



**SINTESIS KOMPOSIT TiO_2 -KARBON AKTIF
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL UNTUK
DEGRADASI PESTISIDA DIAZINON**

SKRIPSI

Oleh
Dwi Putri Salsabillah
171810201049

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**SINTESIS KOMPOSIT TiO₂-KARBON AKTIF
MENGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL UNTUK
DEGRADASI PESTISIDA DIAZINON**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh
Dwi Putri Salsabillah
171810201049

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

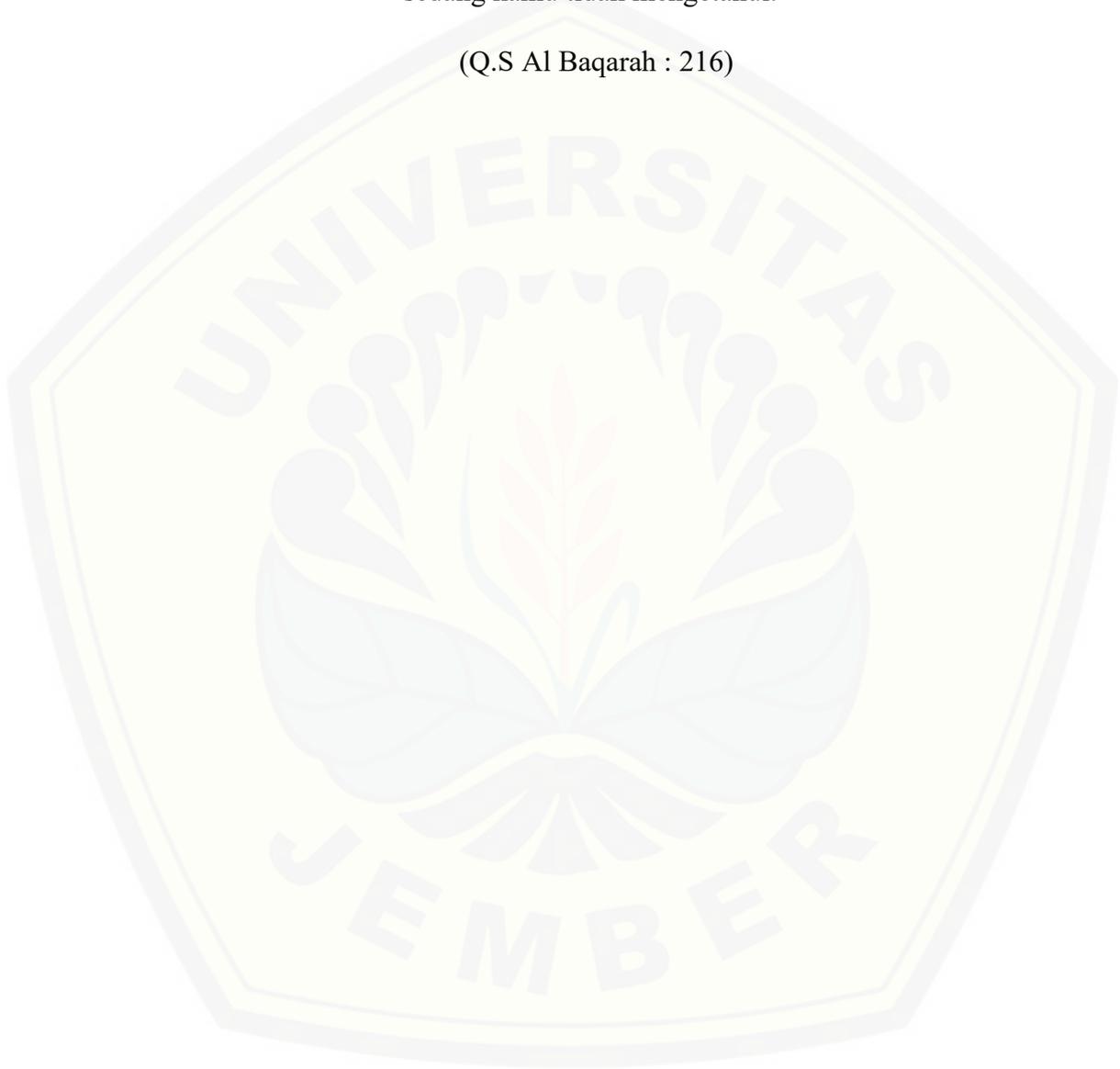
Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT yang Maha Kuasa karena telah memberikan nikmat yang begitu besar serta kemudahan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Ayah Mujayadi (Alm) dan Ibu Sri Indayati serta kakak saya Cridho Tristian Anggoro yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun materi, serta memberikan doa dan kepercayaan;
2. Para guru sejak Taman Kanak-Kanak hingga Sekolah Menengah Atas dan Para Dosen di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmunya dengan penuh keikhlasan;
3. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal itu amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal itu amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S Al Baqarah : 216)



Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. Mushaf Al Qur'an dan Terjemahannya. Jakarta : CV. Pustaka Al-Kautsar.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Putri Salsabillah

NIM : 171810201049

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Degradasi Pestisida Diazinon” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, Juli 2021
Yang menyatakan,

Dwi Putri Salsabillah
NIM 171810201049

SKRIPSI

**SINTESIS KOMPOSIT TiO₂-KARBON AKTIF
MENGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL UNTUK DEGRADASI
PESTISIDA DIAZINON**

Oleh
Dwi Putri Salsabillah
171810201049

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Sujito, Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Degradasi Pestisida Diazinon” karya Dwi Putri Salsabillah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.
NIP. 197301152000031001

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

Anggota II,

Anggota III,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.
NIP. 197003271997022001

Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.
NIP. 196912251999031001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
NIP 195910091986021001

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki jumlah penduduk lebih dari 271 juta jiwa. Selain itu, Indonesia merupakan negara agraris karena sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian. Sektor pertanian memiliki peranan yang sangat penting dalam meningkatkan perekonomian dan memenuhi kebutuhan pangan. Untuk meningkatkan kebutuhan pangan perlu adanya sebuah usaha untuk meningkatkan mutu (kualitas) dan jumlah (kuantitas) hasil produksi pertanian yaitu dengan penggunaan pestisida. Penggunaan pestisida telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kegiatan petani dan sektor pertanian. Pestisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan hama pada tanaman (Tarumingkeng, 2008).

Keberadaan senyawa organik pestisida yang terkandung dalam air tanah, air permukaan, air sisa limbah pertanian merupakan bahan kimia beracun dan berbahaya (B3) dan termasuk polutan organik yang persisten (persistensi organik polutan / POPs). Pencemaran organik dari pestisida yang ditemukan di alam dapat merugikan makhluk hidup dan lingkungan, sementara proses biodegradasi alamiah berjalan dengan sangat lambat seiring dengan penumpukan residu yang disebabkan oleh senyawa organik yang telah digunakan secara luas sebagai herbisida, insektisida, dan pengatur pertumbuhan tanaman yang terakumulasi dalam air (Andesgur, 2019).

Pestisida organofosfat merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan, terutama di perkebunan dan pertanian. Jenis pestisida organofosfat yang sangat luas penggunaannya merupakan salah satu yang terbuat dari bahan aktif diazinon karena mudah didapat dan efektif membunuh hama pada tanaman padi, jagung, kentang dan buah-buahan (Aggarwal *et al.*, 2013). Namun, pemanfaatan yang berkelanjutan menyebabkan penyebaran konsentrasi dan kuantitas pestisida di lingkungan semakin meningkat. Pestisida jenis ini sangat beracun dan berbahaya terutama bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Karanth, 2014). Bahkan apabila terkontaminasi melalui makanan dan minuman dapat menyebabkan

keracunan dan kematian. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengurangan atau penurunan konsentrasi limbah dan residu pestisida organofosfat yang terdapat di lingkungan.

Beberapa penelitian dengan banyak cara telah dilakukan untuk menangani senyawa organik yang terkandung dalam pestisida termasuk biodegradasi (Kurade *et al.*, 2016), adsorpsi (Moussavi *et al.*, 2013), maupun filtrasi membran dan oksidasi elektrokimia (Lazarevic-Pasti *et al.*, 2013). Cara lainnya yang relatif murah dan sederhana adalah proses fotokatalisis menggunakan material semikonduktor (Fatimah *et al.*, 2014; Widihati *et al.*, 2011). Dengan proses fotokatalisis ini, limbah pestisida dapat terurai menjadi komponen yang lebih sederhana dan aman terhadap lingkungan (Gunlazuardi, 2001).

Fotokatalisis merupakan suatu reaksi kimia yang melibatkan energi cahaya dan katalis sebagai mempercepat reaksi tersebut. Suatu bahan yang dapat dijadikan fotokatalis jika mempunyai daerah energi kosong yang disebut celah pita energi (*energi band gap*). Fotokatalis yang sering digunakan dalam proses fotokatalisis adalah TiO_2 yang bersifat stabil dan memiliki aktivitas katalisis yang baik. Cara untuk meningkatkan aktivitas fotokatalisis TiO_2 adalah dengan menempelkan material TiO_2 di permukaan adsorben, adsorben yang dapat digunakan yaitu seperti karbon aktif. Karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang tinggi untuk menjerap senyawa diazinon dipermukaannya kemudian senyawa diazinon tersebut dapat didegradasi oleh TiO_2 . Penambahan karbon aktif dinilai efisien sebagai material penyangga karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi, harganya relatif murah, dan memiliki luas permukaan yang besar dan kinerja adsorpsi yang baik (Misbakhuddin, 2010). Penggunaan karbon aktif sebagai penyangga dapat menjerap banyak polutan organik sesuai dengan jumlah TiO_2 yang ditambahkan, sehingga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalisis. Pada penelitian ini adsorben yang akan digunakan adalah karbon aktif yang berasal dari tempurung kelapa.

Beberapa penelitian mengenai karbon aktif sebagai adsorben telah banyak dilakukan salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Pausova *et al.* (2019), material komposit TiO_2 -Karbon Aktif dibuat dengan berbagai variasi rasio

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pestisida Diazinon

Pestisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk membasmi atau mengendalikan berbagai jenis hama. Pestisida terbagi menjadi dua kata bahasa Inggris yaitu *pest* berarti hama dan *cida* berarti pembunuhan. Hama yang sering kali ditemukan kerugian penggunaan pada tanaman pertanian adalah munculnya residu pestisida pada tanaman (sayuran, umbi-umbian, buah-buahan). Selain itu, sebagian besar residu pestisida menumpuk di dalam tanah. Residu pestisida dapat bertahan lama di dalam tanah hingga beberapa tahun tergantung jenis pestisida. Residu pestisida dapat mempengaruhi kehidupan tanah, terakumulasi di tubuh hewan, dan menyebar dari hewan ke hewan selain itu menyebar melalui rantai makanan. Kondisi dimana residu pestisida terakumulasi di dalam tubuh disebut bioakumulasi. (Hardjowigeno, 2003).

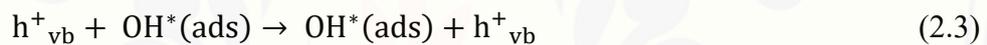
Menurut Russel *et al.* (1968) pada dasarnya degradasi pestisida di lingkungan dapat berlangsung melalui tiga cara yaitu :

- a. Degradasi kimia yang dipengaruhi oleh adanya senyawa kimia tertentu di lingkungan.
- b. Degradasi mikrobial yang dipengaruhi oleh mikroorganisme.
- c. Degradasi fotokimia yang dipengaruhi oleh cahaya.

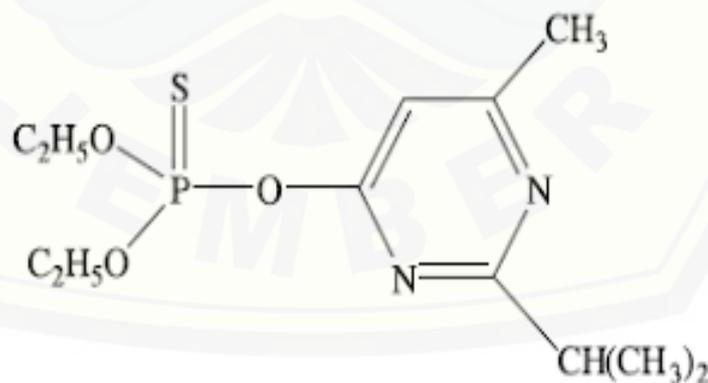
Kecepatan degradasi pestisida sangat dipengaruhi oleh senyawa organik maupun anorganik yang ada di dalam tanah.

Menurut Burrows *et al.* (2002) dan Linsebigler *et al.* (1995) secara teoritik mekanisme fotodegradasi pada pestisida diazinon terjadi karena TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang memiliki pita valensi dan pita konduksi. Hal ini akan menyebabkan ketika semikonduktor TiO_2 dikenai sinar UV yang memiliki energi lebih besar atau sama dengan energi celah pita semikonduktor TiO_2 , maka elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Sehingga menghasilkan elektron (e^-_{cb}) pada pita konduksi dan menghasilkan *hole* (h^+_{vb}) pada pita valensi. Selanjutnya *hole* akan bereaksi H_2O membentuk radikal

hidroksil (OH^*) dan elektron akan bereaksi dengan O_2 membentuk radikal superoksida (O_2^*). Radikal hidroksil dan radikal superoksida yang terbentuk akan mengoksidasi diazinon dalam larutan. Radikal-radikal ini akan terus menerus terbentuk selama sinar UV masih mengenai TiO_2 dan akan menyerang diazinon yang ada pada permukaan katalis sehingga diazinon mengalami degradasi. Sehingga semakin lama penyinaran maka *hole* dan elektron yang terbentuk akan semakin banyak sehingga reaksi degradasi diazinon semakin banyak terjadi. Fotodegradasi diazinon menggunakan fotokatalis TiO_2 terjadi melalui proses adsorpsi secara simultan disertai dengan proses oksidasi fotokatalitik terhadap diazinon. Reaksi fotokatalitik terhadap diazinon dapat dituliskan sebagai berikut:



Diazinon mulai dikenal petani Indonesia sejak tahun 1970-an, ketika program intensifikasi pertanian diperkenalkan di Indonesia. Diazinon memiliki struktur dan nama kimia seperti terlihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.1



Gambar 2.1 Struktur kimia diazinon (Sumber: The National Regulation Authority, 2002)

Tabel 2.1 Nama dan struktur diazinon

Nama IUPAC	Diethoxy – [(2-isopropyl-6-methyl-4-pyrimidinyl) oxy] – thioxophosphorane
Nama lain	O,O-Diethyl-O-(2-Isopropyl-6-methyl-pyrimidine-4-yl)phosphorothioate
Molecular formula	C ₁₂ H ₂₁ N ₂ O ₃ PS
Molar mass	304,35 g/mol
Apperance	Colorless to dark brown liquid
Data ini di dapat pada kondisi standar (suhu 25°C, dengan 100 kPa)	

(Sumber : Sumansyah *et al.*, 2013)

Pestisida organik sintetik yang umum digunakan para petani hingga saat ini adalah jenis pestisida organofosfat seperti diazinon. Dari segi lingkungan, ketidakstabilan senyawa organofosfat seperti pestisida diazinon menyebabkan kesinambungan dari senyawa ini lebih rendah daripada organoklorin, sehingga dalam hal penggunaan secara bertahap pestisida organoklorin akan tergantikan oleh pestisida organofosfat. Pestisida sintetik merupakan pestisida beracun yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti serangga, gulma, patogen dan jasad pengganggu lainnya. Pemberian pestisida pada suatu tanaman, merupakan aplikasi perkembangan teknologi yang diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas, membuat pertanian lebih efisien dan ekonomis. Namun, di sisi lain penggunaan pestisida yang berlebihan dan terus-menerus pada setiap musim tanam akan berpotensi menyebabkan residu pestisida akan terakumulasi dalam produk pertanian, pencemaran pada lingkungan pertanian dan perairan, penurunan produktivitas serta keracunan pada manusia dan hewan (Djojsumarto, 2009).

2.2 Semikonduktor TiO₂

Titanium dioksida memiliki beberapa nama lain diantaranya *titanium anhydride*, anhidrida asam titanium atau titania dengan rumus kimia TiO₂. TiO₂ ditemukan pertama kalinya pada tahun 1821 sehingga pada tahun 1916 telah dikomersialkan sebagai zat pewarna putih. Titanium dioksida merupakan senyawa dioksida berwarna putih yang tidak beracun dan tahan karat. Selain itu, semikonduktor TiO₂ dapat digunakan dalam detoksifikasi dan remediasi pada air limbah (Indragini, 2011).

Konfigurasi elektron atom titanium (${}_{22}\text{Ti}$) adalah $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^2$. Sementara atom oksigen (${}_{8}\text{O}$) yaitu $1s^2, 2s^2, 2p^4$. Secara sederhana orbital molekul TiO_2 terbentuk antara ikatan kulit $3d$ Ti dengan kulit $2p$ O. Tingkat energi kulit $3d$ menjadi daerah konduktif molekul sedangkan kulit $2p$ menjadi daerah valensi molekul (Isnaeni *et al.*, 2011). Seiring berjalannya waktu TiO_2 sering digunakan sebagai fotokatalis pada reaksi degradasi polutan organik, seperti zat warna (Lucarelli *et al.*, 2000), pestisida (Konstantinou *et al.*, 2001), senyawa fenolik (Matos *et al.*, 2001) dan asam-asam karboksilat seperti asam oksalat serta asam malat (Ruhayatun, 2007).

TiO_2 merupakan salah satu material fotokatalis yang aktivitasnya relatif tinggi serta tahan terhadap fotokorosi pada semua jenis larutan, kecuali pada larutan yang sangat asam atau mengandung fluoride. TiO_2 bersifat non-toksik, memiliki sifat redoks yaitu mampu mengoksidasi polutan organik dan dapat mereduksi ion logam dalam larutan (Brown *et al.*, 1992). Tingginya aktivitas fotokatalis TiO_2 apabila tidak diiringi oleh kemampuan dalam mengadsorpsi senyawa target akan menurunkan kemampuannya dalam proses degradasi, sehingga proses degradasi tidak berjalan dengan baik atau kurang maksimal (Aji *et al.*, 2016). Dengan demikian, perlu adanya material penyangga untuk memaksimalkan kinerja dari proses fotokatalisis dengan menggunakan material yang memiliki adsorpsi tinggi. Salah satu material yang memiliki daya adsorpsi tinggi adalah karbon aktif (Yuanita, 2009).

2.2.1 Struktur Kristal TiO_2

Secara umum Titanium Dioksida (TiO_2) yang ada di alam mempunyai beberapa struktur kristal, diantaranya yaitu *anatase* (tetragonal), *rutile* (tetragonal), dan *brookite* (ortorombik). Berikut merupakan struktur dari TiO_2 yaitu sebagai berikut :

a. *Rutile*

Rutile merupakan bentuk kristal TiO_2 yang paling umum dihasilkan di alam dan diproduksi secara komersial di pasaran. *Rutile* stabil pada suhu tinggi dan pada ukuran partikel 35 nm, memiliki bentuk kristal tetragonal dan terdapat pada batuan beku. *Rutile* memiliki tiga macam bentuk, yaitu TiO_2 II (mempunyai

struktur seperti α -PbO₂), TiO₂ (H) yang memiliki struktur hollandite, dan TiO₂ (B) yang memiliki struktur monoklinik. Bentuk *rutile* stabil pada berbagai temperatur dan tekanan lebih dari 60 kbar. (Zhang dan Banfield, 2000).

b. *Anatase*

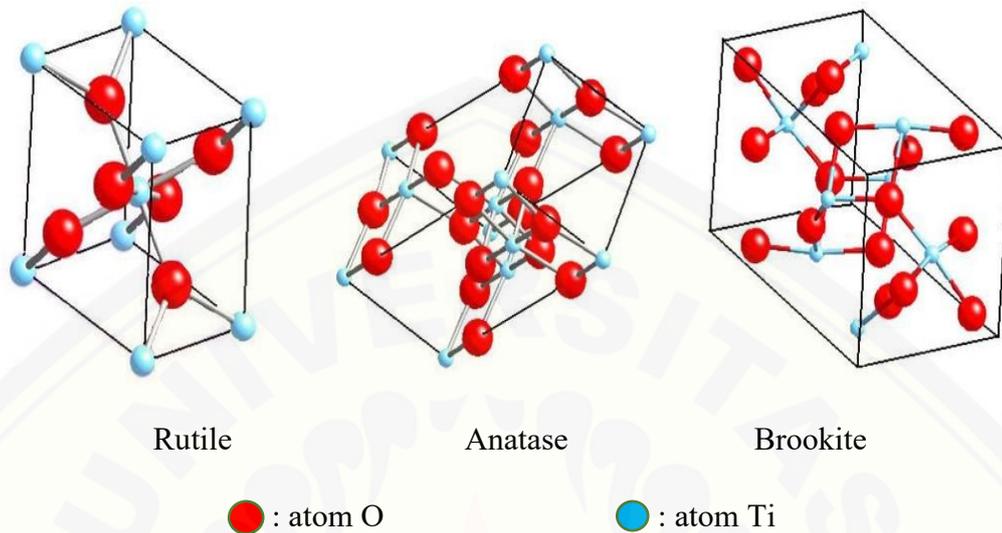
Anatase merupakan bentuk kristal TiO₂ yang mengandung gugus hidroksil (OH) yang dapat memiliki kemampuan untuk mengikat polutan yang lebih tinggi daripada *rutile*. Struktur permukaan *anatase* memiliki kemampuan mengadsorpsi oksigen sebagai O²⁻ dan ion O⁻ dan memiliki kemampuan dalam mengontrol laju rekombinasi elektron-hole lebih rendah, konstanta dielektrik yang rendah, serta densitas yang rendah (Beydon, 2002).

Secara umum struktur kristal *rutile* dan *anatase* digunakan pada proses fotokatalisis. Struktur *anatase* menunjukkan aktivitas yang lebih baik dari segi kereaktifan dibandingkan dengan struktur *rutile*. Struktur *anatase* merupakan bentuk yang paling sering digunakan karena memiliki luas permukaan yang lebih besar serta ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur *rutile* dan struktur ini muncul pada rentang suhu pemanasan dekomposisi senyawa titanium antara 400-650°C. Selain itu *bandgap* energi *anatase* lebih besar daripada *rutile* sehingga memiliki aktivitas fotokatalisis yang tinggi (Licciuli dan Lisi, 2002)

c. *Brookite*

Brookite merupakan bentuk kristal TiO₂ yang mempunyai ukuran partikel 11-35 nm dan berbentuk kristal orthorombik, dan biasanya hanya terdapat pada mineral. *Band gap* dari *brookite* sekitar 3,14 eV berdasarkan persamaan Huckel. *Band gap* dari *brookite* berada diantara struktur kristal *anatase* (3,23 eV) dan *rutile* (3,02 eV). Fase *brookite* mempunyai volume sel yang lebih besar dan yang paling padat daripada *anatase* dan *rutile* dan kesukaran dalam proses sintesis. *Brookite* yang mempunyai kemurnian tinggi menjadi satu penyebab fase *brookite* kurang dipelajari untuk sifat fotokatalisnya (Paola *et al.*, 2008). Fase *brookite* memiliki mobilitas elektron-hole yang tinggi, konstanta dielektrik yang rendah, dan densitas yang rendah (Carp dan Reller, 2004).

Seperti terlihat pada Gambar 2.2 menunjukkan tiga macam struktur kristal TiO₂. Struktur TiO₂ yang cukup stabil ada dua, yaitu *anatase* dan *rutile* :



Gambar 2.2 Struktur kristal TiO₂ (Sumber: Stride dan Toung, 2010)

Pada struktur TiO₂ memiliki 3 bentuk kristal yang memiliki sifat yang berbeda. Menurut Linsebigler *et al.* (1995) perbandingan sifat struktur kristal TiO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perbandingan sifat struktur kristal TiO₂

Faktor perbedaan	<i>Anatase</i>	<i>Rutile</i>	<i>Brookite</i>
Struktur kristal	Tetragonal	Tetragonal	Ortorombik
Energi band gap (E _g), eV	3,23	3,02	3,14
Massa jenis (ρ); gr/cm ³	3,79	4,13	3,99
Volume/Molekul (Å ³)	31,216	34,061	32,172
TiO-O panjang ikatan(Å)	1,937 dan 1,965	1,949 dan 1,980	1,87 – 2,04
O-Ti-O sudut ikatan	81,2° dan 90,0°	77,7° dan 92,6°	77,0°-105°
Parameter kisi Å	a = 3,784 c = 9,515	a = 4,593 c = 2,959	a = 4,593 b = 5,447 c = 2,959

(Sumber : Lisenbigler *et al.*, 1995)

2.2.2 Reaksi Fotokatalisis TiO₂

Fotokatalisis merupakan reaksi gabungan antara fotokimia dan katalis. Proses reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya atau foton. Reaksi fotokimia adalah reaksi kimia yang disebabkan oleh sinar atau radiasi ultraviolet. Sedangkan katalis adalah zat yang mempengaruhi laju reaksi tanpa mengubahnya secara

kimiawi. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi dengan berinteraksi dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Kirk dan Othmer, 1992). Proses fotokatalisis sebagai proses yang ramah terhadap lingkungan memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada, tetapi proses reaksi ini tidak hanya menghancurkan polutan tetapi mengubah fase (seperti pada proses adsorpsi oleh karbon aktif) tanpa menggunakan oksidan yang berbahaya (seperti ozon dan klorin) (McCullagh *et al.*, 2010).

Fotokatalisis terbagi menjadi dua jenis, yaitu fotokatalisis homogen dan fotokatalisis heterogen. Fotokatalisis homogen adalah reaksi fotokatalisis dengan bantuan oksidator seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalisis heterogen merupakan teknologi yang didasarkan pada iradiasi sinar UV pada semikonduktor. Fotokatalisis heterogen memanfaatkan bahan semikonduktor dalam bantuan serbuk atau partikel yang digunakan dalam material suspensi. Salah satu contoh fotokatalisis heterogen adalah penggunaan bahan semikonduktor TiO_2 (Licciulli dan Lisi, 2002).

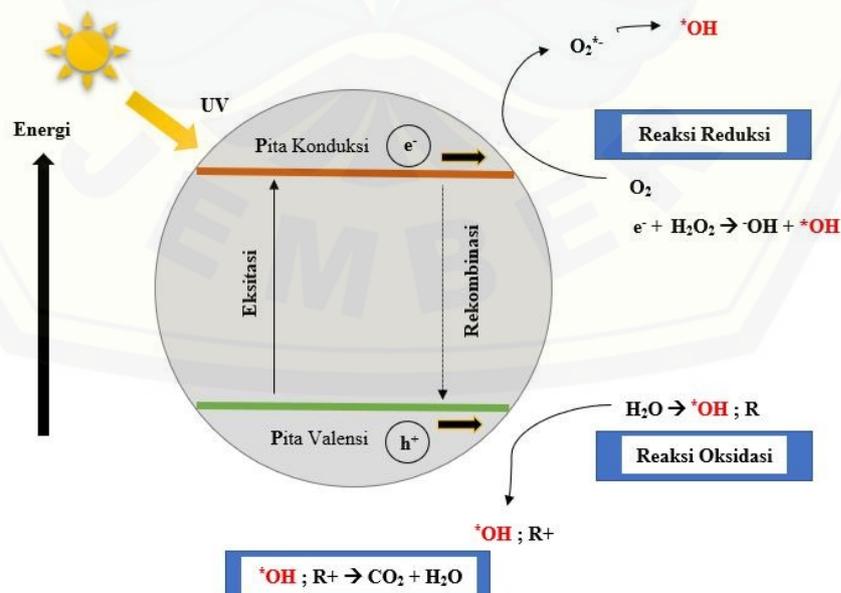
Pada penelitian ini menggunakan Fotokatalisis heterogen. Fotokatalisis heterogen terjadi antara satu atau lebih tahapan reaksi yang terjadi karena adanya pasangan elektron yang dihasilkan dari permukaan bahan semikonduktor saat disinari cahaya yang sesuai. TiO_2 memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi energi sebagai fotokatalis, dapat melakukan hidrolisis yaitu memecah air menjadi hidrogen dan oksigen. Dalam proses fotokatalisis, semikonduktor TiO_2 memerlukan penyerapan energi yang sama atau lebih besar dari selang energi. Aktivitas fotokatalis ini membutuhkan penyerapan sinar UV untuk membentuk dua pasang elektron dan *hole* (Licciulli dan Lisi, 2002).

Reaksi fotokatalisis adalah reaksi yang terjadi ketika diberikan energi berupa cahaya. Reaksi fotokatalisis melibatkan suatu katalis yang dinamakan fotokatalis. Reaksi fotokatalisis terjadi ketika bahan fotokatalis menyerap energi foton lebih besar atau sama dengan lebar celah pita energi dari fotokatalis. Fotokatalis yang umum digunakan pada dasarnya adalah semikonduktor. Semikonduktor memiliki struktur elektronik yang berbeda dengan material

lainnya yaitu pita konduksi (bagian atas dari semikonduktor yang tidak terisi elektron) dan pita valensi (bagian bawah semikonduktor yang terisi elektron). Jarak yang memisahkan pita konduksi dari pita valensi disebut dengan celah pita atau *band gap*. *Energi gap* (E_g) menunjukkan selang energi antara nilai pita konduksi minimum dan pita valensi maksimum (Cukri, 2017).

Reaksi fotokatalisis digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain menggunakan air sebagai bahan dasar dan sinar matahari sebagai sumber energi. Dimana air dan sinar matahari melimpah di alam. Selain itu, proses ini juga termasuk *zero emission* karena hanya menghasilkan hidrogen dan oksigen. Akan tetapi penggunaan dari reaksi fotokatalisis masih mempunyai kendala (Cukri, 2017). Salah satu kendala dalam penerapan reaksi fotokatalisis adalah efisiensi reaksi fotokatalisis masih rendah. Efisiensi reaksi fotokatalisis dipengaruhi beberapa faktor seperti ukuran kristal fotokatalis, celah pita energi fotokatalis, dan faktor-faktor yang ada pada reaksi rekombinasi elektron dan *hole* (Vithal *et al.*, 2013).

Fotokatalisis semikonduktor dengan menggunakan material TiO_2 adalah proses yang sering digunakan untuk mengatasi pencemaran karena sangat efisien, sesuai mekanisme yang ditunjukkan pada Gambar 2.3



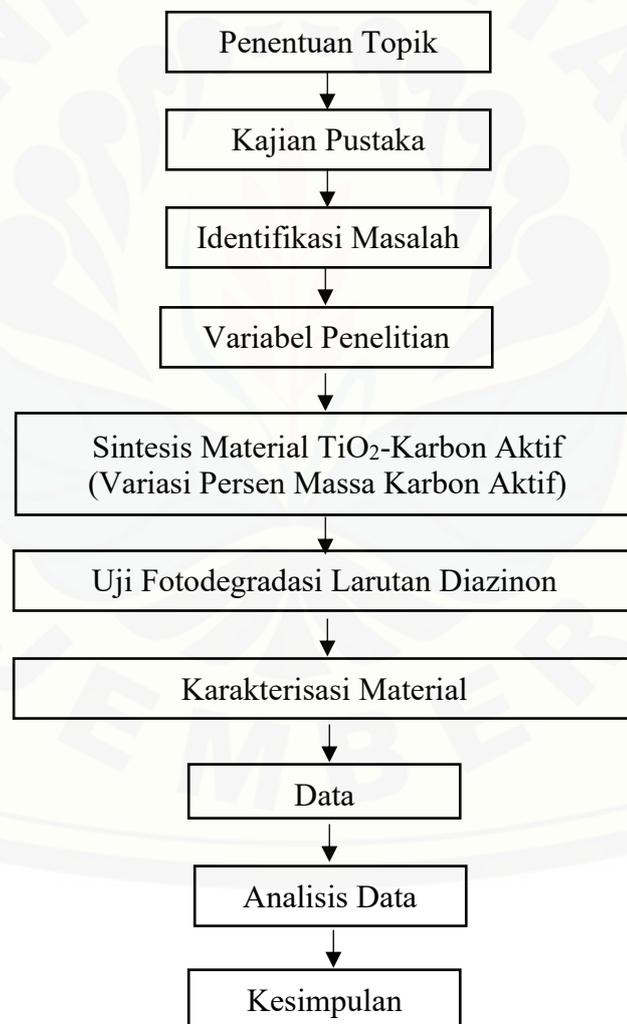
Gambar 2.3 Mekanisme fotokatalisis TiO_2 (Sumber: Nasikhudin *et al.*, 2018)

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian memberikan informasi mengenai tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian. Pada bab ini terdapat rancangan kegiatan penelitian, jenis dan sumber data penelitian, definisi operasional variabel dan skala pengukuran, kerangka pemecah masalah, serta analisis data.

3.1 Rancangan Kegiatan Penelitian

Rancangan kegiatan penelitian yang dilakukan yaitu ditampilkan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Skema kegiatan penelitian secara umum

Kegiatan penelitian diawali dengan penentuan topik yang akan diteliti. Kemudian melakukan kajian pustaka dari berbagai sumber literatur yang dilakukan guna untuk memperoleh informasi dalam menyelesaikan proses penelitian yang merupakan langkah observasi untuk penelitian yang akan dilakukan. Setelah melakukan kajian pustaka langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi permasalahan yang terjadi maupun yang telah terjadi di lingkungan sekitar. Langkah berikutnya yaitu menentukan variabel penelitian, variabel penelitian bertujuan untuk menunjang proses penelitian yang akan dilakukan sehingga penelitian berjalan terarah. Setelah variabel penelitian ditentukan, selanjutnya melakukan penelitian untuk mengetahui potensi dan kemampuan material komposit TiO₂-Karbon Aktif dalam mendegradasi pemodelan dari limbah cair pertanian yaitu larutan pestisida diazinon. Proses penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu diawali dengan aktivasi karbon tempurung kelapa, kemudian sintesis material komposit TiO₂-Karbon Aktif. Setelah melakukan sintesis terhadap material komposit maka dilakukan uji fotodegradasi terhadap larutan pestisida diazinon. Dilanjutkan karakterisasi material yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dari material komposit TiO₂-Karbon Aktif yang terbaik. Setelah dilakukan penelitian diperoleh data dari kegiatan penelitian kemudian dianalisis sehingga dapat memberikan jawaban terhadap rumusan masalah. Berdasarkan analisis data yang telah didapatkan kemudian ditarik kesimpulan dari penelitian.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas kimia, mortar, ayakan ukuran 150 mesh dan 200 mesh, timbangan analitik, *syringe*, pH meter, oven, *magnetic stirrer*, alumunium foil, *Chamber UV*, lampu UV (Merk Evaco: 220V 50Hz), autoklaf hidrotermal, Spektrofotometer UV-Vis, alat uji SEM-EDX, dan alat uji FTIR. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain karbon aktif tempurung kelapa yang diperoleh dari Toko Aneka kimia Jember, pestisida diazinon 600 EC yang dibeli dari toko pertanian “Malang Hydrofarm”, TiO₂ (CAS-No : 13463-67-7 Merck KGaA), larutan H₂SO₄, dan air suling.

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh langsung dari percobaan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif adalah jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung. Data kuantitatif dalam penelitian ini adalah data spektrum absorbansi spektrofotometer UV-Vis, FTIR dan EDX. Sementara itu data kualitatif dalam penelitian ini yaitu data pengujian SEM yang menampilkan gambar morfologi dari material.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan agar dapat memperoleh informasi yang diinginkan peneliti yaitu meliputi variabel bebas (*independent variable*), variabel terikat (*dependent variable*) dan variabel kontrol (*control variable*). Variabel ditentukan sebelum penelitian. Sehingga parameter data yang diambil diketahui dan dapat dijadikan acuan selama proses penelitian yang sedang berlangsung.

3.3.1 Operasional Variabel

Variabel pada penelitian ini bertujuan untuk mempermudah dalam mengklasifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi penelitian ini diantaranya yaitu:

a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang digunakan untuk mengetahui pengaruh terhadap objek penelitian. Variabel bebas yang digunakan yaitu waktu iradiasi dan persen massa karbon aktif dalam material komposit TiO₂-Karbon Aktif.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah degradasi larutan pestisida diazinon selama uji fotodegradasi.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu intensitas lampu UV, temperatur, konsentrasi awal dan volume larutan pestisida diazinon.

3.3.2 Skala Pengukuran

Skala pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah skala pengukuran rasio. Skala pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan data yang diperoleh. Studi ini akan membandingkan kemampuan fotokatalisis material dalam mendegradasi larutan pestisida diazinon dari model limbah cair pertanian dengan perlakuan sebagai berikut:

- Kontrol eksperimen : larutan pestisida diazinon disinari UV.
Sampel 1 : larutan pestisida diazinon diberi TiO_2 dan disinari UV.
Sampel 2 : larutan pestisida diazinon diberi TiO_2 -Karbon Aktif / (37,5%) dan disinari UV.
Sampel 3 : larutan pestisida diazinon diberi TiO_2 -Karbon Aktif / (41,2%) dan disinari UV.
Sampel 4 : larutan pestisida diazinon diberi TiO_2 -Karbon Aktif / (44,4%) dan disinari UV.

Data sampel 2 sampai dengan sampel 4 adalah larutan pestisida diazinon yang diberi material komposit TiO_2 -Karbon Aktif dengan variasi persen massa karbon aktif 37,5% , 41,2%, dan 44,4%. Dengan massa total dari material komposit TiO_2 -Karbon Aktif yaitu 20 g maka massa masing-masing dari TiO_2 dan karbon aktif yang dibutuhkan yaitu :

- a. Persen massa 37,5% : Massa TiO_2 sebesar 12,50 g dan massa karbon aktif sebesar 7,50 g.
b. Persen massa 41,2% : Massa TiO_2 sebesar 11,76 g dan massa karbon aktif sebesar 8,24 g.
c. Persen massa 44,4% : Massa TiO_2 sebesar 11,12 g dan massa karbon aktif sebesar 8,88 g.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini dibahas beberapa hasil penelitian yang meliputi hasil sintesis material, hasil uji fotodegradasi terhadap larutan pestisida diazinon dan hasil karakteristik material yang memiliki kemampuan fotokatalisis yang paling tinggi saat uji fotodegradasi. Proses uji fotodegradasi dari larutan pestisida diazinon dilakukan dengan menggunakan empat sampel material yang meliputi TiO_2 , serta tiga varian material komposit TiO_2 -Karbon Aktif (37,5% , 41,2% dan 44,4%). Eksperimen dilakukan dengan perlakuan 1 jam tanpa UV dan dilanjutkan dengan penyinaran UV selama 8 jam.

4.1 Hasil Sintesis Material Komposit TiO_2 – Karbon Aktif

Hasil sintesis komposit TiO_2 -Karbon diawali dengan hasil proses aktivasi material karbon aktif menggunakan larutan H_2SO_4 . Aktivasi ini bertujuan untuk memperluas pori-pori karbon tempurung kelapa, sehingga karbon mengalami perubahan sifat fisik maupun kimia yaitu bertambahnya diameter pori yang mengakibatkan meningkatnya daya adsorpsi (Gawande dan Kaware, 2017). Proses lengkap dari aktivasi karbon aktif tempurung kelapa dapat dilihat pada sub bagian 3.4.1. Sementara itu, hasil dari aktivasi karbon tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.1. Karbon aktif yang telah diaktivasi terlihat lebih bersih dari karbon sebelum dilakukan aktivasi, hal tersebut dikarenakan bahwa pengotor telah hilang karena perlakuan perendaman menggunakan larutan H_2SO_4 .



(a)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, penelitian dengan judul “Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Degradasi Pestisida Diazinon” menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan fotokatalisis material komposit TiO₂-Karbon Aktif lebih tinggi dibanding material TiO₂. Material komposit TiO₂-Karbon Aktif/(41,2%) merupakan material komposit dengan kemampuan fotokatalisis yang paling tinggi. Dalam waktu 9 jam mampu mendegradasi larutan pestisida diazinon sebanyak 67,13%.
2. Berdasarkan analisis SEM-EDX dan FTIR dari material komposit TiO₂-Karbon Aktif yang memiliki kemampuan fotokatalisis paling tinggi (TiO₂-Karbon Aktif/(41,2%) dalam mendegradasi senyawa diazinon diperoleh bahwa :
 - a. material TiO₂ sudah teramati menempel di permukaan karbon aktif dengan distribusi yang tidak merata.
 - b. komposisi massa yang terdapat dalam material komposit TiO₂-Karbon Aktif/(41,2%) hasil sintesis adalah unsur C (75,60 wt%), O (14,17 wt%), Ti (10,23 wt%).
 - c. puncak utama untuk material komposit TiO₂-Karbon Aktif muncul pada bilangan gelombang 649 cm⁻¹ berkaitan dengan gugus fungsi ikatan Ti – O – Ti. Serapan yang lemah di daerah bilangan gelombang 1640 cm⁻¹ berkaitan dengan ikatan rangkap C = C yang berasal dari karbon aktif. Puncak pada bilangan gelombang 2140 cm⁻¹ berkaitan dengan adanya ikatan rangkap C = O. Puncak serapan pada bilangan gelombang 3690 cm⁻¹ berkaitan dengan gugus fungsi Hidroksil (-OH). Tidak adanya puncak baru dalam material komposit TiO₂-Karbon Aktif selain puncak-puncak yang terdapat TiO₂ dan karbon aktif menunjukkan bahwa ikatan

DAFTAR PUSTAKA

- Abassi, W. A., dan M. Streat. 1994. Adsorption Of Uranium From Aqueous Soluton Using Activated Carbon. *Separ Technol* 29 : 1217-1225.
- Aggarwal, V., X Deng, A Tuli, dan K. S. Goh. 2013. Diazinon—Chemistry and Environmental Fate: A California. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Reviews of. Vol. 233.
- Agustinus, E. T. S. 2009. *Sintesis Hidrotermal Atapulgit Berbasis Bantuan Gelas Vulkanik (Perlit) : Perbedaan Perlakuan Statis Dan Dinamis Pengaruhnya Terhadap Kuantitas Dan Kwaitas Kristal*. Bandung : Puslit Geoteknologi Komplek LIPI.
- Aji, N. R. , E. A. P. Wibowo , R. Ujiningtyas, E. A. Mardiansyah, T. M. Sari, dan Rahmawati. 2016. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis TiO₂-Bentotit dan aplikasinya untuk penurunan BOD dan COD air embung Unnes. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kmia* 2(2): 114-119.
- Akhmad. H. Y., B. Liu, J. M. Xue, J. Wang, H. I. Elim, Wei Ji, dan T. J. White. 2004. *Controlling the Crystallinity and Nonlinear Optical Properties Of Transparent TiO₂-PMMA nanohybrids*. *Journal of Material Chemistry* 14(20) : 2978-2987.
- Amelia, R. Harlanto, P. dan Purwanto. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Sebagai Katalis Ramah Lingkungan Pada Proses Hidrolisis Biomassa. Semarang : UNDIP. Vol. 2 No. 2 (146-156).
- Andayani, W. dan Agustin, S. 2006. Karakterisasi Katalis TiO₂ dan TiO₂/Karbon aktif yang diimmobilisasi pada pelat titanium dan uji aktifitasnya sebagai fotokatalis. *Jurnal Kimia Indonesia*. 1(2): 54-58.
- Andesgur I. 2019. Analisa Kebijakan Hukum Lingkungan dalam Pengelolaan Pestisida. program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau-Indonesia Vol.7, Issue.2.
- Azamia, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimi Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi Dan Adsorpsi. *Skripsi*. Depok : FMIPA Universitas Indonesia.
- Beydon, D. 2002 *Characterisation and Implication for Organic Degradation in Aqueous System*. Doctor of Phylosophy Thesis Report: The University of New South Wales.

- Brown, G.N., J. W. Birks, dan Koval. 1992. *Development And Characterization Of Titanium-Dioxid Based Semiconductors Photoelectrochemical Detector. Analysis Chemistry* 64(4) : 427-434.
- Burrows, H.D., Canle M.L., Santaballa, J.A., dan Steenken. 2002. Reaction Pathways and Mechanism of Photodegradation of Pesticides. *Journal Photochemistry and Photobiology B: Biology* 67:71-108.
- Byrappa, K., A. K. Subramani, S. Ananda, K. M. L. Rai, R. Dinesh, dan M. Yoshimura. 2006. *Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye Using Hydrothermally Synthesized ZnO*. Bull. Mater. Sci., Vol. 29-5 hlm 433 – 438.
- Cahyana, A. A. 2014. *Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) Pada Kaca Tzn Yang Dikristalkan*. Solo: Fisika UNS.
- Carp, O., dan A. Reller. 2004. A Photoinduced Reactivity Of Titanium Dioxide. *Solid state cem*, 33, 33-117.
- Cukri, R., I. 2017. Sintesis Dan Karakterisasi Material Fotokatalis $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ Menggunakan Metode Hidrotermal. Aceh : Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar. Vol 3 No 4.
- Darmawan. 2008. Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri Dan Pemanfaatannya Sebagai Penyerap Emisi Formaldehida Papan Serat Berkerapatan Sedang. Bogor : ITB.
- Dhidan, K. S. 2012. *Removal Of Phenolic Compounds From Aqueous Solution By Adsorption On To Activated Carbons Prepared From Date Stones By Chemical Activation With Fecl*. Iraq : Chemical Engineering Department- College Of Engineering University Of Baghdad.
- Djojosumarto, P. 2009. Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian. Lampung : Kanisus.
- Fatimah, I., E. Sugihartob, K. Wijaya, I. Tahir, dan Kamilia. 2014. Titanium Oxide Dispersed on Natural Zeolite ($\text{TiO}_2/\text{Zeolite}$) and Its Application for Congo Red Photodegradation. *Indonesia Journal Chemicak* 6 (1) : 38 – 42.
- Gawande, R.P., dan Kaware, J. 2017. Characterization and activation of coconut shell activated carbon. *Internasional Journal of Engineering Science Invention* 6(11): 43-49.
- Gunlazuardi, J. 2001. Fotokatalisis pada Permukaan TiO_2 Aspek Fundamental dan Aplikasinya. Seminar Nasional Kimia Fisika II Jurusan Kimia. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.

- Goldstein dan Joseph. 2007. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: Third Edition*. USA : Springer.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta : Akademika Pressindo. 250.
- Havancsak dan Kalory. 2016. *High-Resolution Scanning Electron Microscopy*. Hongaria : Universitas Eotvos Lorand.
- Hindrayawati, N dan Alimuddin. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH)*. *Jurnal Kimia Mulawarman* . Vol. 7, No. 2. Hlm. 75-77.
- Indragini. 2011. Degradasi 4,4'-Dikloro Bifenil dengan Kombinasi Proses Fotokatalis dan Radiasi Gamma Menggunakan Nanokomposit Karbon Aktif Zeolit Alam-TiO₂. *Tesis*. Depok : Fakultas Teknik.
- Isnaeni, V.A., O. Arutati, E. Sustini, H. Aliah, Khairurijal dan M. abdullah. 2011. A Novel System for Producing Photocatalytic Titanium Dioxide Coated Fibers for Decomposing Organic Pollutants in Water, *Environ. Prog. Sustainable Energy*.
- Juiandini, Fitrianita, Trihadiningrum dan Yulinah. 2008. Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Sampah Kota untuk Penyisihan Fenol. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII Program Studi MMT. Surabaya : ITS.
- Karant, S. 2014. Diazinon. *Encyclopedia Of Toxicology* :Third Edition 2: 55–56.
- Khan. 1980. *Pesticides in the Soil Environment*. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Co.
- Khataee, A., dan G. A. Mansoori. 2011. *Nanostructured Titanium Dioxide Materials: Properties, Preparation and Applications*. World Scientific.
- Khoiriah ., Diana, V., W, Jarnuzi G., dan Safni S. 2020. Photocatalytic Degradation of Commercial Diazinon Pesticide Using C,N-codoped TiO₂. *Photocatalyst Indones. J. Chem.*, 20 (3): 587 – 596.
- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd edition, vol 12, Interscience Publishing Incorporated New York.
- Kurade, M. B., J. R. Kim, S. P. Govindwar, dan B. Jeon. 2016. Insights into Microalgae Mediated Biodegradation of Diazinon by *Chlorella Vulgaris*:

- Microalgal Tolerance to Xenobiotic Pollutants and Metabolism. *Algal Research* 20. Elsevier B.V.: 126–34.
- Konstantinou, I. K., T. M. Sakellarides, V. A. Sakkas, dan T. A. Albanis. 2001. Photocatalytic Degradation of Selected s-Triazine Herbicides and Organophosphorus Insecticides Over Aqueous TiO₂ Suspensions. *Environmental Science Technology*, vol. 35, pp. 398-405.
- Laos, L.E., Aji. M.P dan Sulhadi. 2016. Pengaruh Konsentrasi Karbon Aktif Kulit Kemiri dan Aplikasinya Terhadap Penjernihan Limbah Methylene Blue. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal).
- Lazarevic-Pasti, T. D., A.M. Bondzic, I. A. Pasti, S.V. Mentus, dan V. M. Vasic. 2013. Electrochemical Oxidation of Diazinon in Aqueous Solutions via Electrogenenerated Halogens – Diazinon Fate and Implications for Its Detection. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 692: 40–45.
- Licciulli, A., dan D. Lisi. 2002. *Self-Cleaning Glass*. Lecce: Universita Degli Studi.
- Linsebigler, A., L. Guanguan dan J. T. Jr Yates .1995. Photocatalysis On TiO₂ Surfaces : Principles, Mechanisms, and Selected Result. *Chemical Review*, vol. 95, pp. 735- 758.
- Lucarelli, L., V. Nadtochenko, dan J. Kiwi, J. 2000. *Environmental Photochemistry Quantitative Adsorption and FTIR Studies During the TiO₂ Photocatalyzed Degradation of Orange II*. *Langmuir*, vol. 16 : 1102-1108.
- Marami, M.B., Farahmandjou, dan M., Khoshnevisan, B. 2018. Sol-Gel Synthesis of Fe-Doped TiO₂ Nanocrystals. *Journal of Electronic Materials*, 1-8.
- Matos, J., J. Laine, J. M. dan Herrmann. 2001. Effect of the Type of Activated Carbons on the Photocatalytic Degradation of Aqueous Organic Pollutants by UV-Irradiated Titania. *Journal Catalyst*, vol. 200 : 10-20.
- McCullagh, C., P. K. J.Robertson, M. Adams, M, P. M. Pollrd, dan A. Mohammed. 2010. Decelopment Of A Slurry Continuous Flow Reactor For Photocatalytic Treatment Of Industrial Waste Water. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 211 : 42 – 46.
- Misbakhuddin. 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Air Sumur Artetis, Eksplanasi. 5(2): 1-11.
- Mulja, M., dan Suharman.1995. Analisis Instrumental. Cetakan I. 26-32, Surabaya : Airlangga University Press.

- Moussavi, G., H. Hosseini, dan A. Alahabadi. 2013. The Investigation Of Diazinon Pesticide Removal From Contaminated Water By Adsorption Onto NH_4Cl -Induced Activated Carbon. *Chemical Engineering Journal* 214. Elsevier B.V.: 172–79.
- Nasikhudin., Diantoro, M., Kusumaatmaja, A., dan Triyana, K. 2018. Study of photocatalytic properties of TiO_2 nanopartikel in various pH condition. *Journal of Physics : Convergence Series*, 1011 : 012069.
- Ortiz. L., C. Gomez-Yanez, R.Lopez-Juarez, I. Davalos-Velasco, dan H. Pfeiffer. 2012. Synthesis of advanced ceramics by hydrothermal crystallization and modified related methods. *Journal of Advanced Ceramics* 1(3) : 204-220.
- Osipow, L.S. 1962. *Surface Chemistry: Theory and Industrial Applications*. New York : Rheinhold Publishing Cooperation.
- Pambayun, G. S., Y. E. Y. Remigius, M. Rachimoellah, dan M. M. P. Endah. 2013. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator ZnCl_2 Dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2, No. 1.
- Paola, A., Cufalo, G., Addamo, M., Bellrdita, M., Campostrini, R., Ischia, M., Ceccato, R dan Palmisano, L. 2008. Photocatalytic of Nanocrystalline TiO_2 (Brookite, Rutile dan Brookite-Based) Powders Prepared by Thermohydrolysis of TiCl_4 in Aqueous Chloride Solutions. *Journal of Colloids and Surfaces*. 317: 366-376.
- Pausova, S., Maitheya, R., Michal, B., Josef, K., dan Zuzana B. 2019. Composite Materials Based On Active Carbon/ TiO_2 For Photocatalytic Water Purification. *Catalysis Today* : 178- 182.
- Pujianto, T. H. 2009. Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Temperatur 22 Anil terhadap Struktur Nano dan Tingkat Kristalinitas TiO_2 Nanotubes. *Prosiding : Seminar Material Metalurgi*. Serpong : LIPI.
- Ramadhan, L, O, A, N., dan Amiruddin. 2013. Fotodegradasi Pestisida Diazinon dalam TiO_2 Tersuspensi. *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 14 No. 1.
- Rokhmawati, I. E. N. 2020. Sintesis Komposit TiO_2 -Karbon Aktif dan Aplikasinya Sebagai Pereduksi Zat Warna Biru Metilen dalam Model Limbah Cair Industri Batik. Skripsi. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

- Ruhayatun, S. 2007. Pengaruh Asam Oksalat dan Asam Malonat Terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cr(VI) Terkatalisis TiO₂. *Skripsi*. Yogyakarta : FMIPA UII.
- Russel, J. D., M. Cruz dan J. L.White. 1968. Made of Chemical degradastion of D-triazin by montmorilomie. *Science* 160(3834):1340 2.
- Sembiring, M. dan T. Sinaga. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sinly, E. P., dan Johan A.P. 2007. Bioremoval Metode Alternatif untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat. *Artikel*. Universitas Lampung.
- Smallman R. E. dan R. J. Bishop. 2000. Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering. New York: Hill International Book Company.
- Sudarmo, S. 1991. Pestisida. Yogyakarta : Kanisius.
- Sugiarti M. 2012. *Sintesis hidrotermal dan karakteristik kristal Titanium Dioksida (TiO₂)*. Tugas Akhir/Skripsi. Bogor : FMIPA ITB.
- Sumansyah, F. A., W. Husain, W. Dhana, I. Yekti, dan I. Eka. 2013. Intoksikasi Diazinon. Referat. Surabaya : Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
- Suparman. 2010. *Sintesis Silikon Karbida (SiC) dari Silika Sekam Padi dan Karbon Kayu dengan Metode Reaksi Fasa Padat*. Tesis. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Stride, J.A., Toung, N.T. 2010 Controlled Synthesis of Titanium Dioxide Nanostructures. *Solid State Phenomena*, 62:26 – 294.
- Stuart, B. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Aplications*. John Willey and Sons. Ltd.
- Tabasideh, S., A. Malekib, B. Shahmoradib, E. Ghahremanib, dan G. McKayc. 2017. Sonophotocatalytic degradation of diazinon in aqueous solution using iron doped TiO₂ nanoparticles. *Journal Separation and Purification Technology* 189 : 186–192.
- Tarumingkeng, R. 1992. Insektisida : Sifat, Mekanisme Kerja, dan Dampak Penggunaannya. Jakarta : Ukrida Press.
- The National Regulation Authorityandesgur. 2002. *Physical and Chemical Properties of the Pure Active Constituent. Review of Diazinon*. Australia.

- Thermo, N. 2001. *Introduction to FTIR Spectrometry*, Thermo Nicolet. USA : Madison Inc.
- Triono, A. 2006. *Karakteristik Briket Arang Dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika Dan Sengon Dengan Penambahan Tempurung Kelapa*. Skripsi. Bogor: Departemen Hasil Hutan Intitut Pertanian Bogor.
- Vithal M., K. S. Rama, S. G. Ravi, R. Velchuri R, dan S. Pola. 2013. *Synthesis Of Cu^{2+} And Ag^+ Doped $Na_2Ti_3O_7$ By Afacileion-Exchange Method Asvisible-Light-Driven Photocatalysts*. *Ceramics International* 39 : 8429–843.
- Widihati, I.A.G., Diantariani, N.P., dan Nikmah, Y.F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru Dengan Sinar Uv dan Katalis $Al_2 O_3$. *Jurnal Kimia* Vol. 5, No. 1, 31-42.
- Yakout, G. dan Sharaf El-Deen. 2016. Characterization of Activated Carbon Prepared by Phosphoric Acid Activation of Olive Stones Arabian. *Journal of Chemistry*. vol 9.
- Yuanita, D. 2009. Hidrogenasi Katalitik Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Yogyakarta : UNY.
- Zhang, H., Banfield, J. F. 2000. Phase Transformation of Nanocrystalline Anastase-Torutille Via Combined Interface and Surface Nucleation. *J Mater Res* 15:437-448.

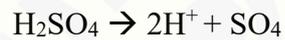
LAMPIRAN 1

Lampiran 1.1 Pembuatan larutan H_2SO_4 yang digunakan untuk aktivasi karbon tempurung kelapa.

Perhitungan konsentrasi H_2SO_4 5 N dalam 100mL air suling.

Diketahui :

- Kadar H_2SO_4 = 97% (Asam Pekat)
- Berat Jenis (ρ) = 1,84 g/ml
- Berat Molekul (M_r) = 98,08 g/mol
- Valensi dari H_2SO_4 = 2



Terdapat 2 ion H^+ dan 1 ion SO_4^- sehingga terdapat 3 ion

Jumlah ion H^+ merupakan jumlah valensi

Mencari konsentrasi (Normalitas) H_2SO_4 :

$$N = \frac{(10 \times \text{kadar} \times \rho) \text{valensi}}{M_r}$$

$$N = \frac{(10 \times 97 \% \times 1,84 \text{ g/mL}) 2}{98,08 \text{ g/mol}}$$

$$N = \frac{3.569,6}{98,08}$$

$$N = 36 \text{ N}$$

Membuat 5 N di dalam 100 mL :

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$36 \text{ N} \cdot V_1 = 5 \text{ N} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ N}}{36 \text{ N}} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,138 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 13,8 \text{ mL} = 14 \text{ mL}$$

Sehingga dibutuhkan $100\text{mL} - 14 \text{ mL} = 86\text{mL}$ air suling untuk mengencerkan 14mL larutan H_2SO_4

Lampiran 1.2 Pembuatan konsentrasi 30 ppm pestisida diazinon

Larutan Induk = $600 \text{ g/L} = 600.000 \text{ ppm}$

$$V = \frac{V_1 \cdot M_1}{M \text{ induk}}$$

$$V = \frac{1000 \text{ mL} \cdot 30 \text{ ppm}}{600.000 \text{ ppm}}$$

$$V = \frac{30.000 \text{ mL}}{600.000}$$

$$V = 0,2 \text{ mL}$$