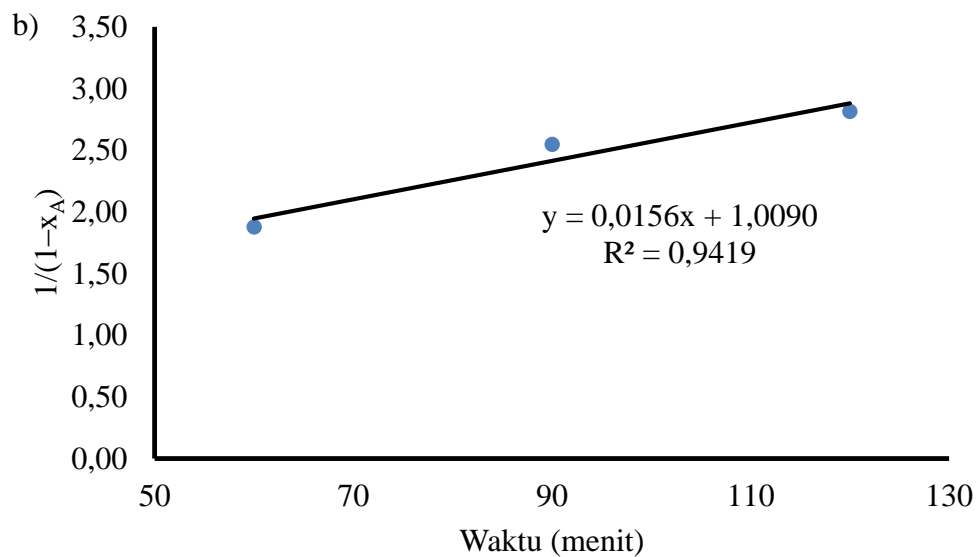
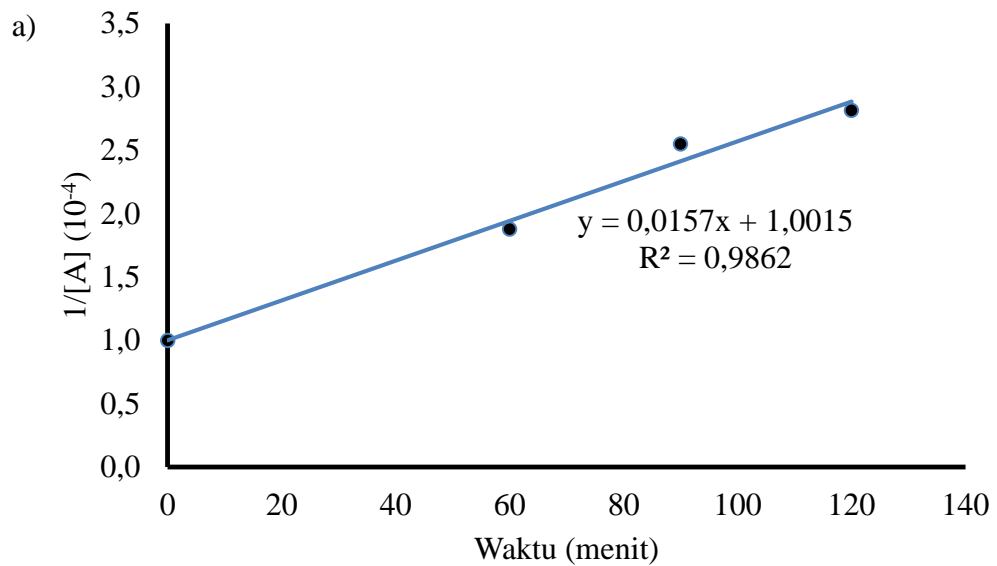
Digunakan 2 plot dari persamaan yang berbeda pada setiap orde bertujuan untuk memastikan bahwa orde reaksi yang paling sesuai akan menghasilkan linearitas yang tertinggi dari hasil plot pada setiap persamaan.

Dari pengolahan data tersebut diperoleh hasil yang disajikan dalam bentuk kurva masing-masing orde pada Gambar 4.8 dan 4.9 berikut.



a) plot persamaan a dan b) plot persamaan b

Gambar 4.8 Kurva hasil pengolahan pseudo orde 1 (Lampiran C.3.1 a)



a) plot persamaan a dan b) plot persamaan b

Gambar 4.9 Kurva hasil pengolahan pseudo orde 2 (Lampiran C.3.1 b)

Hasil  $R^2$  yang diperoleh dari masing-masing plot disajikan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Linearitas hasil dari plot pada masing-masing persamaan

Persamaan	Pseudo Orde 1		Pseudo Orde 2	
	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>
A	0,9715	0,0966	0,9862	1,16×10 <sup>-5</sup>
B	0,9209	0,0841	0,9419	0,1645

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa linearitas yang terbentuk dari plot persamaan pseudo orde 2 baik persamaan a maupun b adalah yang terbaik daripada pseudo orde 1. Nilai standar eror yang diperoleh menunjukkan tingkat kesalahan dari data yang diplotkan untuk memperoleh persamaan linear. Persamaan linear yang dihasilkan berasal dari data yang berbeda sehingga nilai standar eror dari satu persamaan tidak dapat dibandingkan dengan nilai standar eror yang lain.

Sistem fotokatalisis yang dilakukan adalah sistem padat cair sehingga dalam menentukan kontanta laju fotokatalisis 25 mL larutan diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 dengan 5 mg TiO<sub>2</sub> menggunakan persamaan Ho (Ho, 2004) yaitu:

$$\frac{\partial q_t}{\partial t} = k(q_e - q_t)^2 \dots\dots\dots (4.3)$$

$q_e$  dan  $q_t$  merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g) saat setimbang dan saat t (Ho and McKay, 1998).  $q_t$  dapat ditentukan dengan dengan persamaan 4.4 berikut:

$$A + Kat \rightleftharpoons A-Kat \longrightarrow P + Kat$$

$$q_t = \frac{([A]_0 - [A]_t) \cdot V}{W} \dots\dots\dots (4.4)$$

Dari persamaan 4.4, kapasitas adsorpsi akan bergantung pada konsentrasi awal adsorbat, di mana dengan massa katalis yang sama akan menghasilkan kapasitas adsorpsi yang berbeda jika konsentrasi awal adsorbat berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi yang dimaksud adalah kemampuan adsorben dalam membentuk interaksi *chemisorption* dengan adsorbat dalam suatu sistem. V dan W yang dimaksud dalam persamaan tersebut berturut-turut adalah

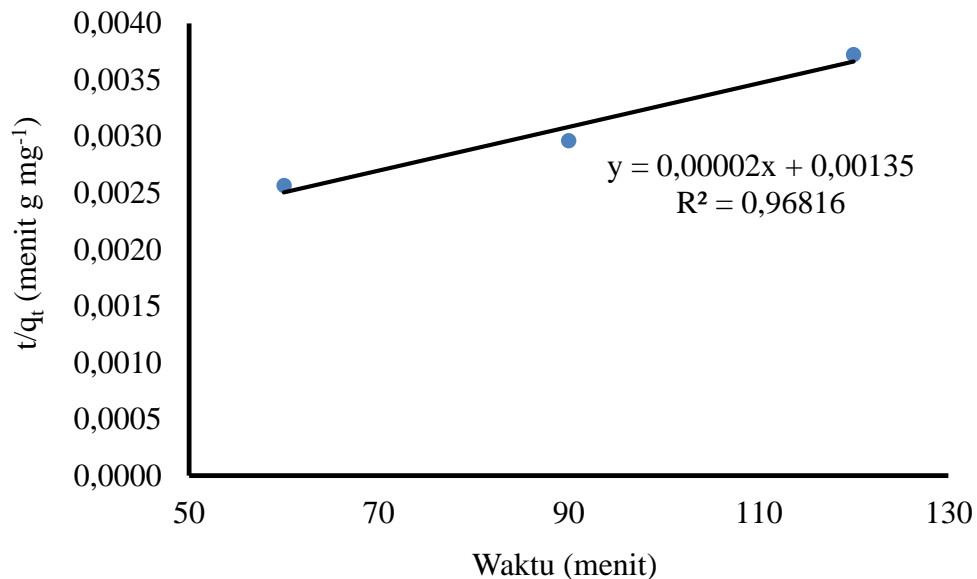
volume larutan (L) dan massa TiO<sub>2</sub> (g) yang digunakan. Persamaan Ho kemudian diintegrasikan sehingga diperoleh persamaan 4.5 berikut:

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + kt \dots\dots\dots (4.5)$$

Dengan penyusunan ulang maka diperoleh persamaan 4.6 berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e}t \dots\dots\dots (4.6)$$

Sehingga dengan memplotkan  $t/q_t$  terhadap  $t$  maka dapat diketahui  $k$  yang merupakan konstanta laju pseudo orde 2 dan  $q_e$  yang merupakan kapasitas adsorpsi TiO<sub>2</sub> saat setimbang (Ho and McKay, 1998). Berdasarkan hasil penelitian Joshi dan Shrivastava (2010), di mana  $q_e$  yang dihitung secara matematik dari persamaan 4.6 mirip dengan nilai  $q_e$  eksperimen dari setiap fotokatalis (TiO<sub>2</sub>, CdS, dan ZnO) di berbagai konsentrasi awal analit yang digunakan. Adapun grafik dari plot  $t/q_t$  terhadap  $t$  disajikan pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Kurva pengolahan data untuk memperoleh nilai  $k$  dan  $q_e$



Persamaan linear yang dihasilkan memiliki nilai standar eror  $1,9 \times 10^{-4}$  yang artinya tingkat kesalahan dari data yang diplotkan untuk memperoleh persamaan linear adalah  $1,9 \times 10^{-4}$  (Lampiran D.3.2).

Dengan persamaan 4.6 maka diperoleh nilai  $q_e$  sebesar  $5 \times 10^4$  mg g<sup>-1</sup> dan nilai  $k$  sebesar  $3,08 \times 10^{-7}$  g mg<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>. Tingginya kapasitas adsorpsi saat setimbang ( $q_e$ ) yang diperoleh secara perhitungan menunjukkan adanya persaingan yang cukup tinggi antara molekul adsorbat dengan molekul intermediet dalam membentuk interaksi *chemisorption* di permukaan TiO<sub>2</sub>. Persaingan tersebut akan mengakibatkan nilai konstanta laju fotodegradasi ( $k$ ) yang diperoleh menjadi sangat rendah.

## BAB V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Katalis  $\text{TiO}_2$  dapat memaksimalkan fotodegradasi larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  dan  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 dengan jumlah 25 mL. Sedangkan jumlah  $\text{TiO}_2$  yang optimum untuk mendegradasi 25 mL larutan diazinon  $60 \text{ g L}^{-1}$  adalah 5 mg dan  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 adalah 25 mg.
2. Orde reaksi degradasi 25 mL larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 adalah pseudo orde 2 dengan nilai konstanta laju fotokatalisis diazinon dengan  $\text{TiO}_2$  ( $k$ ) yaitu  $3,08 \times 10^{-7} \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) diazinon ke permukaan  $\text{TiO}_2$  saat setimbang secara matematis adalah  $5 \times 10^4 \text{ mg g}^{-1}$ .

### 5.2 Saran

Saran dari penelitian yang dilakukan di antaranya:

1. Untuk melihat produk intermediet dan produk hasil dari fotodegradasi diazinon dengan katalis  $\text{TiO}_2$  sebaiknya menggunakan konsentrasi diazinon yang rendah atau dengan menggunakan detektor yang lebih sensitif atau peka terhadap diazinon.
2. Sebaiknya dilakukan variasi konsentrasi awal diazinon untuk membandingkan antara nilai  $q_e$  yang diperoleh secara eksperimen dengan nilai  $q_e$  yang diperoleh secara matematis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amer, A. A. 2011. Biodegradation of Diazinon by *Serratia Marcescens* DI101 and Its Use in Bioremediation of Contaminated Environment. *J. Microbio. Biotech.* Vol 21 (1) : 71-80. [serial on line]. [http://www.researchgate.net/publication/49817392Biodegradation\\_of\\_diazinon\\_by\\_Serratia\\_marcescens\\_DI101\\_and\\_its\\_use\\_in\\_bioremediation\\_of\\_contaminated\\_environment](http://www.researchgate.net/publication/49817392Biodegradation_of_diazinon_by_Serratia_marcescens_DI101_and_its_use_in_bioremediation_of_contaminated_environment). [3 Maret 2012].
- Beltrame P. 2011. Fundamentals of Chemistry–Vol.II - Rates of Chemical Reactions: Their Measurement and Mathematical Expressions. EOLSS [serial on line]. <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C06/E6-11-05-01.pdf>. [4 Februari 2013].
- Bernasconi, G. *Tekhnologi Kimia, bagian II, cetakan I*. Alih bahasa oleh Lienda Handojo. 1995. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. Dalam Khalifah, S. N., 2007. “Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri(II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisilikat”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Tenologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Bismo, S. 2006. “Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas”. Tidak Diterbitkan. Modul Kuliah S2 TKA82151-Pencegahan Pencemaran. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Busby, A., Kousba, A., and Timchalk, C. 2004. The In Vivo Quantitation of Diazinon, Chlorpyrifos, and Their Major Metabolites in Rat Blood for The Refinement of a Physiologically-Based Pharmacokinetics/Pharmacodynamic Models. [on line]. *U.S Dept. of Energy J. of Undergraduated Res.* Vol. 10: 36-40.
- Cardeal, Augusti, Costa, and Souza. 2010. Degradation of Prototype Pesticides Submitted to Conventional Water Treatment Conditions: The Influence of Major Parameters. [on line]. *Springer Sci+Business Media B.V.*, 211: 427-434. DOI 10.1007/s11270-009-0311-6.
- Chang, R. 2002. *Chemistry 7<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Daneshvar, Aber, Dorraji, Khataee, and Rasoulifard. 2007. Preparation and Investigation of Photocatalytic Properties of ZnO Nanocrystals: Effect of

- Operational Parameters and Kinetic Study. [on line]. *World Ac of Sci, Eng and Tec*, **29**: 267-272.
- Darmono. 2003. "Toksistas Pesticida". Tidak Diterbitkan. Materi Kuliah. Semarang: Program Pasca sarjana Universitas Dipenogoro.
- Gassser, R. P. H. 1985. *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*. Oxford: Clarendon Press.
- Gunlazuardi, J. 2001. "Fotokalisis Pada Permukaan TiO<sub>2</sub> Aspek Fundamental dan Aplikasinya". Tidak Diterbitkan. Proceedings Seminar Nasional Kimia Fisika II Jurusan Kimia. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Dalam Saragih, W. J. 2011. "Degradasi Polutan Udara Ruangan Menggunakan Lampu Hias dengan Penutup Berlapis Katalis TiO<sub>2</sub> Termodifikasi". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Ho, Y. S. 2004. Review of Second-Order Models for Adsorption Systems. [on line]. *Elsevier/J. Hazardous Mat.* B136 (2006): 681-689.
- Ho, Y. S. and McKAY, G. 1998. A Comparison of Chemisorption Kinetic Models Applied to Pollutant Removal on Various Sorbents. [on line]. *Institution of Chem Eng.* Vol. 76, Part B: 332-340.
- Hoffmann, Martin, Choi, and Bahnemann. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. [on line]. *American Chem Soc.* 95 (1): 69-96.
- Indraningsih dan Sani, Y. 2004. Residu Pesticida Pada Produk Sapi: Masalah dan Alternatif Penanggulangannya. [on line]. *Wartazoa* Vol. 14 No. 1.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam Struktur, Sintesis dan Sifat-Sifatnya*. Bandung: ITB Press.
- Joshi, K. M. and Shrivastava, V. S. 2010. Photocatalytic Degradation of Pb(II) By Using Different Semiconducting Materials. [on line]. *ScienSage. J. Adv. Sci. Res.* 1(2): 01-11.
- Kansal, S. K. and Chopra, M. 2012. Photocatalytic Degradation of 2,6-Dichlorophenol in Aqueous Phase using Titania as a Photocatalyst. [on line]. *Sci. Res. Eng.* 4: 416-420.
- Katagi, T. 2004. Photodegradation of Pesticides on Plant and Soil Surfaces. [on line]. *Springer-Verlag, Rev Environ Contam Toxicol* 182:1-195.

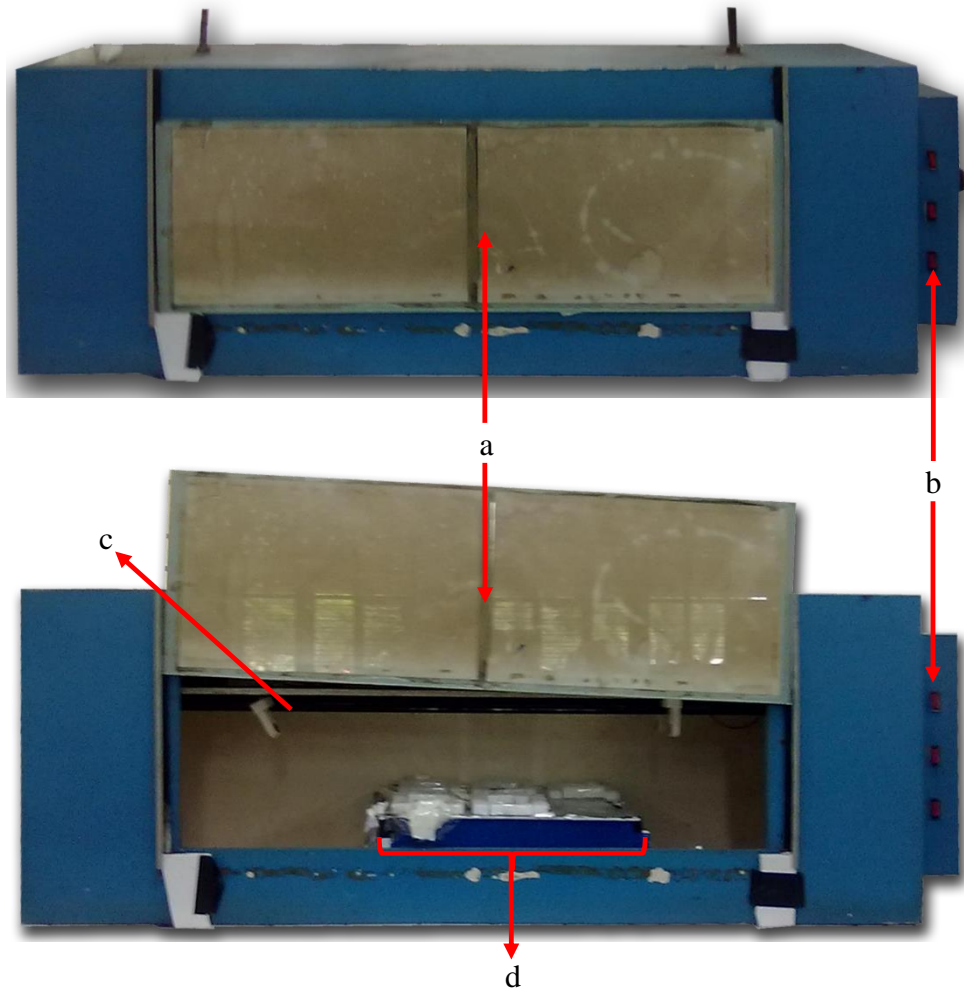
- Kirupavasam, E. K. and Raj, G. A. G. 2012. Photocatalytic Degradation of Amidoblack-10B Using Nanophotocatalyst. [on line]. *J. Chem. Pharma. Res.* 4 (6): 2979-2987. ISSN : 0975-7384.
- Kitson, F. G., Larsen, B. S. and McEwen, C. N. 1996. Gas Chromatography and Mass Spectrometry A Practical Guide. [DVD-ROM]. San Diego: Academic Press.
- Konstantinou, I. K. And Albanis, T. A. 2003. TiO<sub>2</sub>-assisted Photocatalytic Degradation of Azo Dyes in Aqueous Solution: Kinetic and Mechanistic Investigations a Review. [on line]. *Elsevier/App. Cat. B: Environ.* 49 (2004): 1-14.
- Kouloumbos, Tsipi, Hiskia, Nikolic, and Breemen. 2003. Identification of Photocatalytic degradation products of diazinon in TiO<sub>2</sub> aqueous suspensions using GC/MS/MS and LC/MS with Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry. [on line]. *J. American Soc. Mass Spectrometry.* Vol. 14 (8): 803-817. ISSN 1044-0305.
- Kuncoro, A. J., Aida, Y., dan Yuda, P.. 2002. Akumulasi Organofosfat pada Walet Sarang Putih (*Collocalia fuciphaga*). *Biota*, Vol. VII (2): 89.
- Larson, R. A. dan Weber, E. J. 1994. *Reaction Mechanisms in Environmental Organic Chemistry*. Boca Raton: CRC Press. Dalam Yulianto, M. E., Handayani, D., dan Silviana. 2005. Kajian Pengolahan Limbah Industri Fatty Alcohol Dengan Teknologi Fotokatalitik Menggunakan Energi Surya. [on line]. *Gema Teknologi*, 14 (2): 22-27. ISSN 0852-0232.
- Linsebigler, A. L., Lu, G., and Yates, J. T. 1995. Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results. [on line]. *American Chem Soc.* Vol. 95 (3): 735-758.
- Mulyono, H.A.M. 2009. *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Najjar, Chirchi, Santos, and Ghorhel. 2001. Kinetic Study of 2-nitrophenol Photodegradation on Al-pillared Montmorillonite Doped with Copper. [on line]. *The Royal Soc of Chem. J Environ Monit* 3: 697-701.
- Nugrohati, S. dan Untung, K. 1986. "Pestisida dalam Sayuran". Tidak Diterbitkan. Proceedings Seminar Keamanan Pangan dalam Pengolahan dan Penyajian. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada.
- Oscik, J. 1991. *Adsorption, Edition Cooper*. New York: John Wiley and Sons. Dalam Istighfaro, Nila. 2010. "Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas

- dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Bentonit–Karbon Aktif Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk)”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Oudenhoven, J., Scheijen, F., and Wolffs, M. 2004. “Fundamentals of Photocatalytic Water Splitting by Visible Light”. Tidak Diterbitkan. Review. Eindhoven: Faculteit Scheikundige Technologie Technische Universitat Eindhoven.
- Proyek Kali Konto, 1989. “Pemakaian Pestisida Pada Sayuran di Kecamatan Batu, Pujon dan Ngantang”. Tidak Diterbitkan. Hasil Survei Pada Tingkat Petani. Proyek Kali Konto ATA 206 Tahap III. Dalam Kusuma, Z. 2009. Dampak Pencemaran Pestisida di Das Brantas Hulu. [on line]. *Agritek*. Vol. 17 (3): 563. ISSN 0852-5426.
- Purnama, H. 1998. “Residu Insektisida dan Fungisida dalam Buah Anggur, Apel, dan Per Impor”. Tidak Diterbitkan. Abstrak. Bogor: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Radjasa, O. K. dan Sabdono, A. 2005. “Studi Kinetika Biodegradasi Senyawa Herbisida S-Triazine oleh Bakteri Karang”. Tidak Diterbitkan. Laporan Kegiatan. Semarang: Pusat Studi Pesisir dan Laut Tropis Universitas Diponegoro.
- Sastroutomo. 1992. *Pestisida: Dasar dan Dampak Penggunaannya*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Dalam Zulkarnain, I. 2010. “Aplikasi Pestisida dan Analisa Residu Pestisida Golongan Organofosfat pada Beras di Kecamatan Portibi Kabupaten Padang Lawas Utara Tahun 2009”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Satterfield, C. N. 1980. *Heterogeneous Catalysis in Practice*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Smyth, J. 2001. Mineral Structure and Property Data TiO<sub>2</sub> Group. Mineral Data Base Index. [serial on line]. <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>. [12 Januari 2012].
- Sophyan, I. 1998. *Pembuatan Fotokatalis Film TiO<sub>2</sub> melalui Blending Serbuk TiO<sub>2</sub> Aktif dengan Binder Resin Fluor*. Jakarta: Perpustakaan BAPPENAS RI. Dalam Yulianto, M. E., Handayani, D., dan Silviana. 2005. Kajian Pengolahan Limbah Industri Fatty Alcohol Dengan Teknologi Fotokatalitik Menggunakan Energi Surya. [on line]. *Gema Teknologi*, 14 (2): 22-27. ISSN 0852-0232.

- Syanne, E. F., Fransisca, B., dan Krismaya. 1999. Dua Kasus Keracunan Pestisida Organofosfat yang Fatal. *Proceedings American Academy of Forensic Sciences* 15-20 [serial on line]. <http://fks.2.webs.com/case1.htm>. [5 Januari 2012].
- Tan, Khiew, Chiu, Radiman, Shukor, Huang, and Lim. 2011. Photodegradation of Phenol Red in the Presence of ZnO Nanoparticles. [on line]. *World Academy Sci. Eng. Technol.* 55: 791-796.
- Tarigan, B. br. 2011. “Pengaruh Penyuluhan Pestisida Terhadap Pengetahuan dan Sikap Petani Jeruk dalam Menyemprot Pestisida di Desa Serdang Kecamatan Barusjahe Kabupaten Karo Tahun 2011”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Sumatera Utara.
- Ulyani, V. 2008. “Reaksi Katalisis Oksidasi Vanili menjadi Asam Vanilat Menggunakan Katalis  $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  (1:1) yang Dibuat dengan PEG 6000”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Depok: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Weber, W.J. Jr. 1972. *Physics Chemical Process for Water Quality Control*. New York: John Wiley Interscience. Dalam Khalifah, S. N., 2007. “Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri(II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisilikat”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.
- Wikipedia. 2012. *Pestisida*. <http://id.wikipedia.org/wiki/pestisida.html>. [31 Januari 2012].
- Wilson, E. 1996.  $\text{TiO}_2$  Appears Inefficient for Water Treatment. [on line]. *Chem. Eng. News*. Vol 74 (27): 29. Dalam Supeno, M. 2009. Interaksi Asam Basa. [on line]. *USU Press*. ISBN : 979-458-435-5: 1-7.
- Wulandari, I. 2011. “Uji Kinerja Adsorben Kitosan-Bentonit terhadap Logam Berat dan Diazinon secara Simultan”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bandung: Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

**LAMPIRAN A. GAMBAR SET REAKTOR ULTRAVIOLET, KOTAK  
TEMPAT FILTRASI DAN PENYIMPANAN DIAZINON  
SEBELUM DAN SESUDAH FOTODEGRADASI**

**A.1 Gambar Set Reaktor Ultraviolet**

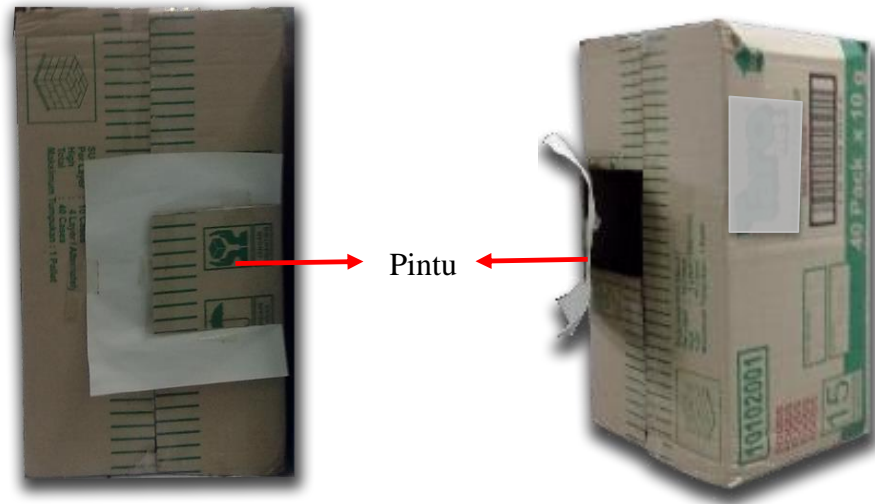


Keterangan:

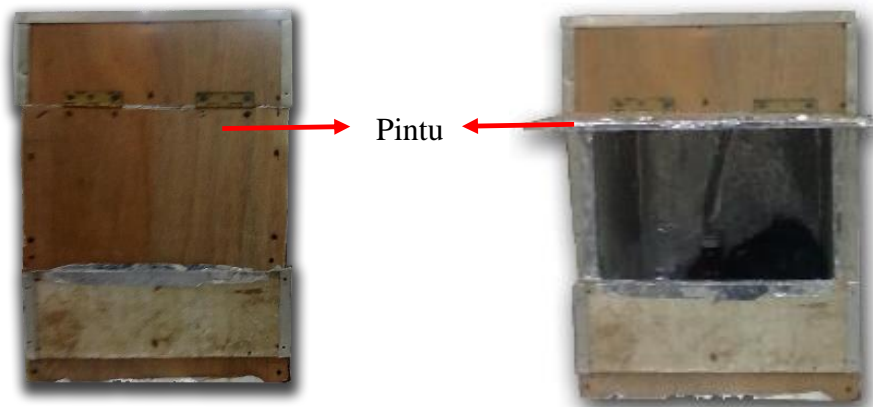
- a : Pintu reaktor ultraviolet
- b : Saklar lampu
- c : Lampu ultraviolet
- d : Meja stirer



### A.2 Gambar Kotak Filtrasi



### A.3 Gambar Kotak Penyimpanan Diazinon Sebelum dan Sesudah Fotodegradasi



## LAMPIRAN B. SETTING/KONDISI GCMS

### B.1 Variasi Massa TiO<sub>2</sub> dengan Konsentrasi Diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7

D:\MARET 2012\SETYAWAN 10mg 12712.QGD

7/14/2012



Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

GCMS-QP2010S SHIMADZU  
 Kolom : Rastek RXi-5MS  
 Panjang : 30 meter  
 ID : 0,25 mm  
 Gas pembawa : Helium  
 Pengionan : EI  
 70 Ev

Method

[Comment]

===== Analytical Line 1 =====

[GC-2010]  
 Column Oven Temp. : 80.0 °C  
 Injection Temp. : 310.00 °C  
 Injection Mode : Split  
 Flow Control Mode : Pressure  
 Pressure : 16.5 kPa  
 Total Flow : 80.0 mL/min  
 Column Flow : 0.50 mL/min  
 Linear Velocity : 28.1 cm/sec  
 Purge Flow : 3.0 mL/min  
 Split Ratio : 153.0  
 High Pressure Injection : OFF  
 Carrier Gas Saver : OFF  
 Splitter Hold : OFF  
 Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	80.0	5.00
10.00	305.0	20.00

< Ready Check Heat Unit >  
 Column Oven : Yes  
 SPL1 : Yes  
 MS : No  
 < Ready Check Detector(FTD) >  
 < Ready Check Baseline Drift >  
 < Ready Check Injection Flow >  
 SPL1 Carrier : Yes  
 SPL1 Purge : Yes  
 < Ready Check APC Flow >  
 < Ready Check Detector APC Flow >  
 External Wait : No  
 Equilibrium Time : 1.0 min

[GC Program]

[GCMS-QP2010]  
 IonSource Temp : 250.00 °C  
 Interface Temp. : 300.00 °C  
 Solvent Cut Time : 4.80 min  
 Detector Gain Mode : Relative  
 Detector Gain : -0.18 kV  
 Threshold : 0

[MS Table]

--Group 1 - Event 1--  
 Start Time : 5.00min  
 End Time : 47.00min  
 ACQ Mode : Scan  
 Event Time : 0.50sec  
 Scan Speed : 1250  
 Start m/z : 28.00  
 End m/z : 600.00

Sample Inlet Unit : GC

[MS Program]  
 Use MS Program : OFF

## B.2 Variasi Massa TiO<sub>2</sub> dengan Konsentrasi Diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7

D:\MARET 2012\SETYAWAN10 0 mg 03813.QGD

8/4/2012



Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

GCMS-QP2010S SHIMADZU  
 Kolom : Rastek RXI-5MS  
 Panjang : 30 meter  
 ID : 0,25 mm  
 Gas pembawa : Helium  
 Pengionan : EI  
 70 Ev

Method

[Comment]

===== Analytical Line 1 =====

[GC-2010]  
 Column Oven Temp. : 80.0 °C  
 Injection Temp. : 310.00 °C  
 Injection Mode : Split  
 Flow Control Mode : Pressure  
 Pressure : 16.5 kPa  
 Total Flow : 80.0 mL/min  
 Column Flow : 0.50 mL/min  
 Linear Velocity : 26.1 cm/sec  
 Purge Flow : 3.0 mL/min  
 Split Ratio : 153.0  
 High Pressure Injection : OFF  
 Carrier Gas Saver : OFF  
 Splitter Hold : OFF  
 Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	80.0	5.00
10.00	305.0	20.00

&lt; Ready Check Heat Unit &gt;

Column Oven : Yes  
 SPL1 : Yes  
 MS : No

&lt; Ready Check Detector(FTD) &gt;

&lt; Ready Check Baseline Drift &gt;

&lt; Ready Check Injection Flow &gt;

SPL1 Carrier : Yes  
 SPL1 Purge : Yes

&lt; Ready Check APC Flow &gt;

&lt; Ready Check Detector APC Flow &gt;

External Wait : No  
 Equilibrium Time : 1.0 min

[GC Program]

[GCMS-QP2010]  
 IonSourceTemp : 250.00 °C  
 Interface Temp. : 300.00 °C  
 Solvent Cut Time : 4.80 min  
 Detector Gain Mode : Relative  
 Detector Gain : -0.18 kV  
 Threshold : 0

[MS Table]

--Group 1 - Event 1--

Start Time : 5.00min  
 End Time : 47.00min  
 ACQ Mode : Scan  
 Event Time : 0.50sec  
 Scan Speed : 1250  
 Start m/z : 28.00  
 End m/z : 600.00

Sample Inlet Unit : GC

[MS Program]

Use MS Program : OFF

### B.3 Variasi Lama Penyinaran dengan Massa TiO<sub>2</sub> 5 mg

D:\MARET 2012\SETYAWAN 2 JAM 14812.QGD

8/15/2012



Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

GCMS-QP2010S SHIMADZU  
 Kolom : Rastek RXI-5MS  
 Panjang : 30 meter  
 ID : 0,25 mm  
 Gas pembawa : Helium  
 Pengionan : EI  
 70 Ev

## Method

[Comment]

===== Analytical Line 1 =====

[GC-2010]  
 Column Oven Temp. : 80.0 °C  
 Injection Temp. : 310.00 °C  
 Injection Mode : Split  
 Flow Control Mode : Pressure  
 Pressure : 16.5 kPa  
 Total Flow : 80.0 mL/min  
 Column Flow : 0.50 mL/min  
 Linear Velocity : 26.1 cm/sec  
 Purge Flow : 3.0 mL/min  
 Split Ratio : 153.0  
 High Pressure Injection : OFF  
 Carrier Gas Saver : OFF  
 Splitter Hold : OFF  
 Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	80.0	5.00
10.00	305.0	25.00

&lt; Ready Check Heat Unit &gt;

Column Oven : Yes  
 SPL1 : Yes  
 MS : No

&lt; Ready Check Detector (FTD) &gt;

&lt; Ready Check Baseline Drift &gt;

&lt; Ready Check Injection Flow &gt;

SPL1 Carrier : Yes  
 SPL1 Purge : Yes

&lt; Ready Check APC Flow &gt;

&lt; Ready Check Detector APC Flow &gt;

External Wait : No  
 Equilibrium Time : 1.0 min

[GC Program]

[GCMS-QP2010]  
 IonSourceTemp : 250.00 °C  
 Interface Temp. : 305.00 °C  
 Solvent Cut Time : 4.80 min  
 Detector Gain Mode : Relative  
 Detector Gain : 0.00 kV  
 Threshold : 0

[MS Table]

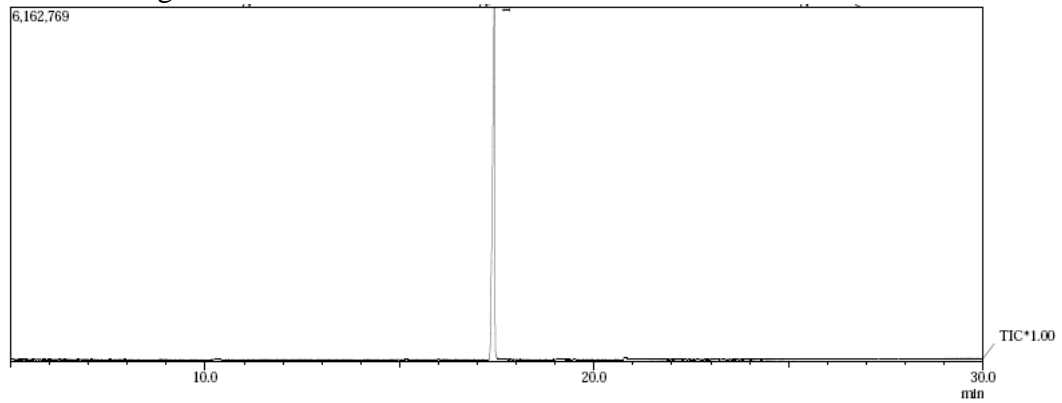
--Group 1 - Event 1--

Start Time : 5.00min  
 End Time : 32.00min  
 ACQ Mode : Scan  
 Event Time : 0.50sec  
 Scan Speed : 1250  
 Start m/z : 28.00  
 End m/z : 600.00

Sample Inlet Unit : GC

[MS Program]

Use MS Program : OFF

**LAMPIRAN C. KROMATOGRAM DAN SPEKTRA HASIL ANALISA****C.1 Variasi Massa TiO<sub>2</sub>**C.1.1 3  $\mu$ L larutan diazinon 600 g L<sup>-1</sup>**a. Kromatogram**

Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.430	17.300	17.517	25129743	100.00	6119001
				25129743	100.00	6119001

## b. Spektra

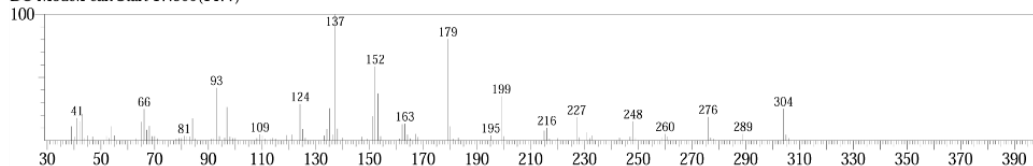
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.433(Scan#:1493) MassPeaks:99

RawMode:Single 17.433(1493) BasePeak:137.10(607651)

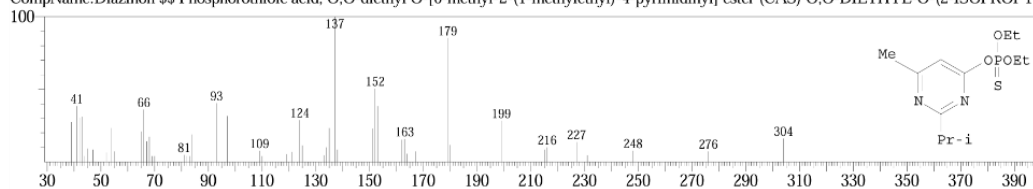
BG Mode:Peak Start 17.300(1477)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

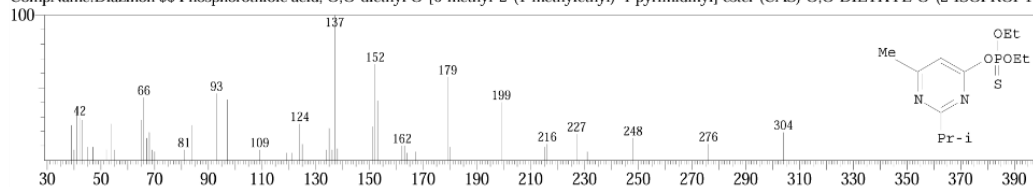
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

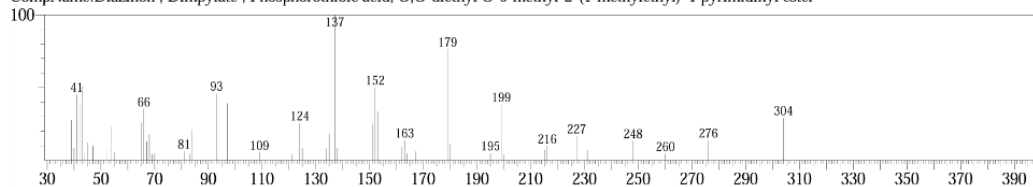
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:88 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

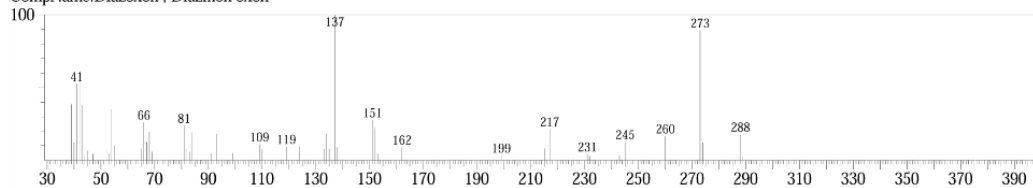
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:61 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

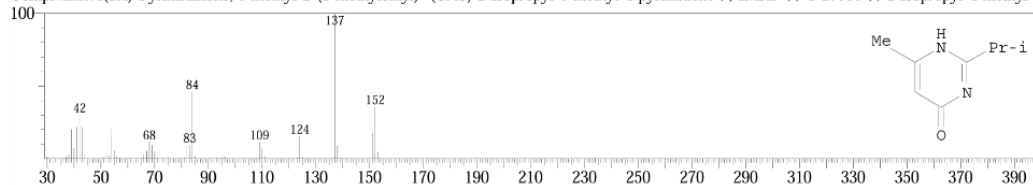
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

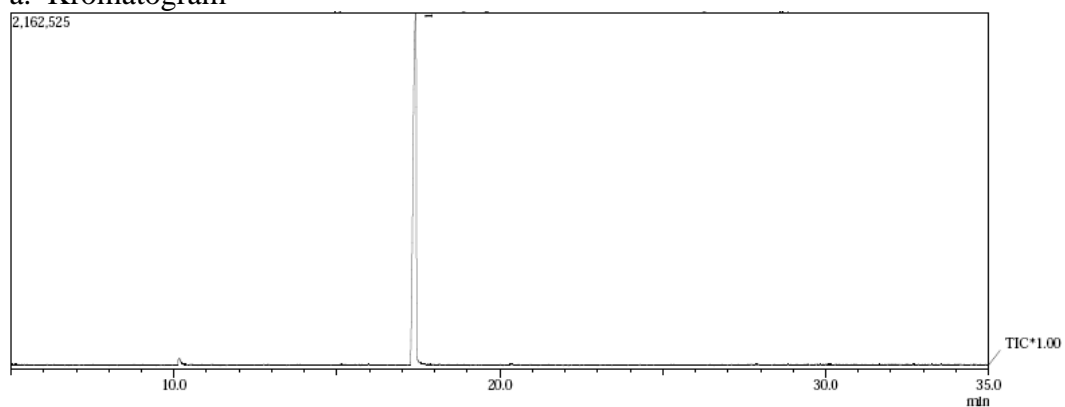
SI:59 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ C 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.1.2 2  $\mu$ L larutan diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit tanpa TiO<sub>2</sub>

a. Kromatogram



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	17.416	17.250	17.475	13999329	100.00	2115505
				13999329	100.00	2115505

## b Spektre

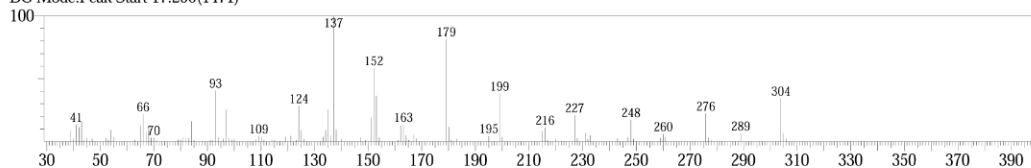
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 RTime:17.417(Scan#:1491) MassPeaks:98

RawMode:Single 17.417(1491) BasePeak:137.05(213141)

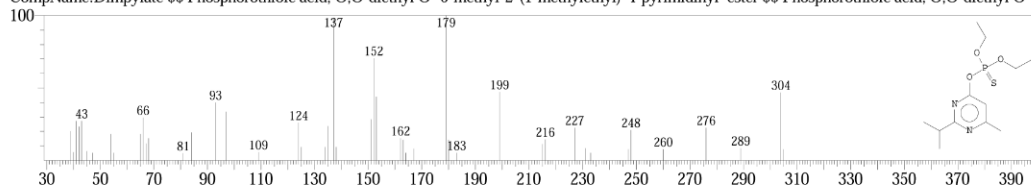
BG Mode:Peak Start 17.250(1471)



Hit#:1 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:91 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

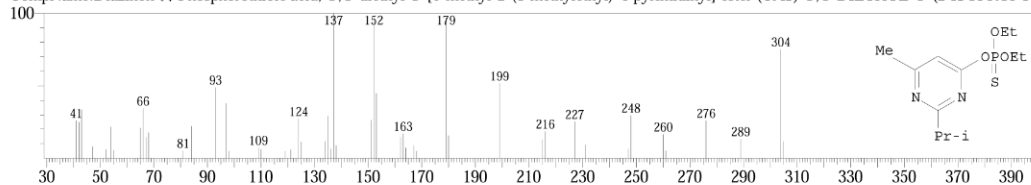
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(2-



Hit#:2 Entry:147704 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

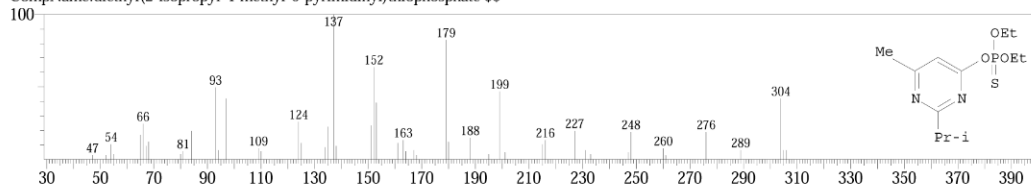
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:147710 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

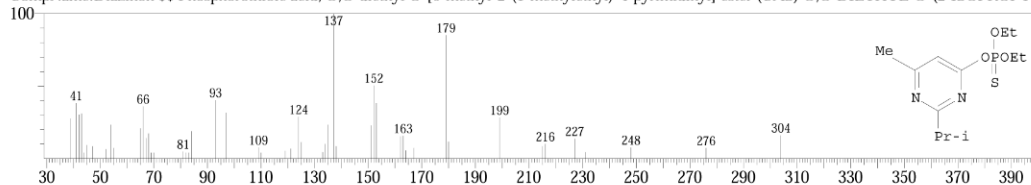
CompName:diethyl(2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl)thiophosphate \$\$



Hit#:4 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

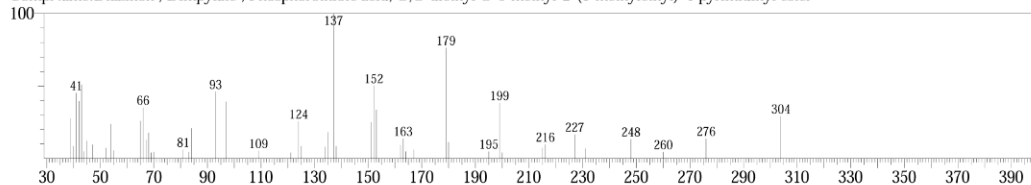
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:5 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:87 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

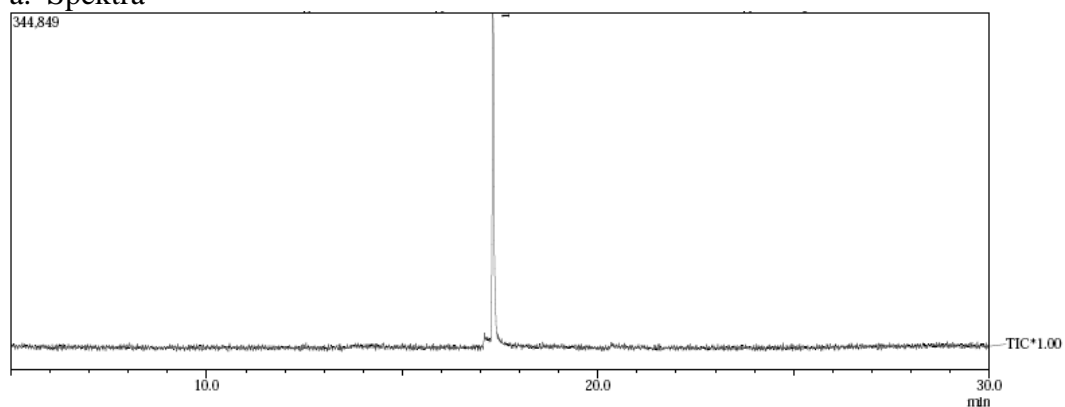
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester





C.1.3 2  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 60  $\text{g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 5 mg  $\text{TiO}_2$

a. Spektra



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	17.319	17.267	17.408	887847	100.00	311639
				887847	100.00	311639

## b. Spektre

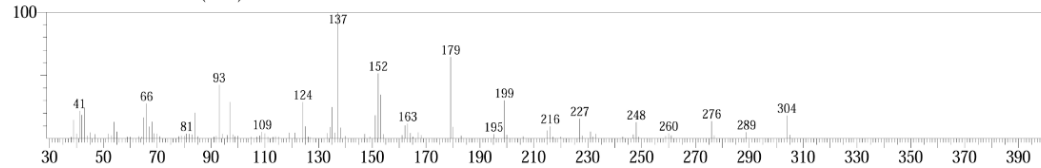
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.317(Scan#:1479) MassPeaks:104

RawMode:Single 17.317(1479) BasePeak:137.10(31264)

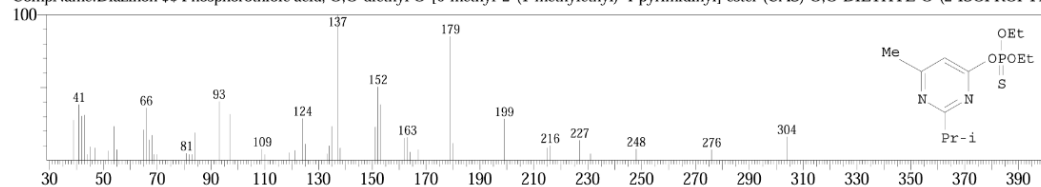
BG Mode:Peak Start 17.267(1473)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

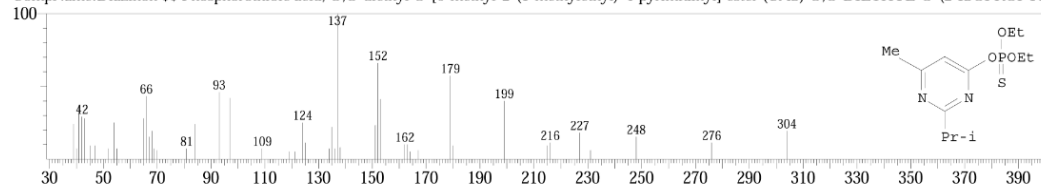
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

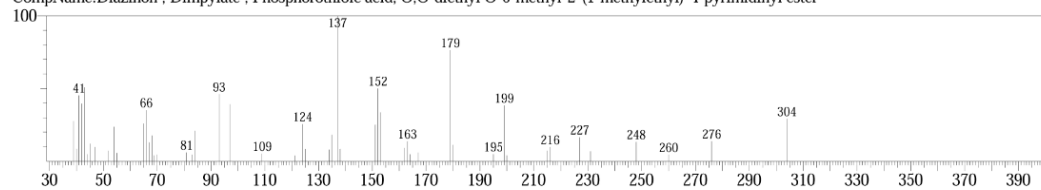
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:90 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

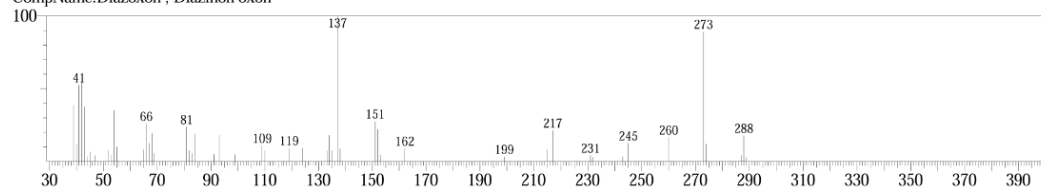
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:64 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

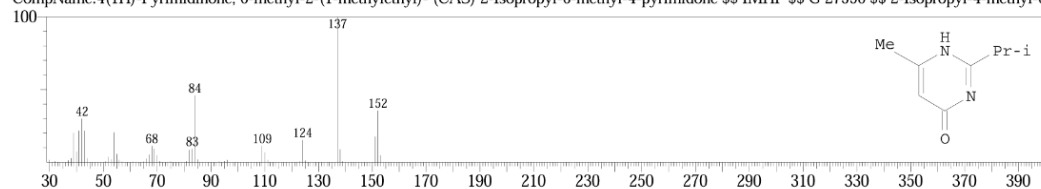
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

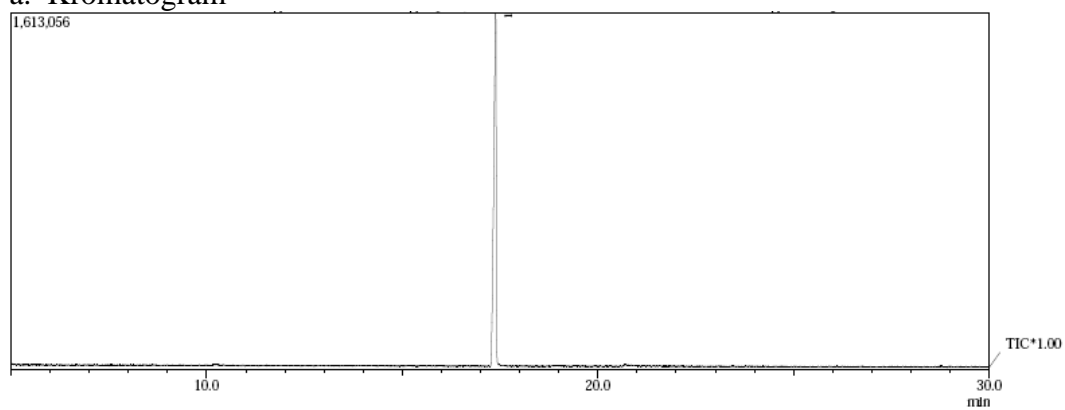
SI:64 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.1.4 2  $\mu$ L larutan diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 10 mg TiO<sub>2</sub>

a. Kromatogram



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	17.383	17.258	17.442	6850774	100.00	1591553
				6850774	100.00	1591553

## b. Spektre

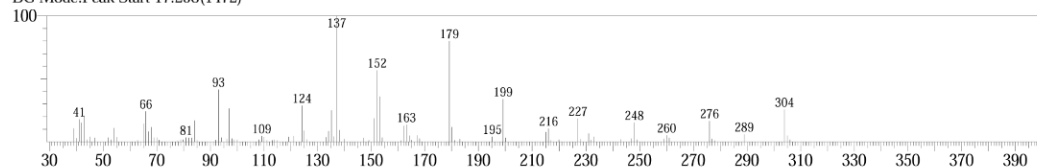
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.383(Scan#:1487) MassPeaks:98

RawMode:Single 17.383(1487) BasePeak:137.10(160167)

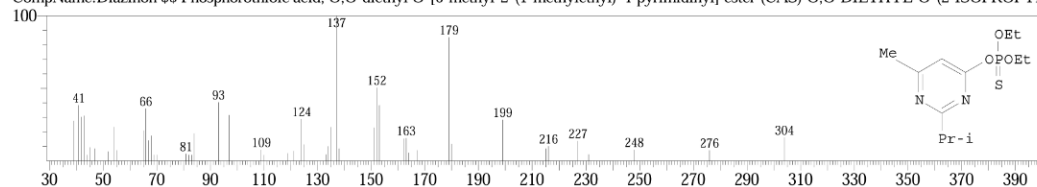
BG Mode:Peak Start 17.258(1472)



Hit#1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

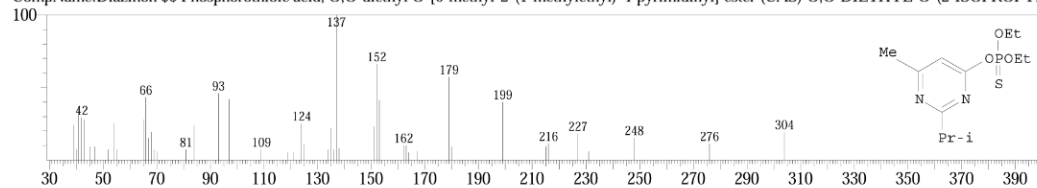
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

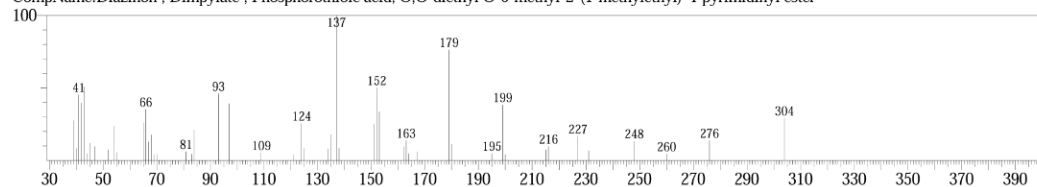
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:88 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

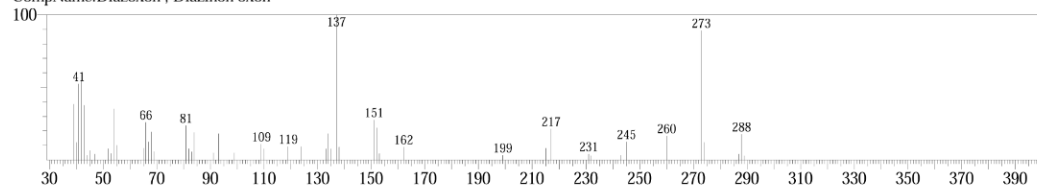
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:61 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

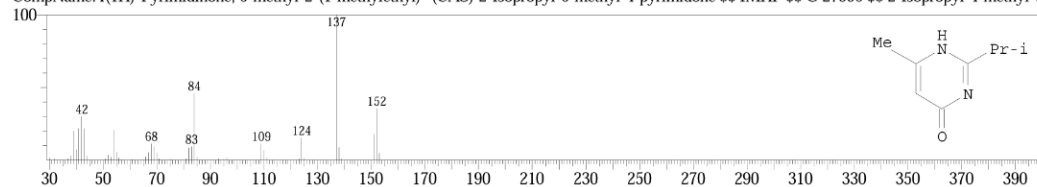
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

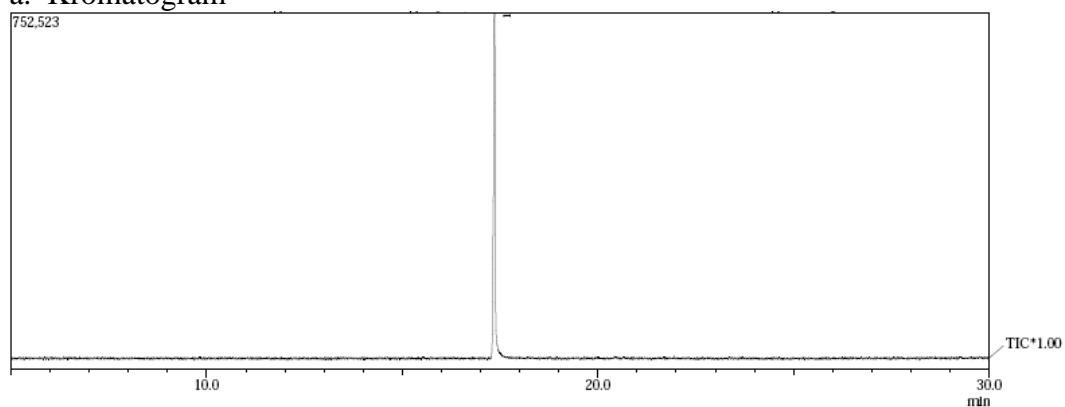
SI:60 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.1.5 2  $\mu$ L larutan diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 25 mg TiO<sub>2</sub>

a. Kromatogram



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	17.355	17.283	17.425	2043461	100.00	713716
				2043461	100.00	713716

## b. Spektre

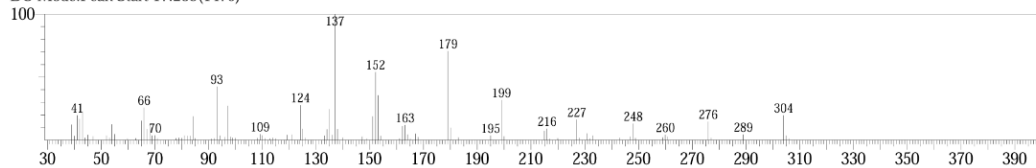
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.358(Scan#:1484) MassPeaks:98

RawMode:Single 17.358(1484) BasePeak:137.05(73873)

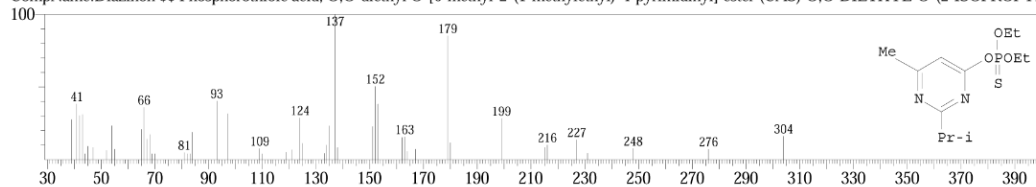
BG Mode:Peak Start 17.283(1475)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

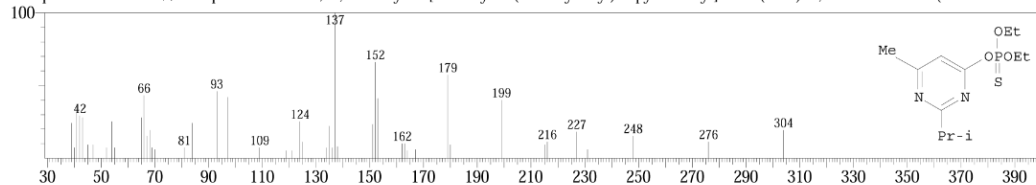
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

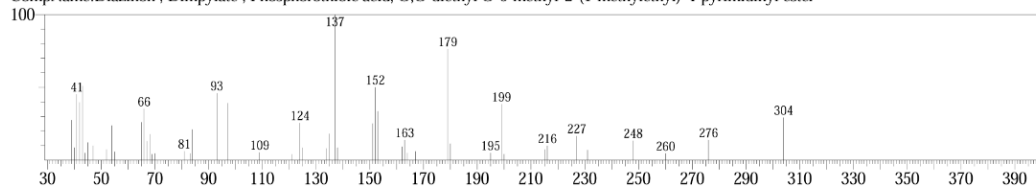
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:90 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

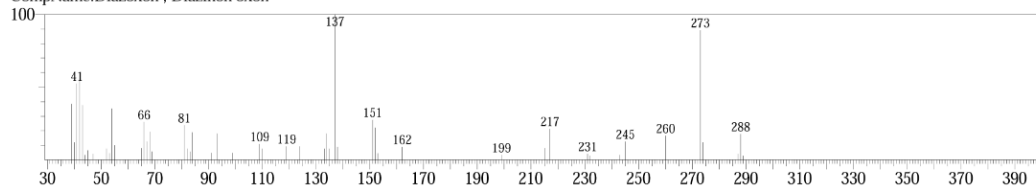
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:63 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

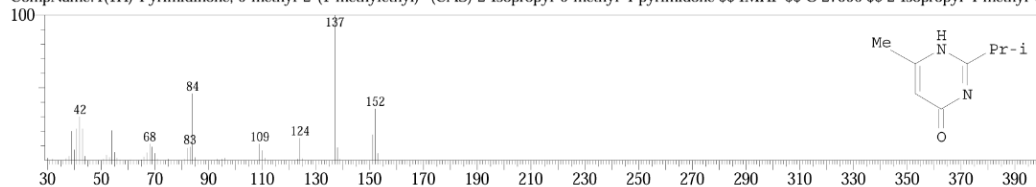
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

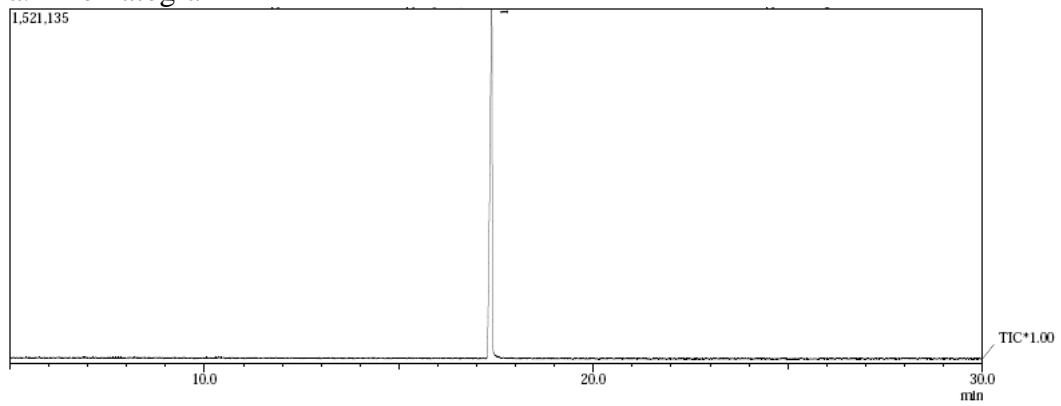
SI:63 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.1.6 2  $\mu$ L larutan diazinon 60 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 50 mg TiO<sub>2</sub>

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.381	17.258	17.433	6160862	100.00	1485251
				6160862	100.00	1485251

## b. Spektre

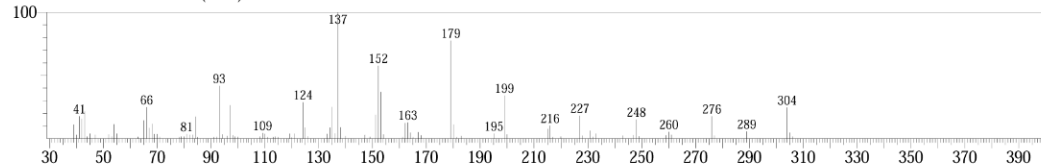
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.383(Scan#:1487) MassPeaks:99

RawMode:Single 17.383(1487) BasePeak:137.10(149856)

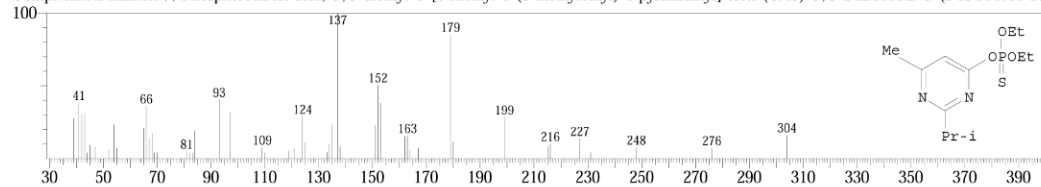
BG Mode:Peak Start 17.258(1472)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

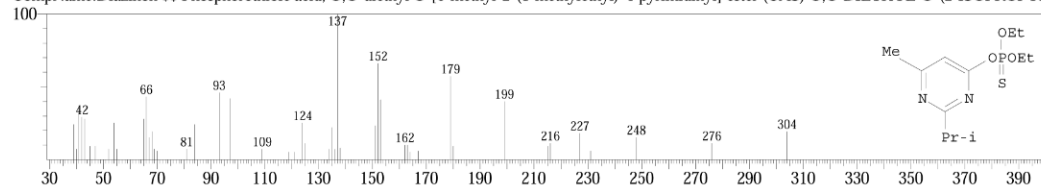
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

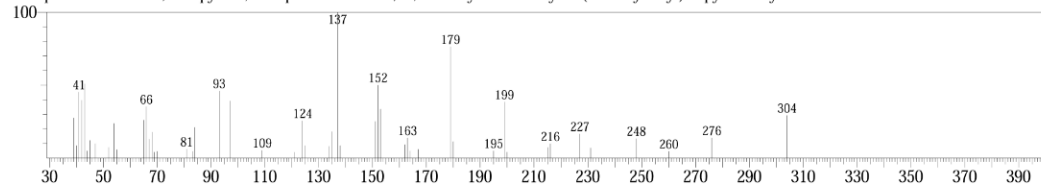
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:89 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

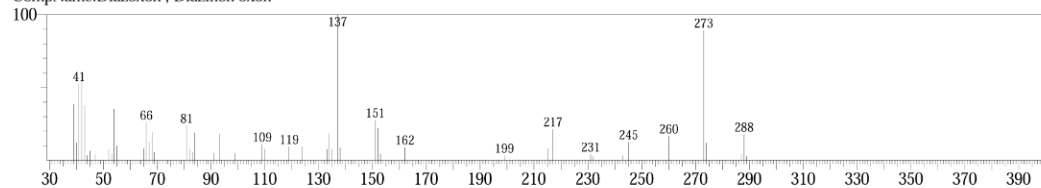
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:62 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

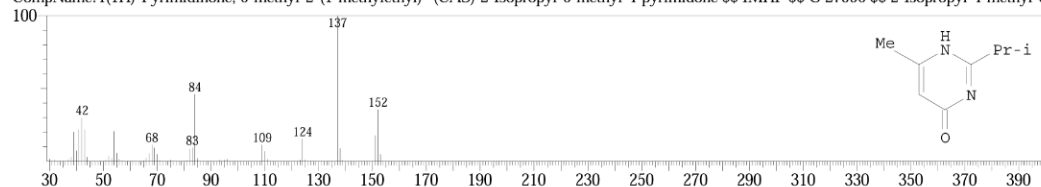
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

SI:61 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

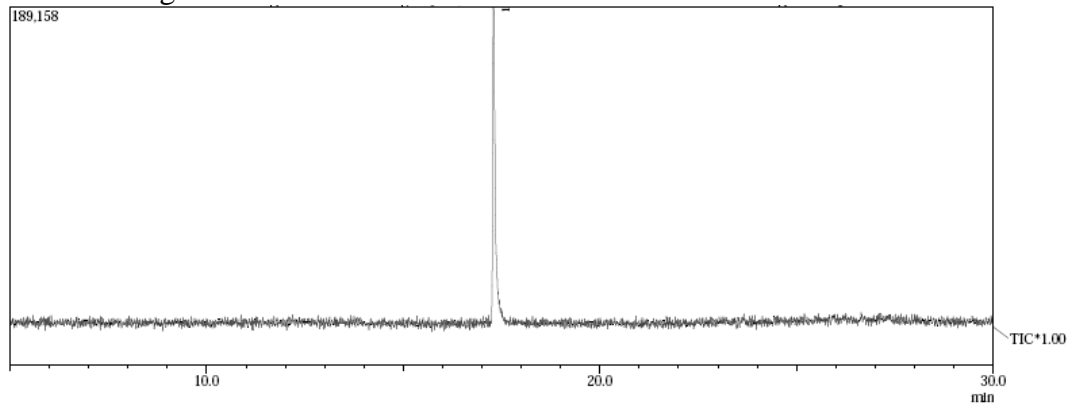
CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6





C.1.7 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 10 g  $\text{L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 0 mg  $\text{TiO}_2$

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.295	17.250	17.383	524991	100.00	154724
				524991	100.00	154724

## b. Spektre

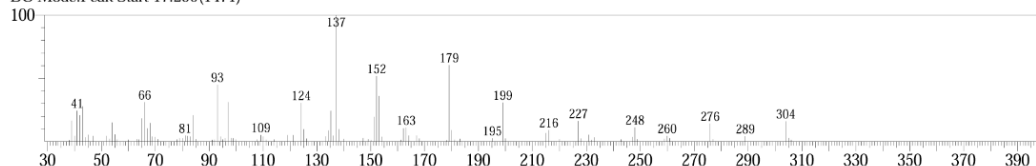
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.292(Scan#:1476) MassPeaks:101

RawMode:Single 17.292(1476) BasePeak:137.10(15286)

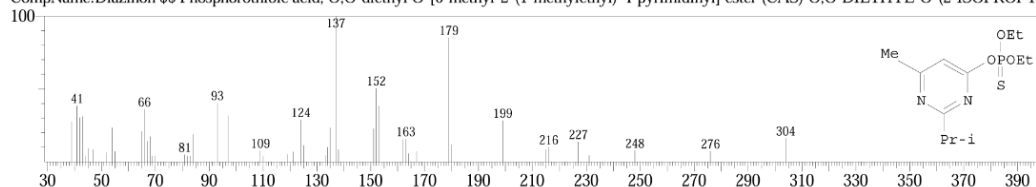
BG Mode:Peak Start 17.250(1471)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

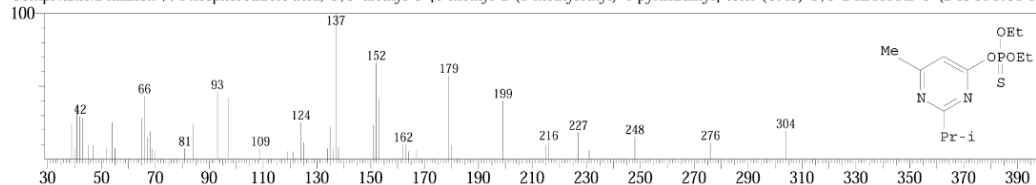
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

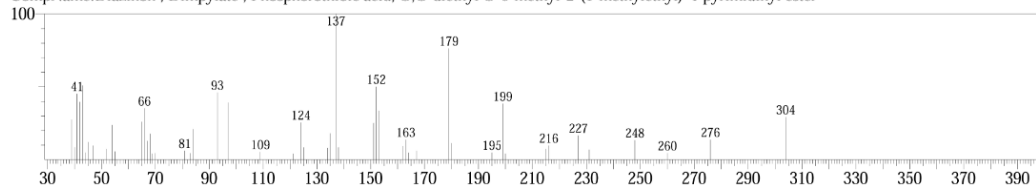
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:91 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

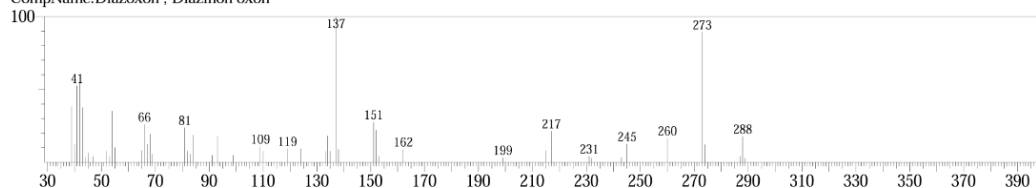
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:66 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

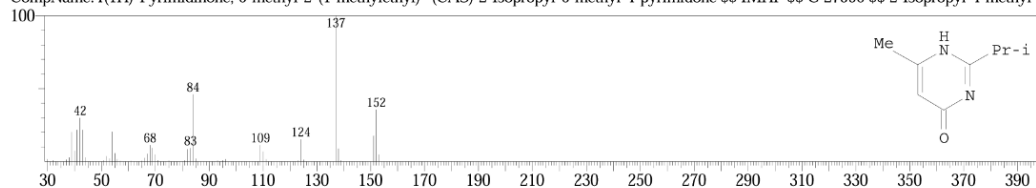
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

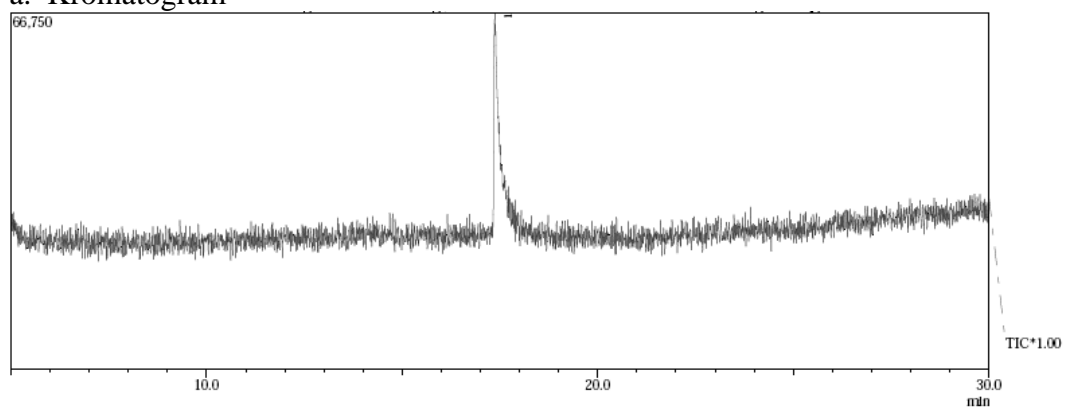
SI:65 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.1.8 3  $\mu$ L larutan diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 5 mg TiO<sub>2</sub>

a. Kromatogram



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	17.365	17.317	17.500	209601	100.00	37595
				209601	100.00	37595

## b. Spektra

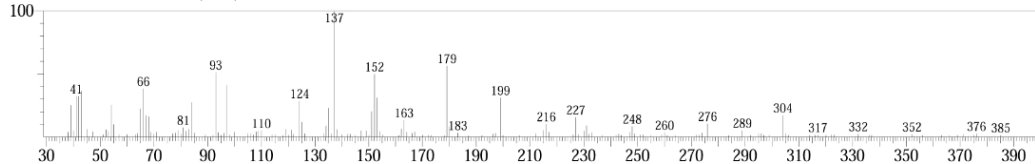
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.367(Scan#:1485) MassPeaks:153

RawMode:Single 17.367(1485) BasePeak:137.10(3453)

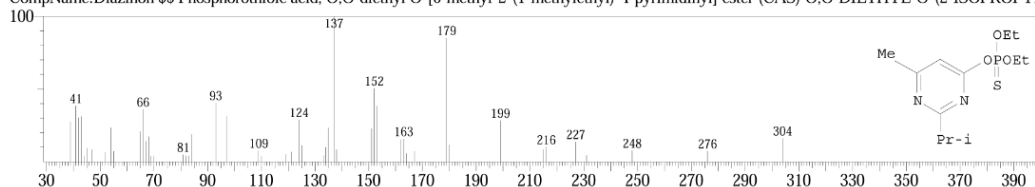
BG Mode:Peak Start 17.317(1479)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

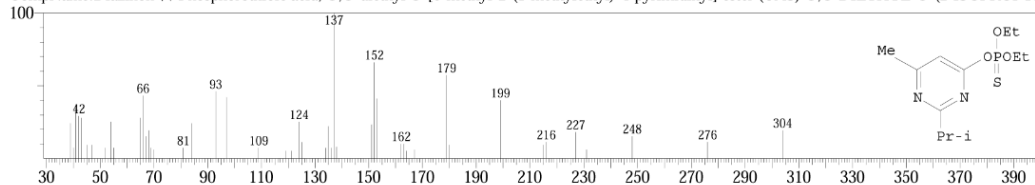
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

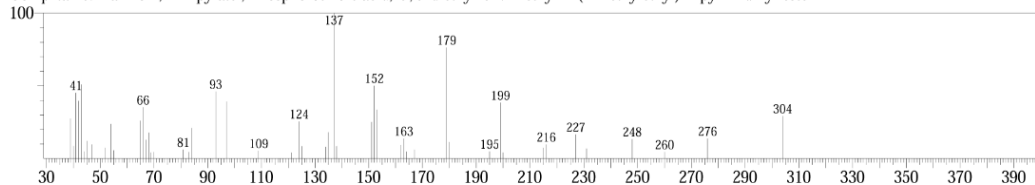
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:91 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

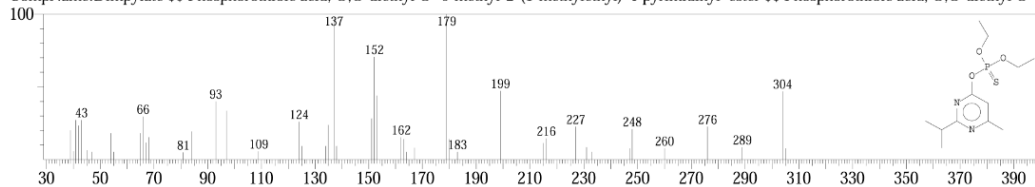
CompName:Diazinon ; Dimpylate : Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:87 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

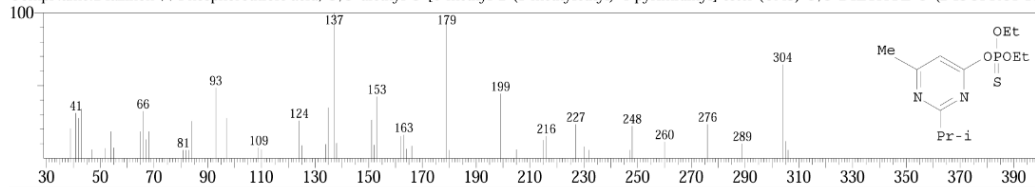
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(2-



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

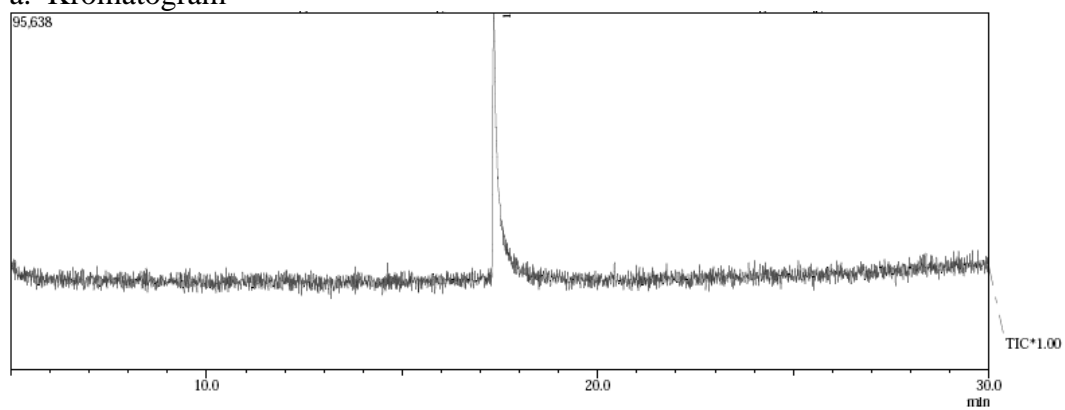
SI:86 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



C.1.9 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 10 g  $\text{L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 15 mg  $\text{TiO}_2$

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.343	17.292	17.492	350083	100.00	65901
				350083	100.00	65901

## b. Spektre

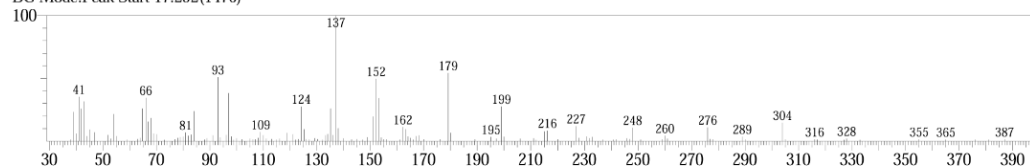
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.342(Scan#:1482) MassPeaks:135

RawMode:Single 17.342(1482) BasePeak:137.10(6073)

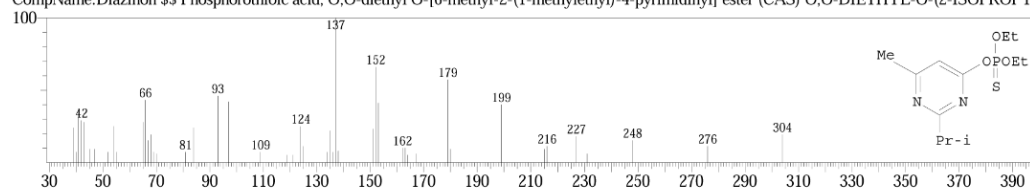
BG Mode:Peak Start 17.292(1476)



Hit#:1 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

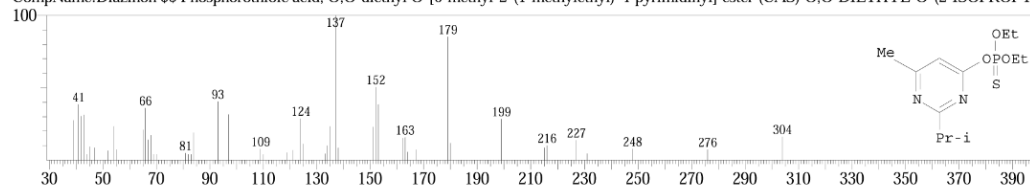
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

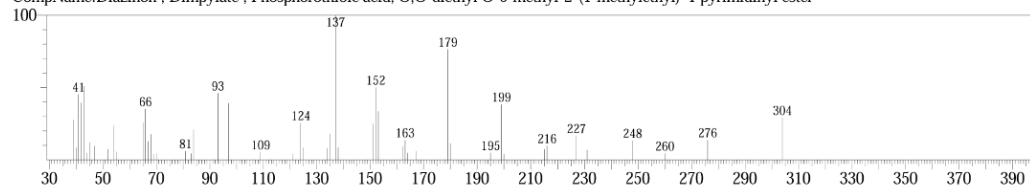
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:91 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

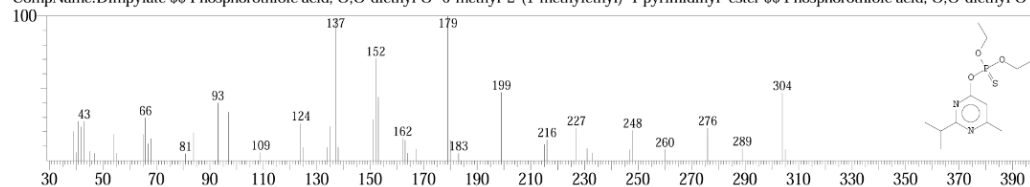
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:86 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

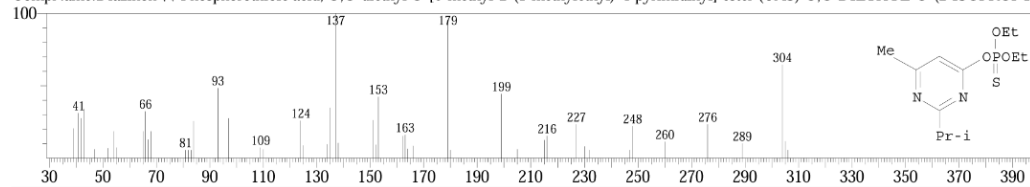
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

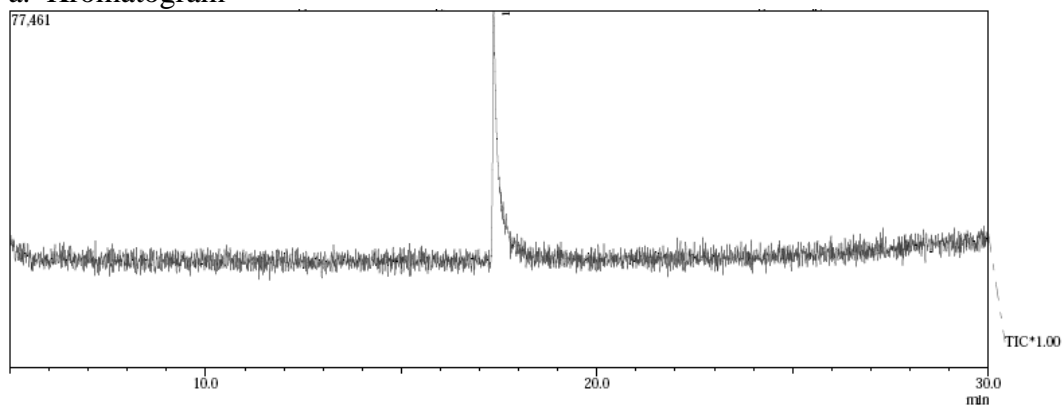
SI:85 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



C.1.10 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 10  $\text{g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 20 mg  $\text{TiO}_2$

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.357	17.300	17.442	182186	100.00	43149
				182186	100.00	43149

## b. Spektre

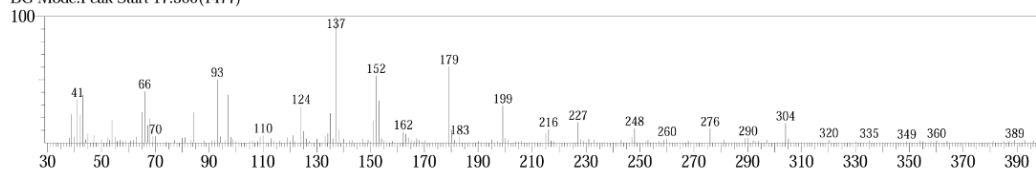
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.358(Scan#:1484) MassPeaks:143

RawMode:Single 17.358(1484) BasePeak:137.10(4506)

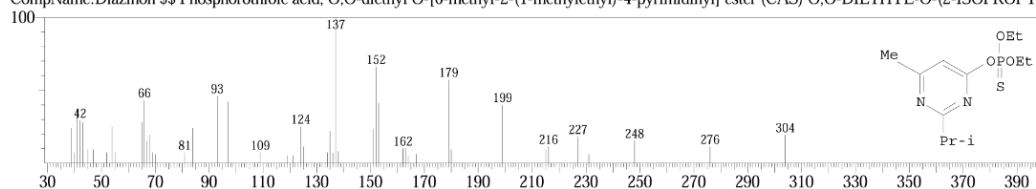
BG Mode:Peak Start 17.300(1477)



Hit#:1 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

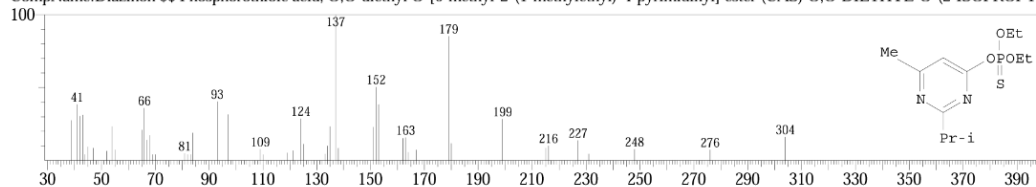
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

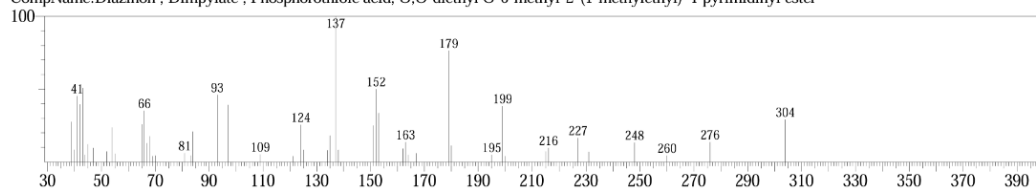
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:91 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

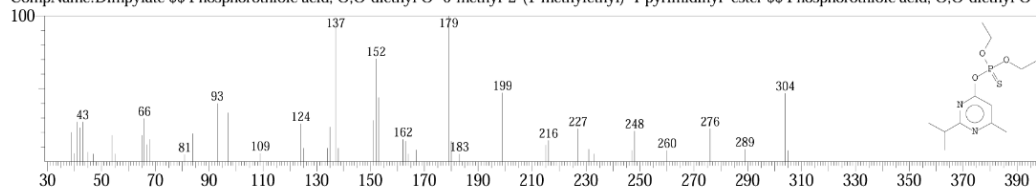
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:88 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

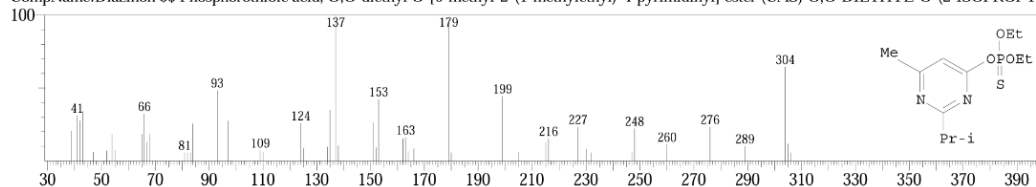
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

SI:85 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

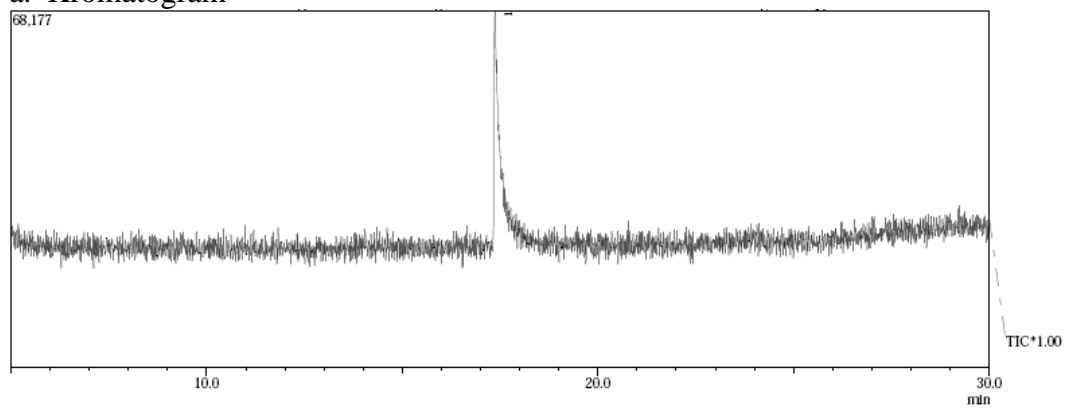
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL





C.1.11 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 10 g  $\text{L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi selama 60 menit dengan 25 mg  $\text{TiO}_2$

a. Kromatogram



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height
1	17.366	17.317	17.467	175089	100.00	37887
				175089	100.00	37887

## b. Spektre

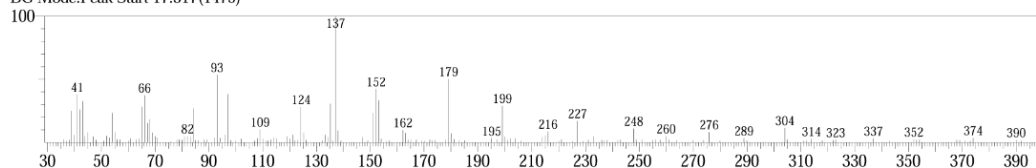
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.367(Scan#:1485) MassPeaks:157

RawMode:Single 17.367(1485) BasePeak:137.10(3664)

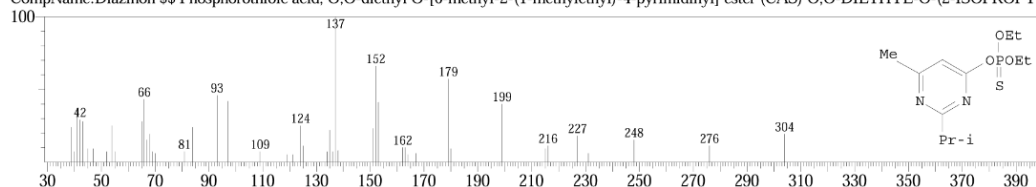
BG Mode:Peak Start 17.317(1479)



Hit#:1 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

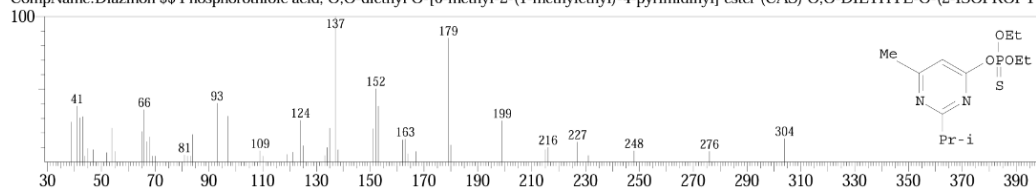
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

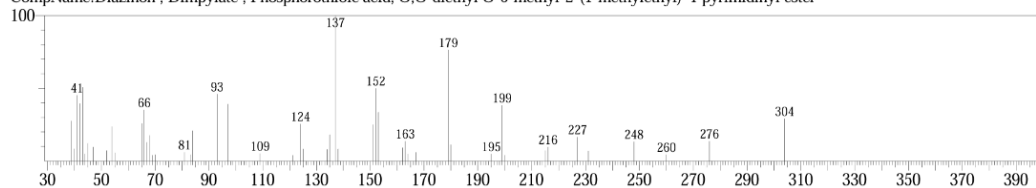
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:92 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

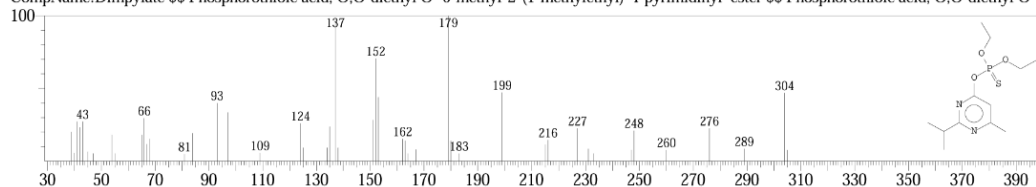
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:86 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

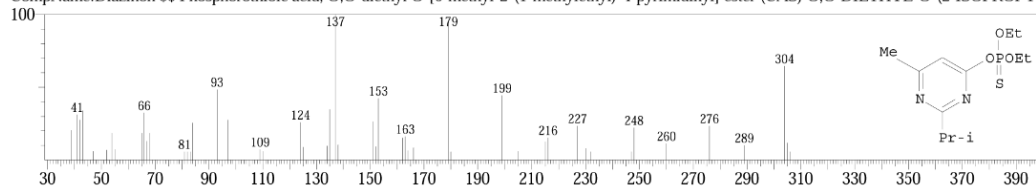
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(2-



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

SI:85 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

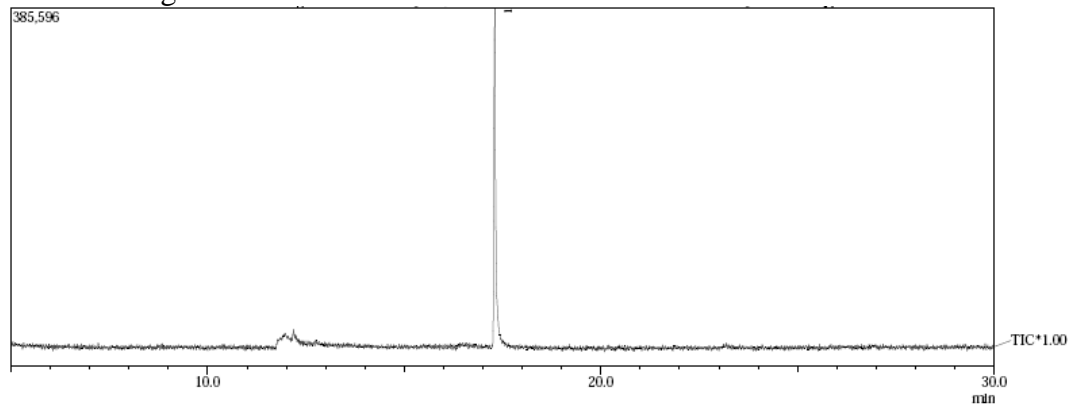
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



## C.2 Variasi Lama Penyinaran

C.2.1 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon 10 g L<sup>-1</sup> pH 7 setelah fotodegradasi dengan 5 mg TiO<sub>2</sub> selama 0 menit

### a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.299	17.250	17.400	1009139	100.00	358047
				1009139	100.00	358047

## b. Spektra

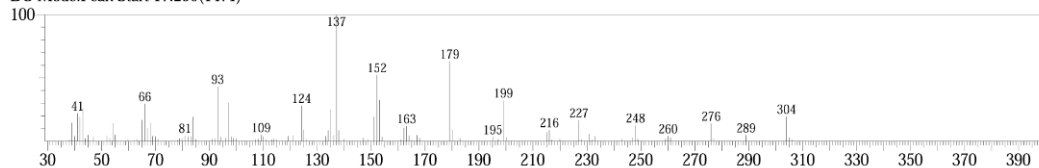
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.300(Scan#:1477) MassPeaks:101

RawMode:Single 17.300(1477) BasePeak:137.10(36071)

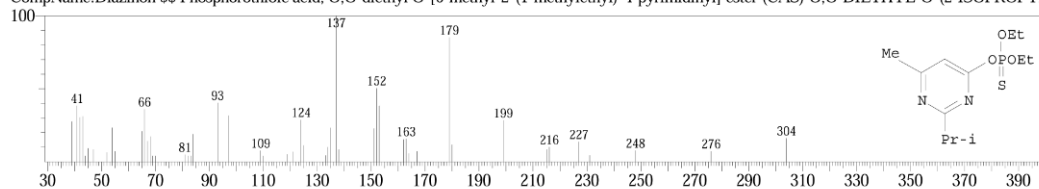
BG Mode:Peak Start 17.250(1471)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

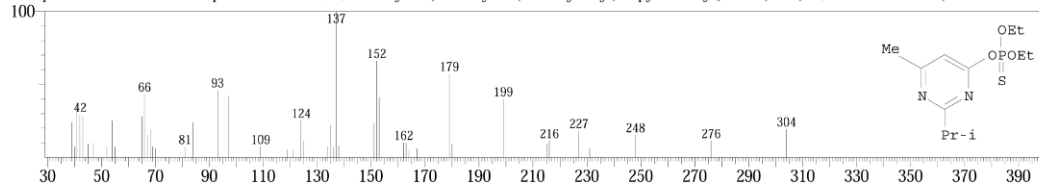
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

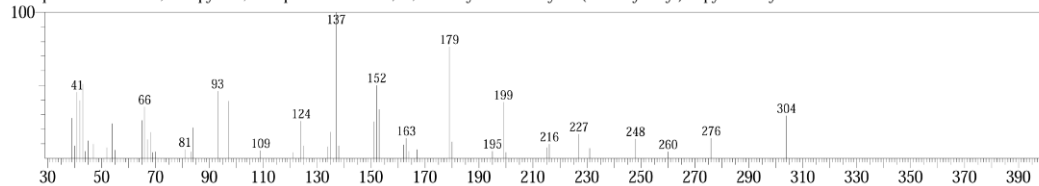
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:90 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

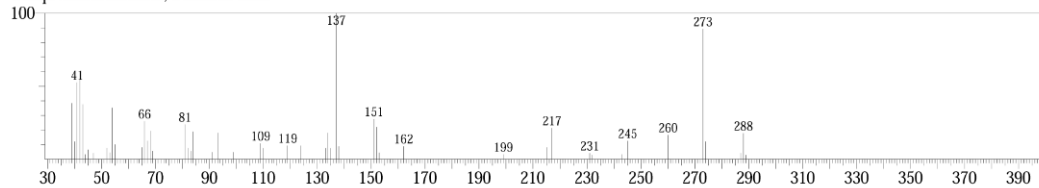
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:134 Library:PESTICD.LIB

SI:65 Formula:C12H21N2O4P CAS:962-58-3 MolWeight:288 RetIndex:0

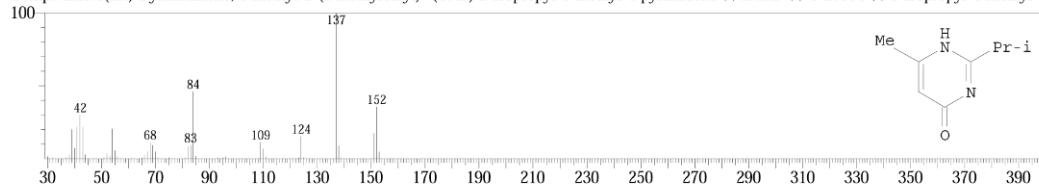
CompName:Diazoxon ; Diazinon oxon



Hit#:5 Entry:28961 Library:WILEY229.LIB

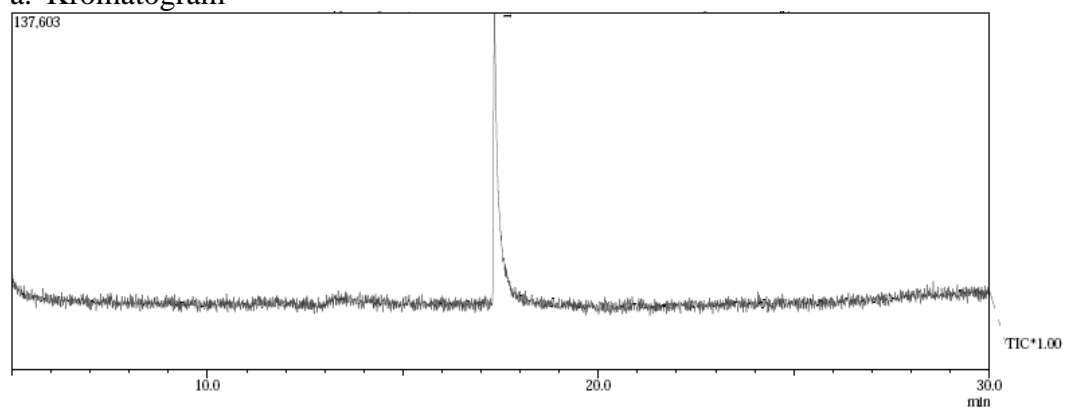
SI:63 Formula:C8 H12 N2 O CAS:2814-20-2 MolWeight:152 RetIndex:0

CompName:4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (CAS) 2-Isopropyl-6-methyl-4-pyrimidone \$\$ IMHP \$\$ G 27550 \$\$ 2-Isopropyl-4-methyl-6



C.2.2 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi dengan  $5 \text{ mg TiO}_2$  selama 60 menit

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.340	17.283	17.492	537280	100.00	104533
				537280	100.00	104533

## b. Spektra

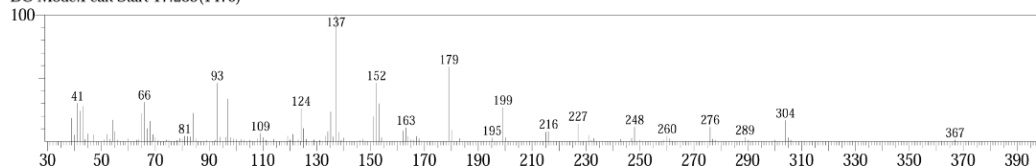
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.342(Scan#:1482) MassPeaks:110

RawMode:Single 17.342(1482) BasePeak:137.10(10704)

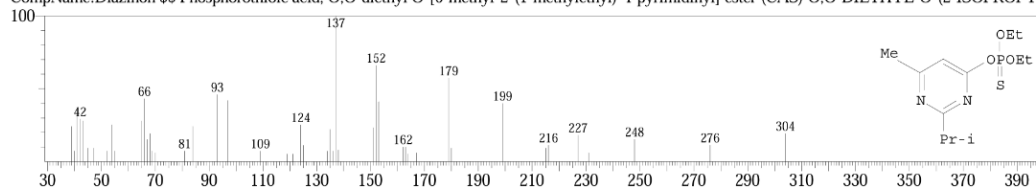
BG Mode:Peak Start 17.283(1475)



Hit#:1 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

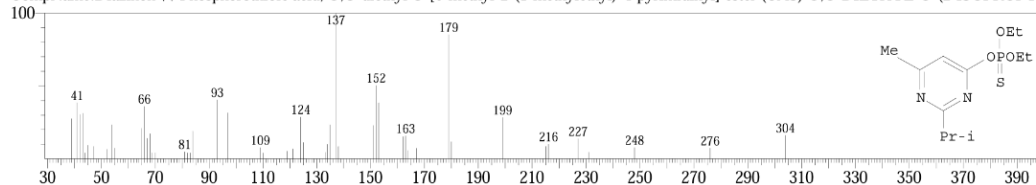
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

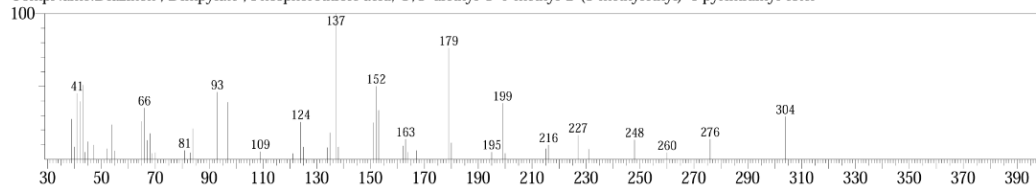
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:93 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

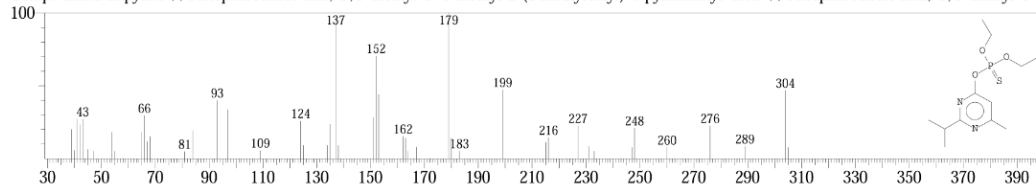
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:90 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

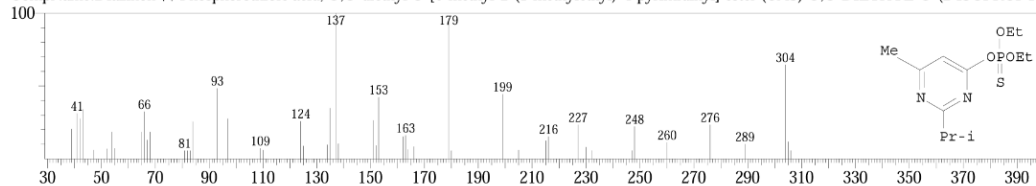
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

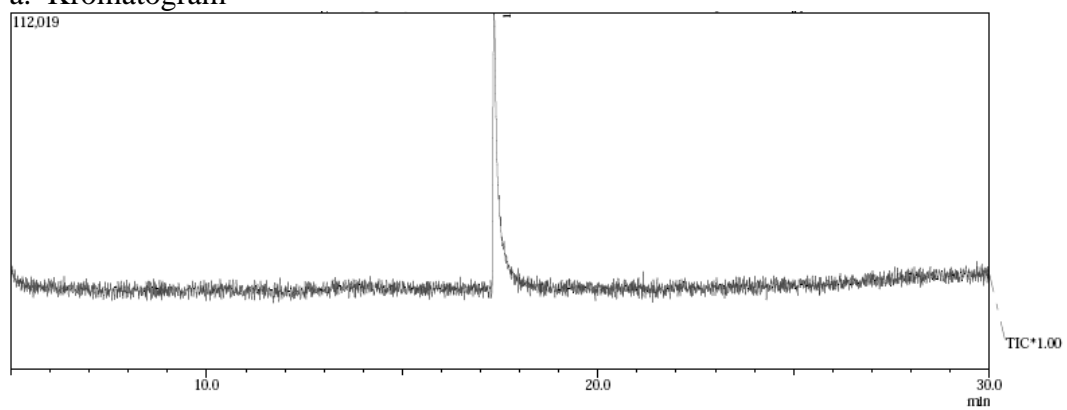
SI:87 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



C.2.3 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi dengan  $5 \text{ mg TiO}_2$  selama 90 menit

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.337	17.292	17.467	396075	100.00	80070
				396075	100.00	80070

## b. Spektra

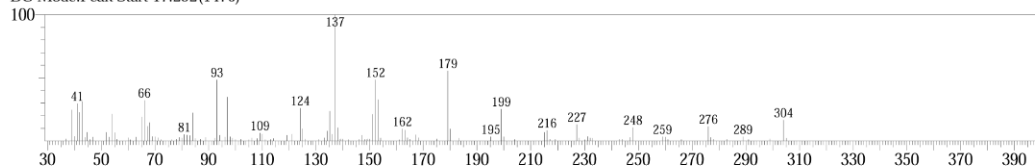
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.333(Scan#:1481) MassPeaks:120

RawMode:Single 17.333(1481) BasePeak:137.10(7824)

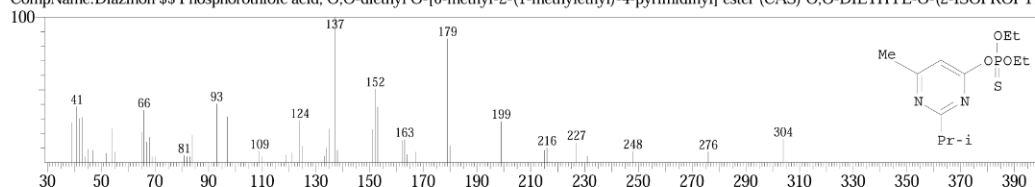
BG Mode:Peak Start 17.292(1476)



Hit#:1 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

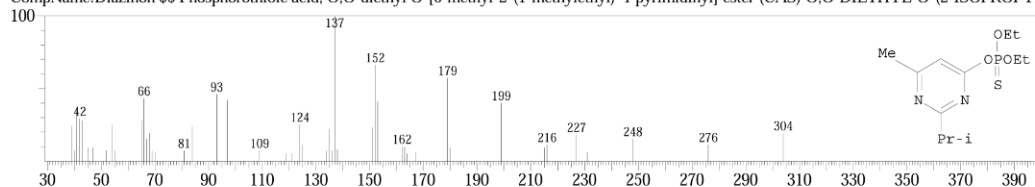
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

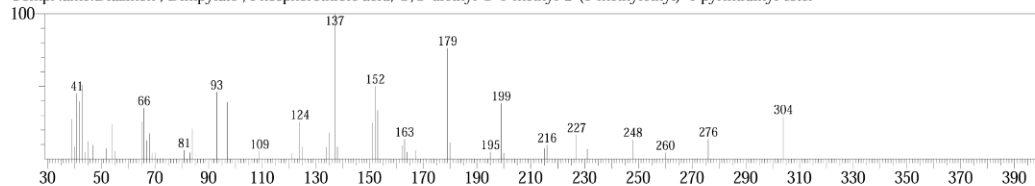
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:92 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

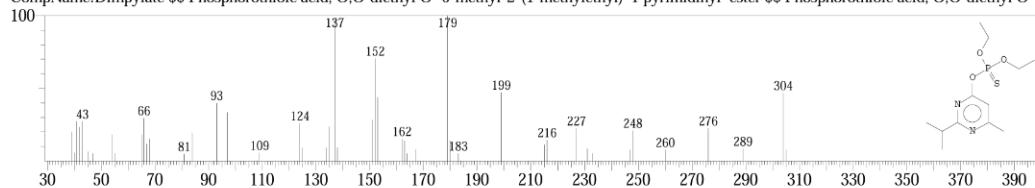
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:89 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

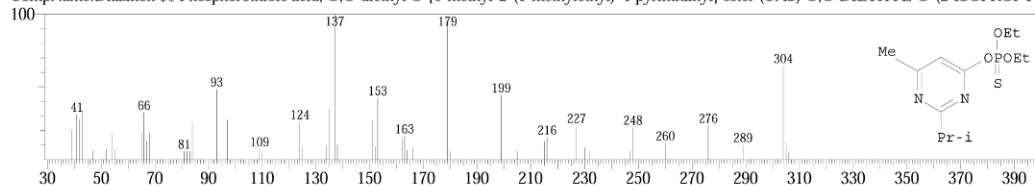
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(2-



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

SI:86 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

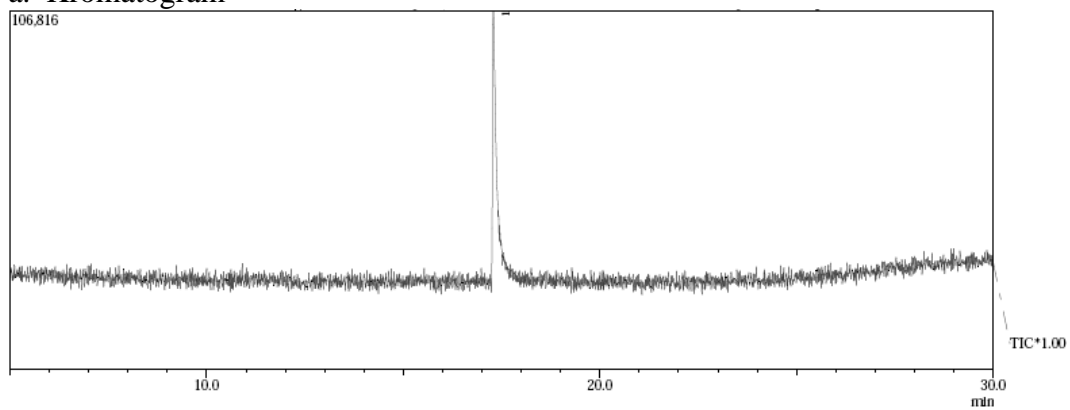
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL





C.2.4 3  $\mu\text{L}$  larutan diazinon  $10 \text{ g L}^{-1}$  pH 7 setelah fotodegradasi dengan  $5 \text{ mg TiO}_2$  selama 120 menit

a. Kromatogram



Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height Name
1	17.291	17.242	17.408	358538	100.00	76162
				358538	100.00	76162

## b. Spektra

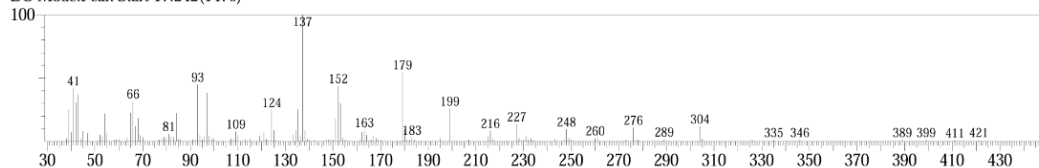
Library

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

Line#:1 R.Time:17.292(Scan#:1476) MassPeaks:125

RawMode:Single 17.292(1476) BasePeak:137.10(7395)

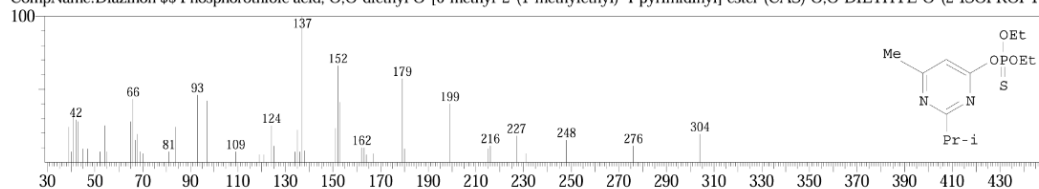
BG Mode:Peak Start 17.242(1470)



Hit#:1 Entry:147703 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

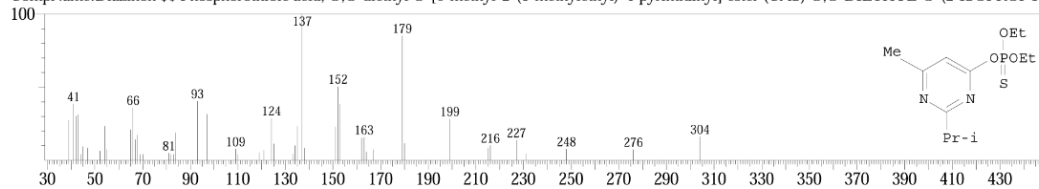
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:2 Entry:147702 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

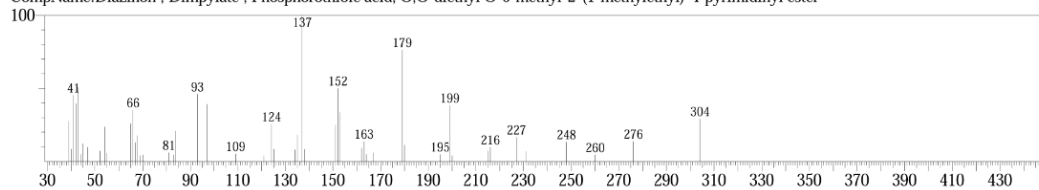
CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



Hit#:3 Entry:9 Library:PESTICD.LIB

SI:92 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

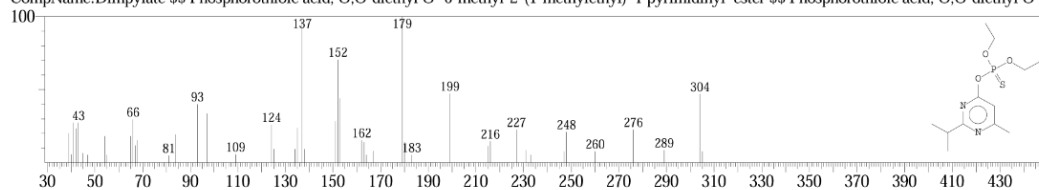
CompName:Diazinon ; Dimpylate ; Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester



Hit#:4 Entry:43362 Library:NIST62.LIB

SI:87 Formula:C12H21N2O3PS CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

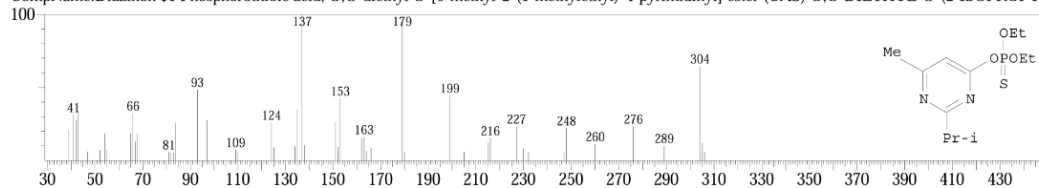
CompName:Dimpylate \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl ester \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(2-



Hit#:5 Entry:147705 Library:WILEY229.LIB

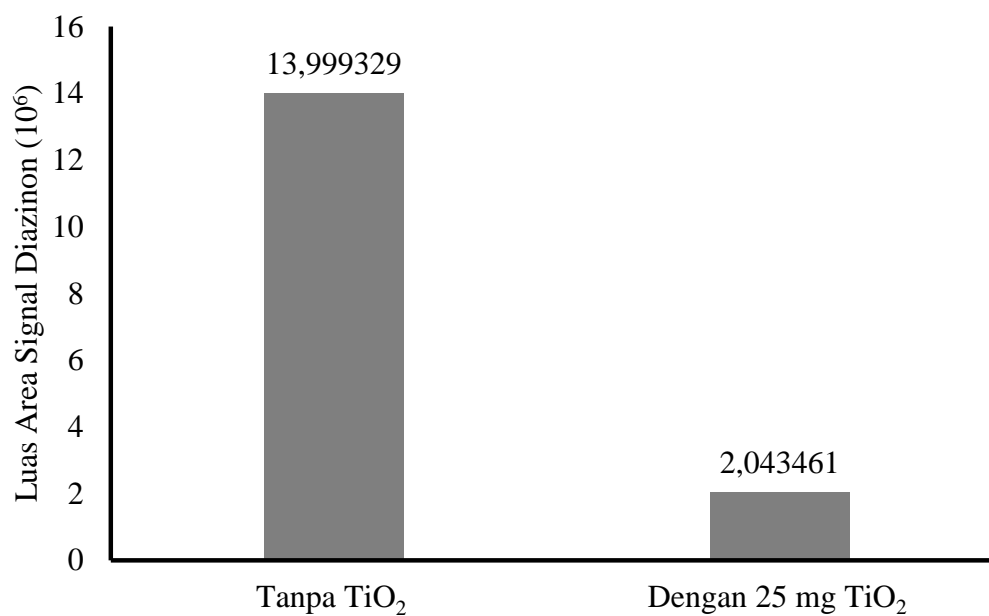
SI:84 Formula:C12 H21 N2 O3 P S CAS:333-41-5 MolWeight:304 RetIndex:0

CompName:Diazinon \$\$ Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl] ester (CAS) O,O-DIETHYL-O-(2-ISOPROPYL



**LAMPIRAN D.      PENGOLAHAN DATA****D.1 Variasi Massa TiO<sub>2</sub>****D.1.1 Pengaruh Adanya TiO<sub>2</sub> Terhadap Degradasi Diazinon**

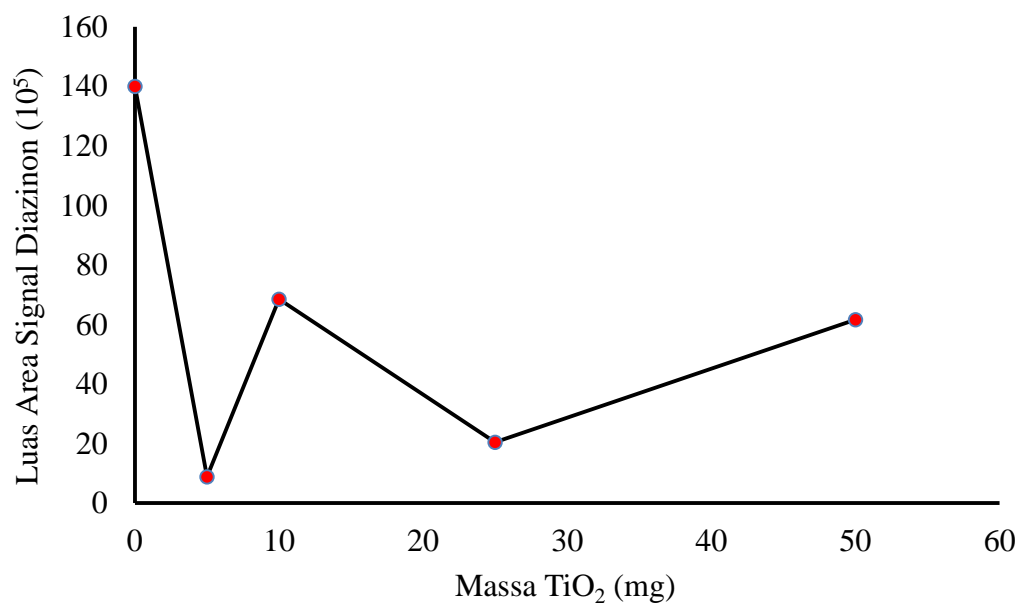
Variasi	Luas area signal diazinon	Waktu Retensi (menit)	Daftar Refrensi
Tanpa TiO <sub>2</sub>	13999329	17,416	Lampiran C.1.2 a
Dengan 25 mg TiO <sub>2</sub>	2043461	17,355	Lampiran C.1.5 a



D.1.2 Pengaruh Massa TiO<sub>2</sub>

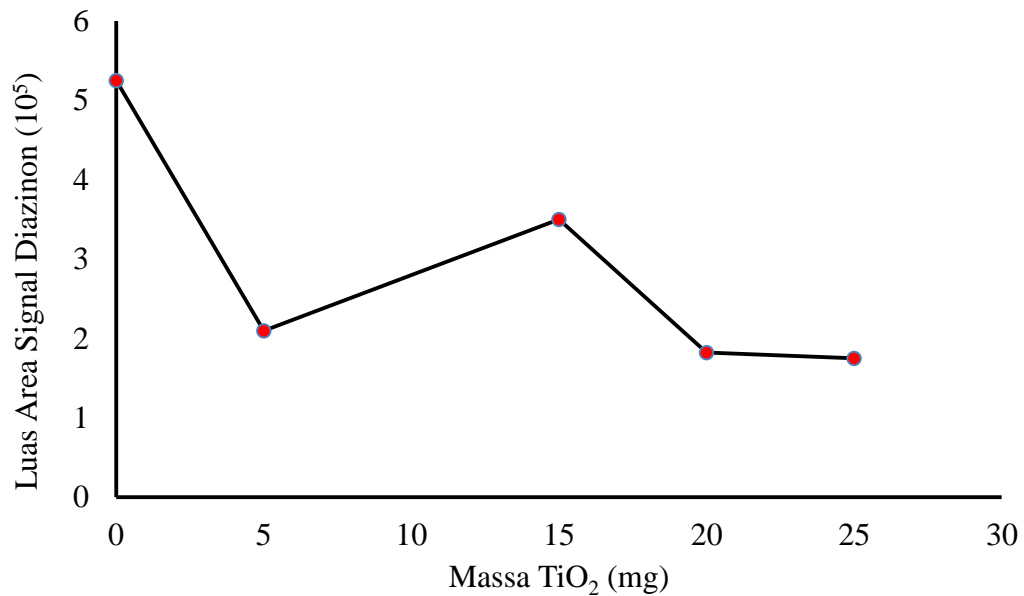
## a. Variasi Pertama

Variasi Massa TiO <sub>2</sub> (mg)	Luas Area Signal Diazinon	Waktu Retensi (menit)	Daftar Refrensi
0	13999329	17,416	Lampiran C.1.2 a
5	887847	17,319	Lampiran C.1.3 a
10	6850774	17,383	Lampiran C.1.4 a
25	2043461	17,355	Lampiran C.1.5 a
50	6160862	17,381	Lampiran C.1.6 a



## b. Variasi Kedua

Variasi Massa TiO <sub>2</sub> (mg)	Luas Area Signal Diazinon	Waktu Retensi (menit)	Daftar Refrensi
0	524991	17,295	Lampiran C.1.7 a
5	209601	17,365	Lampiran C.1.8 a
15	350083	17,343	Lampiran C.1.9 a
20	182186	17,357	Lampiran C.1.10 a
25	175089	17,366	Lampiran C.1.11 a



## D.2 Variasi Lama Penyinaran

Variasi Lama Penyinaran (menit)	Luas Area Signal Diazinon	Waktu Retensi (menit)	Daftar Refrensi
0	1009139	17,299	Lampiran C.2.1 a
60	537280	17,340	Lampiran C.2.2 a
90	396075	17,337	Lampiran C.2.3 a
120	358538	17,291	Lampiran C.2.4 a

Konsentrasi awal diazinon  $[M]_0$  adalah  $10 \text{ g L}^{-1}$  memiliki luas area signal 1.009.139. Konsentrasi setelah penyinaran dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$[M \text{ ppm}] = \frac{A_{\text{Akhir}}}{A_{\text{Awal}}} \times [M]_0$$

➤ Konsentrasi diazinon setelah 60 menit penyinaran

$$[M] = \frac{537280}{1009139} \times 10000 \text{ mg/L} = 5324,14 \text{ mg/L}$$

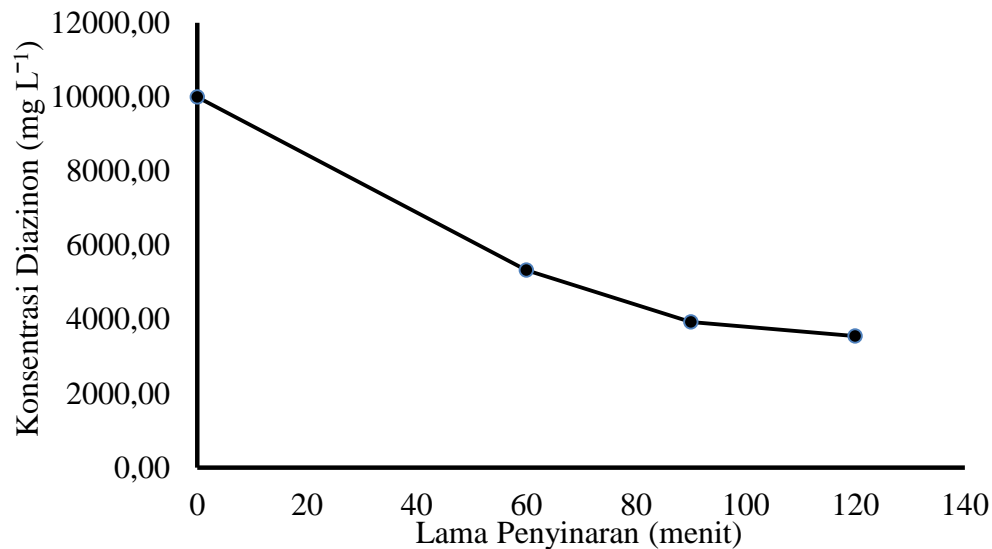
- Konsentrasi diazinon setelah 90 menit penyinaran

$$[M] = \frac{396075}{1009139} \times 10000 \text{ mg/L} = 3924,88 \text{ mg/L}$$

- Konsentrasi diazinon setelah 120 menit penyinaran

$$[M] = \frac{358538}{1009139} \times 10000 \text{ mg/L} = 3552,91 \text{ mg/L}$$

Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )
0	10000
60	5324,14
90	3924,88
120	3552,91



### D.3 Kinetika Degradasi Diazinon

#### D.3.1 Penentuan Orde Degradasi Diazinon dengan TiO<sub>2</sub>

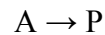
Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )
0	10000
60	5324,14
90	3924,88
120	3552,91

- a. Pseudo Orde 1

a)  $v = k[A]$

$$-\frac{\partial[A]}{\partial t} = k[A]$$

$$-\frac{\partial[A]}{[A]} = k \partial t$$



b)  $v = k[A]$

$$x_A = \left( \frac{[A]_0 - [A]_t}{[A]_0} \right) = 1 - \frac{[A]_t}{[A]_0}$$

$$[A]_t = [A]_0(1 - x_A)$$

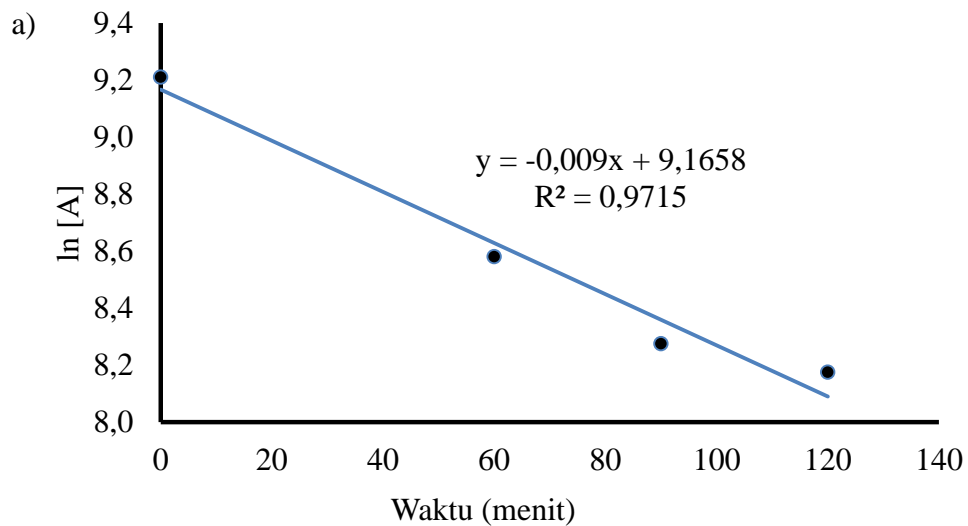
$$\begin{aligned}
 -\int_0^t \frac{\partial[A]}{[A]} &= k \int_0^t \partial t \\
 -[\ln[A]]_0^t &= k[t]_0^t \\
 -[\ln[A]_t - \ln[A]_0] &= k[t - 0] \\
 \ln[A]_t &= -k t + \ln[A]_0
 \end{aligned}$$

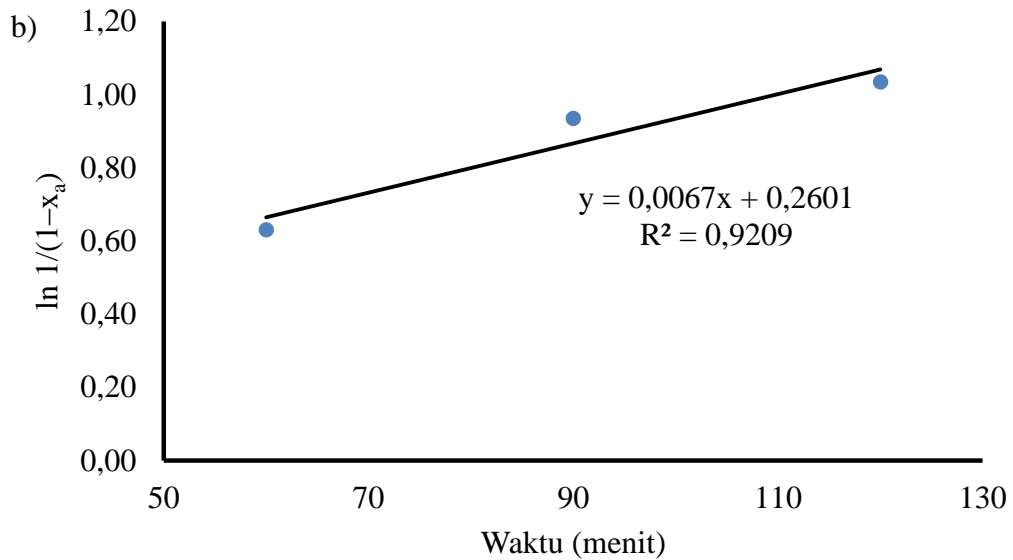
$$\begin{aligned}
 -\frac{\partial[A]}{\partial t} &= k[A] \\
 -\frac{\partial[A]}{[A]} &= k \partial t \\
 -\int_0^t \frac{\partial[A]}{[A]} &= k \int_0^t \partial t \\
 -[\ln[A]]_0^t &= k[t]_0^t \\
 -[\ln[A]_t - \ln[A]_0] &= k[t - 0] \\
 \left[ \ln \frac{[A]_0}{[A]_t} \right] &= k t \\
 \left[ \ln \frac{1}{(1 - x_A)} \right] &= k t
 \end{aligned}$$

a)	Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )	ln [Diazinon]
	0	10000	9,210
	60	5324,14	8,580
	90	3924,88	8,275
	120	3552,91	8,176

b)	Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )	$\ln\left(\frac{1}{1 - x_A}\right)$
	60	5324,14	0,630
	90	3924,88	0,935
	120	3552,91	1,035





Standar Error ( $S_e$ )

Persamaan a				Persamaan b			
X	Y	Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>	X	Y	Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>
0	9,210	9,1658	0,0020	60	0,630	0,6621	0,0010
60	8,580	8,6258	0,0021	90	0,935	0,8631	0,0052
90	8,275	9,3558	0,0065	120	1,035	1,0641	0,0009
120	8,176	8,0858	0,0081				
<b>n</b>	4	<b>S<sub>e</sub></b>	0,0966	<b>n</b>	3	<b>S<sub>e</sub></b>	0,0841

Pseudo Orde 2

a)  $v = k[A]^2$

$$-\frac{\partial[A]}{\partial t} = k[A]^2$$

$$-\frac{\partial[A]}{[A]^2} = k \partial t$$

$$-\int_0^t \frac{\partial[A]}{[A]^2} = k \int_0^t \partial t$$

$$-\left[-\frac{1}{[A]}\right]_0^t = k[t]_0^t$$

$$\left[\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0}\right] = k[t - 0]$$

A → P

b)  $v = k[A]^2$

$$x_A = \left(\frac{[A]_0 - [A]_t}{[A]_0}\right) = 1 - \frac{[A]_t}{[A]_0}$$

$$[A]_t = [A]_0(1 - x_A)$$

$$-\frac{\partial[A]}{\partial t} = k[A]^2$$

$$-\frac{\partial[A]}{[A]^2} = k \partial t$$

$$-\int_0^t \frac{\partial[A]}{[A]^2} = k \int_0^t \partial t$$



$$\frac{1}{[A]_t} = k t + \frac{1}{[A]_0}$$

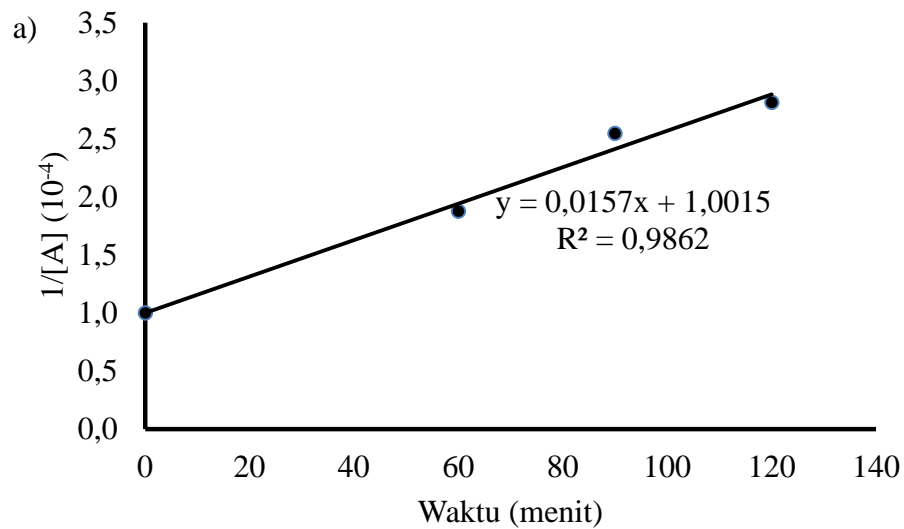
$$-\left[-\frac{1}{[A]}\right]_0^t = k[t]_0^t$$

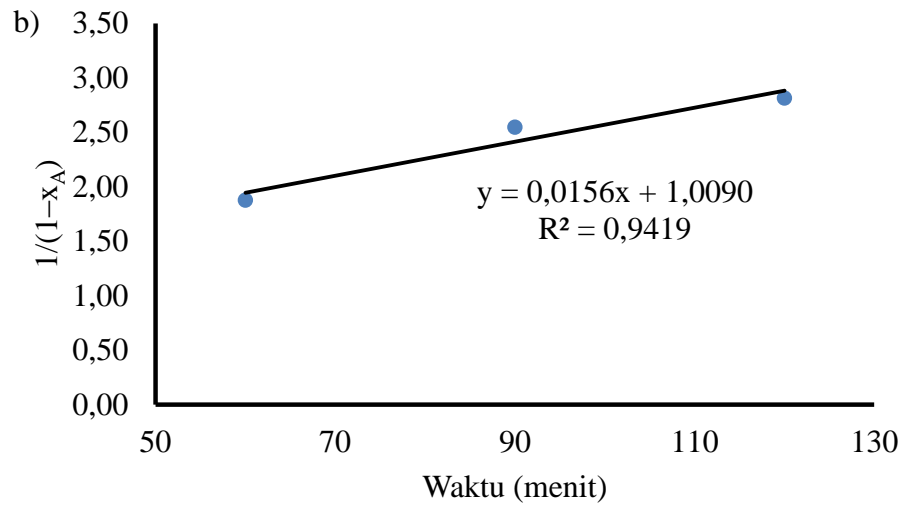
$$\left[\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0}\right] = k[t - 0]$$

$$\frac{1}{[A]_t} = k t + \frac{1}{[A]_0}$$

$$\frac{1}{(1 - x_A)} = [A]_0 k t + 1$$

a)	Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )	[Diazinon] <sup>-1</sup>
	0	10000	0,0001
	60	5324,14	0,000188
	90	3924,88	0,000255
	120	3552,91	0,000281
b)	Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon (mg L <sup>-1</sup> )	$\frac{1}{1 - x_A}$
	60	5324,14	1,878
	90	3924,88	2,548
	120	3552,91	2,815





Standar Error ( $S_e$ )

Persamaan a				Persamaan b			
X	Y ( $10^{-4}$ )	Y' ( $10^{-4}$ )	(Y-Y') <sup>2</sup>	X	Y	Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>
0	1,00	1,00	$2,25 \times 10^{-14}$	60	1,878	1,9450	0,0045
60	1,88	1,94	$4,26 \times 10^{-11}$	90	2,548	2,4130	0,0182
90	2,55	2,41	$1,78 \times 10^{-10}$	120	2,815	2,8810	0,0044
120	2,81	2,89	$5,03 \times 10^{-11}$				
<b>n</b>	4	<b>S<sub>e</sub></b>	$1,16 \times 10^{-5}$	<b>n</b>	3	<b>S<sub>e</sub></b>	0,1645

Persamaan	Pseudo Orde 1		Pseudo Orde 2	
	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>	R <sup>2</sup>	S <sub>e</sub>
<b>a</b>	0,9715	0,0966	0,9862	$1,16 \times 10^{-5}$
<b>b</b>	0,9209	0,0841	0,9419	0,1645

### D.3.2 Penentuan Komponen Kinetika Degradasi Diazinon Terkatalis TiO<sub>2</sub> dengan Model Persamaan Ho



$$\frac{\partial q_t}{\partial t} = k(q_e - q_t)^2$$

$$\frac{\partial q_t}{(q_e - q_t)^2} = k \partial t$$

$$\int_0^t \frac{\partial q_t}{(q_e - q_t)^2} = k \int_0^t \partial t$$

$$\begin{aligned} \left( -\int_0^t \frac{\partial(-q_t)}{(q_e - q_t)^2} \right) &= k \int_0^t \partial t \\ -\int_0^t \frac{\partial(-q_t + q_e)}{(q_e - q_t)^2} &= k \int_0^t \partial t \\ -\int_0^t \frac{\partial(q_e - q_t)}{(q_e - q_t)^2} &= k \int_0^t \partial t \\ \left[ \frac{1}{(q_e - q_t)} \right]_0^t &= k [t]_0^t \\ \frac{1}{(q_e - q_t)} - \frac{1}{q_e} &= -k t \\ \frac{q_e - (q_e - q_t)}{(q_e^2 - q_t q_e)} &= -k t \\ q_t &= ktq_e^2 + q_t q_e kt \\ q_t - q_t q_e kt &= ktq_e^2 \\ (1 - q_e kt)q_t &= ktq_e^2 \\ \frac{q_t}{t} &= \frac{kq_e^2}{(1 - q_e kt)} \\ \frac{t}{q_t} &= \frac{(1 - q_e kt)}{kq_e^2} \\ \frac{t}{q_t} &= \frac{1}{q_e} t - \frac{1}{kq_e^2} \end{aligned}$$

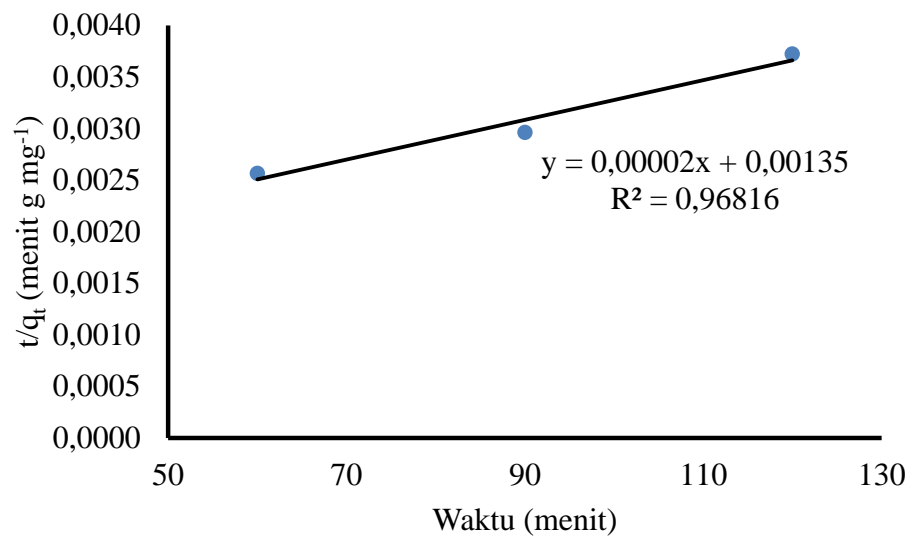
$q_t$  = Kapasitas absorpsi awal saat setimbang ( $\text{mg g}^{-1}$ )

di mana  $q_t = \frac{([A]_0 - [A]_t) \cdot V}{W}$

V = volume larutan yang digunakan (L)

W = massa  $\text{TiO}_2$  (g)

Variasi Lama Penyinaran (menit)	Konsentrasi Diazinon ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$q_t$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )	$t/q_t$ s $\text{mg g}^{-1}$
0	10000,00		
60	5324,14	23379,29	$2,6 \times 10^{-3}$
90	3924,88	30375,60	$3,0 \times 10^{-3}$
120	3552,91	32235,45	$3,7 \times 10^{-3}$



Standar Error ( $S_e$ )

Persamaan b			
X	Y	Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>
60	$2,6 \times 10^{-3}$	0,0026	$2,68 \times 10^{-10}$
90	$3,0 \times 10^{-3}$	0,0032	$3,50 \times 10^{-8}$
120	$3,7 \times 10^{-3}$	0,0038	$7,50 \times 10^{-10}$
n	3	$S_e$	$1,90 \times 10^{-4}$

$$q_e = \frac{1}{m} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \cdot 10^4 \text{ mg/g}$$

$$k = \frac{1}{0,0013 \cdot q_e^2} = 3,08 \times 10^{-7} \text{ g/mg menit}$$