



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**UJI AKTIVITAS FOTOKATALITIK DARI SEMIKONDUKTOR TiO₂
YANG DI DOPING NITROGEN (TiO₂-N)
PADA PROSES FOTODEGRADASI AIR RAWA GAMBUT**

SKRIPSI



**Yolanda Fauriki A.B
07932035**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Uji Aktivitas Fotokatalitik dari Semikonduktor TiO_2 yang Didoping Nitrogen (TiO_2-N) pada Proses Fotodegradasi Air Gambut”**. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas berkat dorongan dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

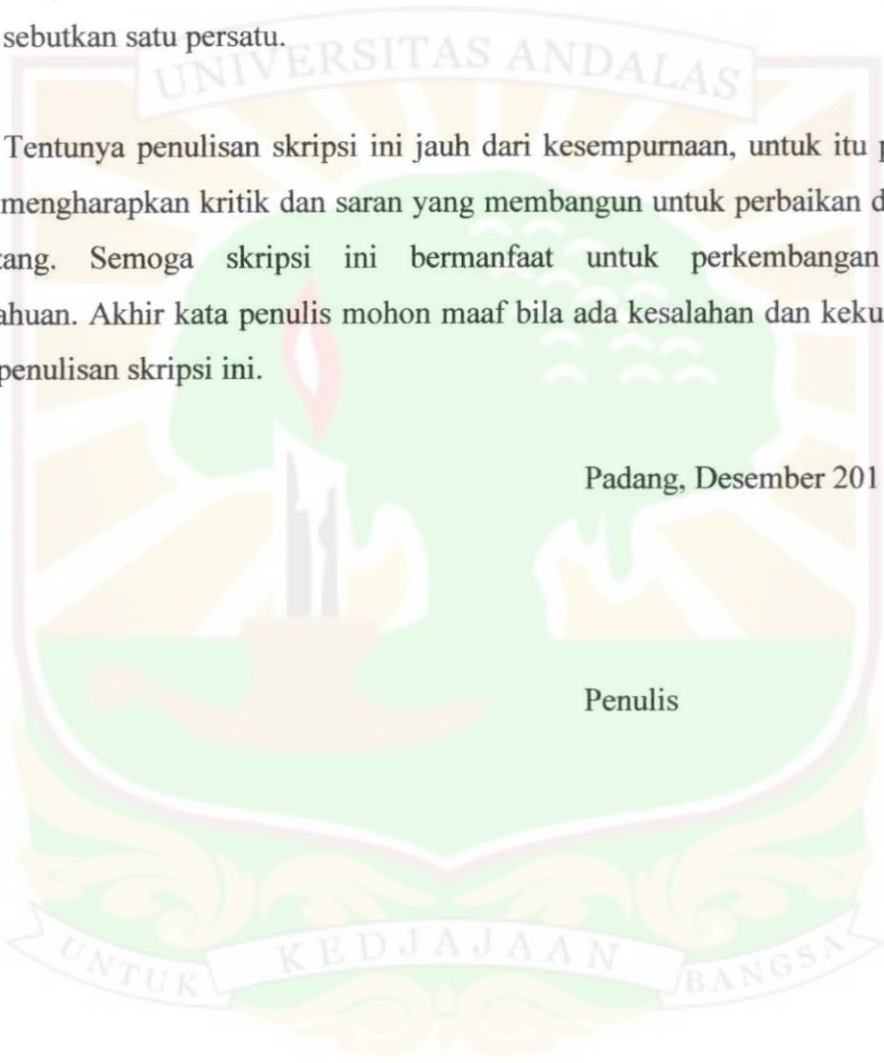
1. Kedua orang tua serta seluruh keluarga penulis atas bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Hermansyah Aziz dan Bapak Prof. Dr. Admin Alif selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan bantuan pada penulis.
3. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia fakultas MIPA Universitas Andalas yang telah memberikan dukungan dan kelancaran sampai penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Mai Efdi selaku Koordinator Pendidikan Jurusan Kimia dan koordinator seminar yang senantiasa memberikan kemudahan bagi penulis dalam hal administrasi dan dalam hal pengaturan jadwal seminar.
5. Bapak Yulizar Yusuf, M.S selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.
6. Staf pengajar di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama mengikuti pendidikan.

7. Ante Sumidjar Tanjung selaku analis laboratorium Fotoelektrokimia, yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium Fotoelektrokimia Universitas Andalas.
8. Seluruh rekan penelitian di seluruh laboratorium jurusan Kimia yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil.
9. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Tentunya penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mohon maaf bila ada kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Desember 2011

Penulis



ABSTRAK

UJI AKTIVITAS FOTOKATALITIK DARI SEMIKONDUKTOR TiO_2 YANG DI DOPING NITROGEN ($\text{TiO}_2\text{-N}$) PADA PROSES FOTODEGRADASI AIR RAWA GAMBUT

Oleh:

Yolanda Fauriki A.B (07932035)

**Sarjana Sains (S.Si) dalam Bidang Kimia Fakultas MIPA
Universitas Andalas**

Dibimbing oleh: Prof. Dr. Hermansyah Aziz dan Prof. Dr. Admin Alif

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh doping Nitrogen (N) pada semikonduktor TiO_2 dan penyinaran dengan sinar matahari untuk penjernihan air rawa gambut. Doping N pada TiO_2 ($\text{TiO}_2\text{-N}$) dibuat dengan metoda *solid state reaction* menggunakan TiO_2 powder dan urea. Variasi $\text{TiO}_2\text{:urea}$ ($\text{NH}_2\text{)}_2\text{CO}$ dicampurkan, digiling, dan dikalsinasi pada temperatur 100-500 °C masing-masing selama 2 jam. Hasil kalsinasi dikarakterisasi dengan XRD dan EDX. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa $\text{TiO}_2\text{-N}$ mempunyai struktur anatase, sedangkan analisis EDX mengindikasikan ditemukannya nitrogen (N) pada kristal TiO_2 . Aktivitas fotokatalitik paling tinggi pd rasio $\text{TiO}_2\text{:N} = 5:5$ dengan persen degradasi asam humat dalam air rawa gambut sebesar 57,62% selama 7 jam di bawah sinar matahari. Tinggi kejernihan air setelah fotokatalisis diukur berdasarkan perubahan serapan.

Kata kunci: $\text{TiO}_2\text{-N}$, aktivitas fotokatalitik, air rawa gambut

ABSTRACT

PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF SEMICONDUCTOR N DOPED TiO_2 ($\text{TiO}_2\text{-N}$) IN PHOTODEGRADATION OF PEAT SWAMP WATER

By:

Yolanda Fauriki A.B (07932035)

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of Mathematics and Natural Sciences

University of Andalas

Advised by: Prof. Dr. Hermansyah Aziz dan Prof. Dr. Admin Alif

It has been studied about influence of Nitrogen (N) doped TiO_2 and irradiation with solar light in photodegradation of peat swamp water. N doped TiO_2 ($\text{TiO}_2\text{-N}$) was prepared by solid state reaction method using TiO_2 powder and carbamide $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Variation of $\text{TiO}_2:(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ mixed, milled, and calcinations at 100-500 $^\circ\text{C}$ gradually over 2 hours. Results of process were characterized with XRD and EDX. Spectrum XRD indicated that $\text{TiO}_2\text{-N}$ have an anatase structure, while the analysis of EDX found a trace of nitrogen (N) in TiO_2 . Photocatalytic activity of $\text{TiO}_2\text{-N}$ is done at photodegradation of peat swamp water; its result shows a increase the photocatalytic activity of $\text{TiO}_2\text{-N}$. Highest photocatalytic activity occur at ratio $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$ observed 57,62% during 7 hours under solar light.

Keyword: *$\text{TiO}_2\text{-N}$, photocatalytic activity, peat swamp water*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Fotokimia.....	4
2.2 Fotokatalitik Semikonduktor.....	5
2.3 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	7
2.4 Doping pada Semikonduktor TiO ₂	9
2.5 Nitrogen.....	10
2.6 Air Rawa Gambut.....	11
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Kerja	
3.3.1 Persiapan Doping Nitrogen (N) pada TiO ₂ menggunakan metode <i>solid state reaction</i>	14
3.3.2 Karakterisasi TiO ₂ -N dengan XRD dan EDX	14
3.3.3 Pengambilan Air Rawa Gambut	14
3.3.4 Pengukuran Aktivitas Fotokatalitik	15

BAB IV. HASIL DAN DISKUSI

4.1 Doping Nitrogen (N) pada TiO_2 dengan Metode *Solid State Reaction* serta Pengaruh Variasi Doping N Pada TiO_2 Terhadap Fotodegradasi Air Rawa Gambut 16

4.2 Spektrum Air Rawa Gambut 19

4.3 Uji Aktivitas Fotokatalitik Semikonduktor TiO_2 -N pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut 20

4.4 Kinetika Fotokatalitik Semikonduktor TiO_2 -N pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut 24

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 26

5.2 Saran 26

DAFTAR PUSTAKA 27

LAMPIRAN 29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Proses Fotokatalisis pada TiO_2 setelah menyerap sinar UV	5
Gambar 2.	Struktur Kristal (a) anatase (b) rutil (c) brokit.....	9
Gambar 3.	Mekanisme dari katalis TiO_2 : ($h\nu_1$) TiO_2 murni ($h\nu_2$) TiO_2 didoping logam dan ($h\nu_3$) TiO_2 didoping non logam.....	10
Gambar 4.	Pengaruh doping terhadap energi celah.....	10
Gambar 5.	Model struktur dari asam humat menurut Stevenson.....	12
Gambar 6.	Model struktur dari asam fulvat menurut Buffle et al.....	13
Gambar 7.	Pola XRD dari beberapa variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ setelah dikalsinasi 500°C selama 2 jam.....	17
Gambar 8.	Spektrum EDX dari $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada variasi 5:5	18
Gambar 9.	Spektrum air rawa gambut sebelum difotokatalisis	19
Gambar 10.	Hubungan %degradasi dengan lama penyinaran di bawah sinar matahari	22
Gambar 11.	Aktivitas fotokatalitik dengan berbagai variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ di bawah sinar matahari.....	23
Gambar 12.	Kurva kinetika fotokatalisis pada fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari	25

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data penimbangan variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ sebelum dan setelah kalsinasi	16
Tabel 2.	Data persen degradasi dan absorban air rawa gambut sebelum difotokatalis dan fotokatalisis dibawah sinar matahari	21
Tabel 3.	Hasil perhitungan $\ln (A_0/A_t)$ untuk kinetika fotokatalisis pada fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari.....	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Penimbangan TiO_2 dan Urea Untuk Pendopingan.....	29
Lampiran 2.	Pembuatan Suspensi Katalis $\text{TiO}_2\text{-N}$	31
Lampiran 3.	Gambar Rangkaian Peralatan Fotokatalisis Air Rawa Gambut Dibawah Sinar Matahari.....	32
Lampiran 4.	Data Pengukuran Absorban Air Rawa Gambut	33
Lampiran 5.	Gambar Pengaruh Fotokatalisis pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut.....	36
Lampiran 6.	Karakterisasi $\text{TiO}_2\text{-N}$	37
Lampiran 7.	Kinetika Fotokatalitik Semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut.....	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Ini didukung dengan posisi Indonesia pada khatulistiwa, yang membuat melimpahnya sumber daya air dan sinar matahari yang sampai ke bumi Indonesia, tetapi pemanfaatannya masih rendah sekali. Air yang mengisi lebih dari dua per tiga permukaan bumi memberi tempat hidup tiga ratus kali lebih luas daripada daratan, akan tetapi sebahagian besar dari air tersebut tidak dapat langsung digunakan untuk kebutuhan makhluk hidup seperti manusia. Hanya 1% diantaranya yang tergolong air bersih selainnya harus melalui pengolahan terlebih dahulu¹. Salah satu sumber air yang tidak dapat langsung digunakan adalah air rawa gambut. Secara kuantitatif air rawa gambut merupakan sumber air yang memadai, tetapi secara kualitatif masih banyak mengalami kendala. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi senyawa organik yang terkandung di dalamnya seperti asam humat yang mengakibatkan air rawa gambut berwarna kuning kecoklatan².

Penjernihan air rawa gambut merupakan salah satu langkah untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah fotokatalisis, dengan sumber foton berasal dari sinar UV maupun matahari dan semikonduktor TiO_2 sebagai katalis untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam air rawa gambut. Berbagai cara yang telah dilakukan untuk penjernihan air rawa gambut di antaranya metoda koagulasi, yaitu dengan menggunakan protein biji kelor sebagai koagulan atau penggumpal senyawa organik. Selain itu juga telah dilakukan degradasi polutan organik dengan modifikasi zeolit alam dan karbon aktif sebagai bahan adsorben dan fotokatalis yang dimodifikasi dengan TiO_2 Degussa P25³.

Pemanfaatan semikonduktor Titanium dioksida (TiO_2) dalam proses fotokatalitik sudah begitu luas. Ini terlihat dalam proses fotodegradasi zat warna yang merupakan suatu kajian yang sangat menarik. Zat warna ini bisa berasal dari zat warna sintetik dan zat warna alami berupa zat warna yang disebabkan oleh

senyawa organik dalam air gambut. Keunggulan penggunaan TiO_2 sebagai katalis adalah merupakan semikonduktor non toksik, punya kestabilan termal yang sangat bagus, stabil terhadap korosi kimia, inert, dan harganya yang relatif murah^{4,5}, tetapi TiO_2 hanya bekerja dibawah irradiasi sinar UV ($\lambda < 380 \text{ nm}$).

Penelitian terhadap TiO_2 semakin berkembang dengan adanya modifikasi yang dilakukan terhadap TiO_2 dengan pendopingan (penyisipan logam lain) baik kation maupun anion. Beberapa kation (Cr, V, Mn) dan anion (C, N, S, F)⁶ telah dilakukan pendopingan terhadap semikonduktor sehingga dapat mengubah energi state serta mendekatkan jarak pita energi (band gap), akibatnya fotokatalis menjadi responsif terhadap irradiasi sinar tampak. Pendopingan dari anion lain seperti Fosfor (P) dan Nitrogen (N) pada TiO_2 juga telah dilakukan. Ini diaplikasikan pada proses degradasi rhodamin B⁷, Rhodamin B merupakan zat warna sintetik yang digunakan pada pewarnaan kayu dan tekstil yang banyak mencemari lingkungan. Hasilnya menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalitik yang terlihat dari perubahan warna rhodamin B yang semakin berkurang dengan bantuan $\text{TiO}_2\text{-P}$ dan $\text{TiO}_2\text{-N}$.

Sementara itu, banyaknya lahan gambut di daerah Sumatera Barat, khususnya di kabupaten pesisir selatan mendorong peneliti untuk menerapkan aplikasi fotokatalitik dari semikonduktor TiO_2 yang didoping Nitrogen ($\text{TiO}_2\text{-N}$) pada proses penjernihan air gambut dengan menguji aktivitas fotokatalitiknya. Sebagaimana diketahui bahwa air gambut berwarna merah hingga kecoklatan ini disebabkan oleh senyawa organik berupa asam humat. Akibatnya air gambut tidak memenuhi persyaratan air yang baik untuk digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apakah dengan adanya doping Nitrogen (N) pada TiO_2 dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik pada proses penjernihan air gambut dengan pemanfaatan cahaya matahari?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu penyinaran terhadap peningkatan aktivitas fotokatalitik semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada penjernihan air gambut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah: mempelajari pengaruh $\text{TiO}_2\text{-N}$ terhadap peningkatan aktivitas fotokatalitik dalam proses penjernihan air gambut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang salah satu cara sederhana yang dapat dilakukan untuk penjernihan air gambut dengan metode fotokatalitik oleh serbuk TiO_2 yang didoping Nitrogen ($\text{TiO}_2\text{-N}$).
2. Memberikan informasi tentang pengaruh ($\text{TiO}_2\text{-N}$) terhadap waktu pada peningkatan aktivitas fotokatalitik penjernihan air gambut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokimia

Fotokimia adalah bagian dari ilmu kimia yang mempelajari efek cahaya pada sistem kimia. Fotokimia yang merupakan dasar dari fotokatalitik mempelajari efek penyinaran cahaya (foton) pada materi sehingga menyebabkan perubahan pada materi yang dikenai foton tersebut. Reaksi fotokimia merupakan peristiwa reaksi kimia yang diinduksi oleh sinar baik secara langsung maupun tidak langsung. Fotokimia berkaitan erat dengan reaksi yang diawali oleh eksitasi elektron dari suatu molekul akibat serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Molekul pada keadaan tereksitasi ini mempunyai distribusi elektron yang berbeda dari keadaan dasar. Hal ini menyebabkan molekul dalam keadaan tereksitasi mempunyai kemungkinan yang lebih besar untuk berubah ke bentuk produk dibandingkan kembali ke keadaan dasar.

Ada dua kemungkinan yang terjadi jika suatu materi dikenai foton: materi akan menyerap foton sehingga menyebabkan materi dapat rusak sehingga terbentuk produk baru serta ada juga materi yang akan memantulkan foton. Pada fotokimia, kemungkinan yang sering terjadi adalah kemungkinan materi akan menyerap foton.

Proses fotokimia dapat terjadi dalam dua tingkat: reaksi fotokimia primer dan reaksi fotokimia sekunder. Reaksi fotokimia primer yaitu reaksi yang dapat terjadi secara langsung akibat terabsorbsinya foton. Sedangkan reaksi fotokimia sekunder disebabkan oleh radikal, ion radikal, ion-ion, dan elektron yang dihasilkan pada reaksi fotokimia primer.

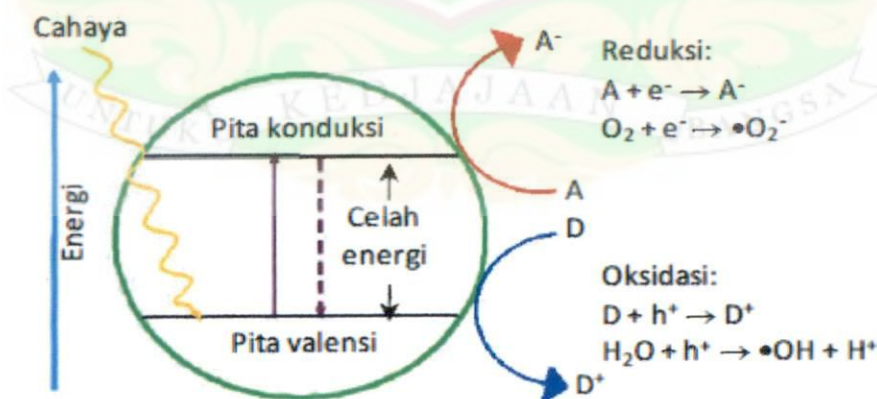
Pada kenyataannya, panjang gelombang yang aktif secara fotokimia hampir selalu ultraviolet (UV). Dengan demikian industri fotokimia dewasa ini dianggap sebagai suatu aplikasi dari sinar UV. Tetapi dengan berkembangnya usaha pendopingan terhadap semikonduktor sebagai katalis fotokatalitik dalam fotokimia dapat membuka peluang yang lebih besar lagi dalam memanfaatkan sinar tampak yang begitu banyak di bumi ini.

Sumber foton pada fotokimia haruslah yang mempunyai intensitas yang tinggi. Sifat dari sumber foton ini adalah merusak materi yang dikenainya. Daerah sumber foton yang digunakan dalam fotokimia adalah UV-Visible. Jika menggunakan sinar matahari sebagai sumber foton dalam fotokatalitik yang harus diketahui adalah sinar matahari yang bersifat polikromatis mengemisikan sinar berupa sinar tampak dan sinar UV.

2.2 Fotokatalitik semikonduktor

Fotokatalitik merupakan suatu proses transformasi kimia yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Proses reaksi tersebut membutuhkan kehadiran pasangan elektron dan *hole* (e^- dan h^+) dan pasangan tersebut tercipta akibat penyerapan cahaya (foton) pada material semikonduktor.

Mekanisme kerja fotokatalis ditunjukkan oleh Gambar 1 diawali dengan penyerapan foton ($h\nu$) dengan frekuensi ν dengan besar energi yang sama atau lebih besar dari energi celah antara pita valensi (PV) dan pita konduksi (PK). Akibat adanya energi ini maka elektron (e^-) yang ada pada PV akan tereksitasi pada PK sehingga menimbulkan lubang (*hole* yang bermuatan positif) pada PV. Elektron yang ada pada PK selanjutnya ditangkap oleh senyawa akseptor elektron sedangkan *hole* pada PV diisi oleh elektron dari senyawa donor elektron. Senyawa terakhir menjadi reaktif dan terdekomposisi ke bentuk mineralisasi. Pada proses fotodegradasi senyawa organik dengan fotokatalisis umumnya akan menghasilkan produk-produk mineralisasi berupa CO_2 dan H_2O .



Gambar 1. Proses fotokatalisis pada TiO_2 setelah menyerap sinar UV⁸

Kelebihan teknologi fotokatalitik adalah prosesnya dapat berlangsung pada suhu kamar, butuh energi yang lebih rendah, penggunaan bahan kimia yang sedikit dan relatif murah, serta reaksi yang berlangsung merupakan reaksi redoks sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengendalian lingkungan⁸.

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia. Katalis bekerja secara spesifik untuk reaksi tertentu dan dapat menurunkan besarnya energi aktivasi suatu reaksi. Penurunan energi aktivasi ini disebabkan oleh aktivitas katalis yang mencari jalur reaksi lain yang memiliki energi aktivasi lebih rendah. Katalis akan bereaksi dengan pereaksi, namun katalis akan diperoleh kembali di akhir reaksi.

Berbagai riset telah dilakukan dengan memanfaatkan fotokatalitik. Riset dapat berupa degradasi fenol dengan adanya TiO_2 , CuO , ZnO , CdO , dan Fe_2O_3 dengan lampu UV, pemanfaatan fotokatalis semikonduktor ZnO dan sinar matahari dalam destruksi asam humat air rawa gambut dimana diperoleh degradasi sempurna (100%) menggunakan fotokatalitik selama 120 menit⁹, fotodegradasi metilen blue (MB) menggunakan katalis TiO_2 montmorilonit dan sinar UV¹⁷ serta degradasi fotokatalitik dari Diethylstilbestrol (DES) dalam air menggunakan variasi katalis berukuran nano dibawah radiasi sinar UV dimana hasilnya menunjukkan bahwa persentase degradasi meningkat dengan penggabungan katalis dan peningkatan lama penyinaran¹⁰.

Semikonduktor merupakan elemen atau komponen dengan pita yang terisi penuh di bagian bawah (pita valensi (PV)), tetapi tidak overlap dengan pita kosong dibagian atas (pita konduksi (PK)). Disebut semikonduktor karena bahan ini bukanlah merupakan konduktor murni yang dapat mengantarkan arus listrik dengan baik. Perbedaan antara konduktor, semikonduktor, dan isolator terletak pada ukuran energi celah (E gap). Pada konduktor yang umumnya berupa logam, antara pita valensi dan pita konduksi terjadi overlap, sedangkan isolator antara kedua pita energi celahnya sangat lebar sehingga elektron dari pita valensi tidak dapat terkesitasi ke pita konduksi. Berbeda dengan semikonduktor yang berada diantara konduktor dan isolator dimana energi celah yang kecil sehingga memungkinkan untuk terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita

konduksi dengan pemberian energi eksternal yang sesuai seperti energi panas atau energi cahaya.

Beberapa oksida dan sulfida logam yang dapat bersifat semikonduktor yang biasa digunakan dalam fotokatalisis adalah SiO₂, ZnO, SrTiO₃, TiO₂, CuO, CdO, Fe₂O₃, CdS, dan ZnS. Titanium dioksida (TiO₂) adalah semikonduktor yang paling umum digunakan. Absorpsi sinar UV oleh TiO₂ akan diikuti oleh perpindahan elektron dari PV ke PK dimana terbentuk *hole* pada PV dan elektron pada PK.

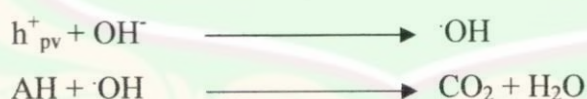
Pada proses fotodegradasi komponen asam humat pada air rawa gambut menggunakan semikonduktor TiO₂ dibawah irradiasi sinar matahari, mekanisme untuk reaksi fotokatalitik dari semikonduktor TiO₂ dapat dilihat sebagai berikut¹⁰:



Elektron pada pita konduksi ditangkap oleh oksigen terlarut sebagai spesies oksidator.



Disamping itu *hole* pada pita valensi juga dapat di netralkan muatannya oleh spesies reduktor atau asam humat (AH) dalam air rawa gambut :



Secara keseluruhan dari reaksi ini, OH^\cdot inilah yang berperan dalam mendegradasi senyawa organik dalam air rawa gambut. Ketersediaan oksigen dan substrat (asam humat dalam air rawa gambut) tidak mengalami transfer langsung, tapi melibatkan terbentuknya hidrogen peroksida H₂O₂ terlebih dahulu sebagai sumber radikal hidroksil (OH^\cdot)

2.3 TiO₂ (Titanium Dioksida)

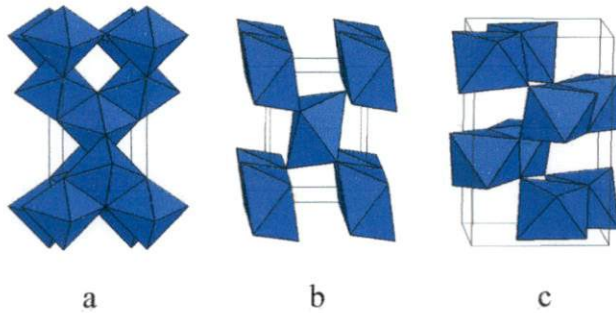
TiO₂ merupakan semikonduktor yang paling umum digunakan dan merupakan pilihan yang terbaik dari berbagai jenis fotokatalis semikonduktor yang ada. Hal

ini dikarenakan bersifat non toksik, relatif murah, dapat dipakai ulang, daya tahan terhadap korosi, serta punya kestabilan termal⁶. Titanium dioksida biasanya terdapat dalam bentuk powder yang sifat amfoter dan sulit larut dalam air. TiO_2 memiliki berat molekul 79,87 g/mol dimana kadar Ti 59,95% dan kadar O 40,05%. Titik leleh dari TiO_2 adalah 1870 °C serta hanya dapat larut dalam H_2SO_4 pekat.

Fotokatalis menggunakan TiO_2 yang dikombinasikan dengan sumber cahaya memiliki aspek yang luas pemanfaatannya, seperti penjernihan air, udara, deodorisasi, dan sterilisasi. Efek sterilisasi disini terlihat pada pemecahan dinding sel dan membran bakteri serta membunuh virus, bakteri dan pembersihan debu di udara. TiO_2 secara luas juga telah digunakan sebagai pelapis bahan bangunan baik untuk lantai, atap, dan dinding ruangan¹¹. Keuntungan yang ditimbulkan dengan penggunaan TiO_2 ini adalah benda yang dilapisi menjadi tidak mudah kotor, frekuensi pembersihan menjadi lebih lama, dan cukup dengan penambahan air disertai dengan dikenai cahaya.

Dengan adanya sinar UV, maka permukaan TiO_2 dapat mengalami reaksi kimia. Permukaan TiO_2 menghasilkan pasangan elektron dan *hole* positif pada permukaan. Absorpsi sinar dalam TiO_2 berada pada λ kurang dari 387 nm (untuk bentuk kristal anatase dengan band gap 3,2 eV) diikuti perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi dari semikonduktor.

Aktivitas fotokatalitik TiO_2 dipengaruhi oleh bentuk kristal, luas permukaan, distribusi ukuran partikel, dan densitinya. Tiga macam bentuk kristal TiO_2 yang telah dikenal yaitu anatase, rutil dan brokit. Kristal dalam bentuk anatase dan rutil mudah diamati di alam dan dapat digunakan sebagai fotokatalitik sedangkan brokit sulit diamati karena tidak dalam bentuk yang stabil. Kristal anatase berbentuk tetragonal yang pembuatannya dilakukan dengan pemanasan pada temperatur 400-500°C. Kristal rutil (tetragonal) dibuat pada temperatur 600-1200 °C, dan TiO_2 brokit (orthorombik) pemanasannya diatas 1200 °C.



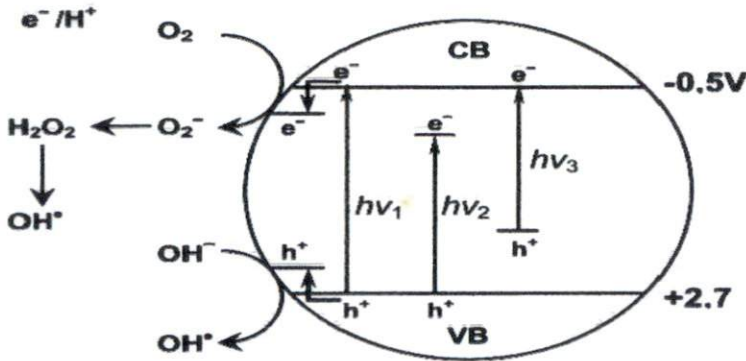
Gambar 2. Struktur Kristal (a) anatase (b) rutil (c) brokit

2.4 Doping pada semikonduktor TiO_2

Titanium dioksida (TiO_2) murni hanya aktif pada daerah ultraviolet karena punya band gap 3.2 eV. TiO_2 yang berfungsi sebagai fotokatalis mempunyai aktivitas fotokatalitik yang mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik. Baru-baru ini banyak dilakukan oleh para ahli usaha untuk memperluas penyerapan cahayanya ke daerah sinar tampak dengan cara pendopingan ke dalam TiO_2 tersebut¹². Doping yang dilakukan dapat berupa ion logam maupun non logam. Pada pendopingan dengan ion logam seperti Fe, Cr, V Ni, Ce, Cs, Cu dan La tapi ini belum menunjukkan aktivitas yang stabil setelah waktu tertentu dikarenakan sifatnya yang fotokorosi.

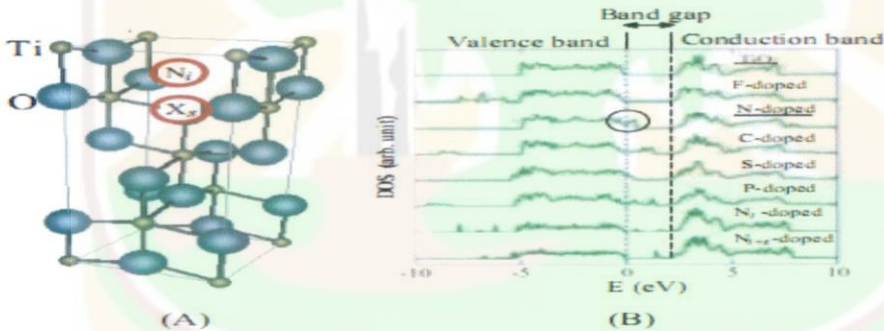
Sedangkan pendopingan dengan non logam seperti B, C, N, S, P menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalitik yang lebih efektif dibanding doping dengan logam¹³. Non logam sebagai pendoping ini dapat menggantikan oksigen dalam kisi titania atau hadir di lokasi interstisial. Dari hasil spektra Uv-Vis menunjukkan bahwa doping anion ini dapat memperluas penyerapan TiO_2 dari wilayah UV dengan λ kecil dari 380 nm ke wilayah tampak¹⁴.





Gambar 3. Mekanisme dari katalis TiO₂: ($h\nu_1$) TiO₂ murni ($h\nu_2$): TiO₂ didoping logam dan ($h\nu_3$) TiO₂ didoping non logam¹³.

Berdasarkan mekanisme diatas dapat diketahui bahwa pendopingan pada semikonduktor akan sangat berpengaruh pada eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Jenis dari pendoping (logam atau non logam) juga mempengaruhi kondisi eksitasi elektron¹¹. Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan pendopingan pada semikonduktor akan memperkecil energi gap antara pita valensi dan pita konduksi¹³.



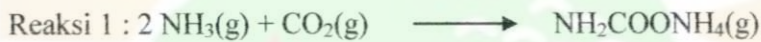
Gambar 4. Pengaruh doping terhadap energi celah (A) Ni menunjukkan doping N pada posisi interstitial dan Xs menggantikan O (B) jarak band gap setelah di doping¹³.

2.5 Nitrogen

Nitrogen dengan lambang kimia N memiliki nomor atom 7. Nitrogen terdapat di alam terutama sebagai dinitrogen, N₂(titik didih 77,3 K) yang terdiri atas 78% dari volume atmosfer bumi.

Nitrogen dapat juga digunakan sebagai pendopingan pada semikonduktor karena unsur ini dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik. Pendopingan bertujuan untuk memperlebar penyerapan ke sinar tampak.

Pada pendopingan dengan metode *solid state reaction* sumber nitrogen berasal dari urea. Urea adalah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Urea juga dikenal dengan nama carbamide yang terutama digunakan di kawasan Eropa. Nama lain yang juga sering dipakai adalah *carbamide resin*, *isourea*, *carbonyl diamide* dan *carbonyldiamine*. Urea merupakan pupuk nitrogen yang paling mudah dipakai. Zat ini mengandung nitrogen paling tinggi (46%) di antara semua pupuk padat. Prinsip pembuatan urea pada umumnya yaitu dengan mereaksikan antara amonia dan karbondioksida pada tekanan dan temperatur tinggi didalam reaktor kontinu untuk membentuk amonium karbamat (reaksi1) selanjutnya amonium karbamat yang terbentuk didehidrasi menjadi urea (reaksi2). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Sintesis urea dilakukan dengan amonia yang berlebih agar kesetimbangan dapat bergeser ke arah kanan sehingga dapat dihasilkan produk yang lebih banyak.

Karla R. Reyes-Gil melakukan doping anion (Nitrogen, Posfor, dan Karbon) terhadap TiO_2 dengan metoda sol gel yang kemudian di uji aktivitas fotokatalitik nya menunjukkan peningkatan penyerapan sinar tampak yang sesuai dengan prinsip doping yaitu memperlebar penyerapan ke sinar tampak¹⁴.

2.6 Air Rawa Gambut

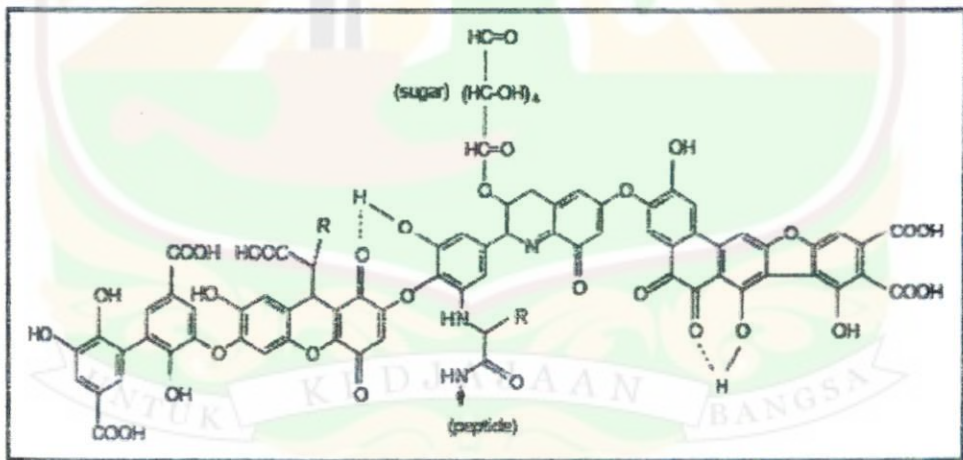
Air rawa gambut merupakan air permukaan yang terdapat pada tanah gambut di daerah rawa. Air rawa gambut umumnya mengandung senyawa organik yang telah terhumuskan seperti asam humat (AH), asam fulvat (AF), dan humin yang dikenal dengan asam humus. Asam humus berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu².

Asam humat dan asam fulvat merupakan senyawa utama dalam bahan organik tanah. Bahan organik (asam humus) dalam air rawa gambut diklasifikasikan menjadi tiga fraksi: asam humat (larut dalam larutan basa tetapi tidak larut dalam larutan asam), fulvat (larut dalam asam dan basa), humin (tidak

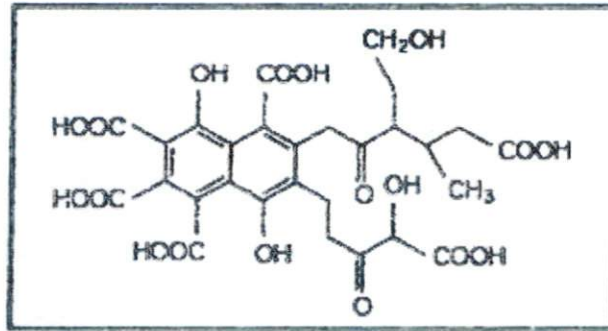
larut dalam asam maupun basa). Dengan demikian asam humat dan asam fulvat menjadi paling penting dalam mendegradasi mineral.

Kualitas air rawa gambut dipengaruhi oleh tekstur tanah, tumbuhan yang hidup di atasnya, ketebalan, dan umur humus. Berdasarkan karakteristik air rawa gambut dengan derajat keasaman (pH) yang rendah, kandungan organik yang tinggi, dan ikatannya dengan logam sangat kuat dalam bentuk khelat menyebabkan air rawa gambut tidak menguntungkan untuk penyediaan air minum. Akibat yang ditimbulkan dari pengonsumsi air rawa gambut dengan karakteristik tersebut adalah menyebabkan kerusakan gigi, sakit perut, menimbulkan bau pada air, serta menimbulkan kematian.

Asam humat merupakan senyawa humat yang larut dalam basa tetapi tidak larut dalam asam. Asam humat memiliki ciri berwarna gelap, mengandung gugus fungsional asam seperti fenolik dan karbosiklik, aktif dalam reaksi kimia, dan memiliki berat molekul (BM) 20.000 – 1.360.000. Asam fulvat larut dalam asam maupun basa dengan berat molekul 275 – 2110. Sedangkan humin memiliki berat molekul terbesar, tidak aktif dalam reaksi kimia, memiliki warna paling gelap, serta tidak larut dalam asam maupun basa. Berikut adalah model struktur dari asam humat dan asam fulvat:



Gambar 5. Model struktur dari asam humat menurut Stevenson (1982)



Gambar 6. Model struktur dari asam fulvat menurut Buffle et al. (1977)

Asam humat merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional seperti $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenolat, dan gugus yang mengandung N. Pada pH rendah, asam humat cenderung dalam bentuk molekular karena tidak ada gugus yang akan menyerang hidrogen karboksil.

Pada proses fotodegradasi air rawa gambut, asam humat dalam air rawa gambut dapat bertindak sebagai *photosensitizer* karena asam inilah yang menyebabkan warna dari air rawa gambut. Asam humat ini lah yang nantinya akan menyerap cahaya dari sinar matahari. Pada proses fotokatalitik ini, yang dituju oleh foton ($h\nu$) sebenarnya adalah asam humat dengan molekul yang amat besar dan kompleks bila disinari dengan sinar matahari dan dibantu katalis maka akan terjadi degradasi terhadap asam humat. Dengan arti kata, proses baru berlangsung pada penghilangan ikatan rangkap molekul asam humat, tetapi belum pemecahan molekul. Adanya gugus karboksil dan $-\text{OH}$ fenolat juga mengindikasikan bahwa asam humat dapat bertindak sebagai donor elektron dalam reaksi fotokatalitik pada fotodegradasi air rawa gambut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektrokimia jurusan kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang. Penelitian dilakukan bulan Mei – September 2011.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah neraca analitis, mortar, cawan porselen, furnace, oven, kertas saring Whatman 42, pH meter, spektrofotometer UV-Vis, cawan petri, dan alat-alat gelas standar. Adapun bahan-bahan yang digunakan: TiO_2 powder, urea sebagai sumber doping Nitrogen (N), air gambut, akuabides, dan cahaya matahari.

1.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Persiapan Doping Nitrogen (N) pada TiO_2 menggunakan metoda *solid state reaction*

TiO_2 powder dan urea (untuk doping N) dengan berbagai perbandingan massa 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, 2:8 dicampur dan digiling di dalam mortar. Campuran keduanya digiling hingga homogen kemudian dikalsinasi secara bertahap dalam furnace pada suhu 100°C - 500°C masing-masing selama 2 jam. Setelah dikalsinasi, bubuk dicuci dengan akuabides lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 15 menit.

3.3.2 Karakterisasi TiO_2 -N dengan XRD dan EDX

Kondisi terbaik yang menunjukkan aktivitas fotokatalitik pada proses fotodegradasi air rawa gambut oleh semikonduktor TiO_2 -N kemudian dikarakterisasi dengan XRD, sedangkan komposisi TiO_2 -N dikarakterisasi dengan EDX.

3.3.3 Pengambilan Air Rawa Gambut

Sampel air rawa gambut diambil di daerah Tanjung Gadang Kecamatan Sutera Kabupaten Pesisir Selatan pada tanggal 3 Mei 2011. Air rawa gambut yang

diambil dihindarkan dari sinar matahari kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42. Kemudian diukur pH dari air rawa gambut dengan pH meter.

3.3.4 Pengukuran Aktivitas Fotokatalitik

Aktivitas fotokatalitik dari semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada fotodegradasi air gambut dievaluasi dibawah sinar matahari. Katalis dibuat dari 0,1 g $\text{TiO}_2\text{-N}$ dari berbagai perbandingan pencampuran sebelumnya dengan membuat suspensi $\text{TiO}_2\text{-N}$ dalam 250 mL akuabides. Kemudian diambil 5 mL dari suspensi tersebut dan dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah berisi 25 mL air gambut. Setelah keduanya diaduk, ditempatkan 30 mL larutan sampel (air rawa gambut + suspensi $\text{TiO}_2\text{-N}$) ke dalam cawan petri. Selanjutnya dilakukan penyinaran dibawah sinar matahari pada berbagai variasi waktu, yaitu 3, 4, 5, 6, dan 7 jam. Tingkat degradasi air rawa gambut ditentukan berdasarkan perubahan serapan air rawa gambut sebelum dan sesudah disinari yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis.



BAB IV

HASIL DAN DISKUSI

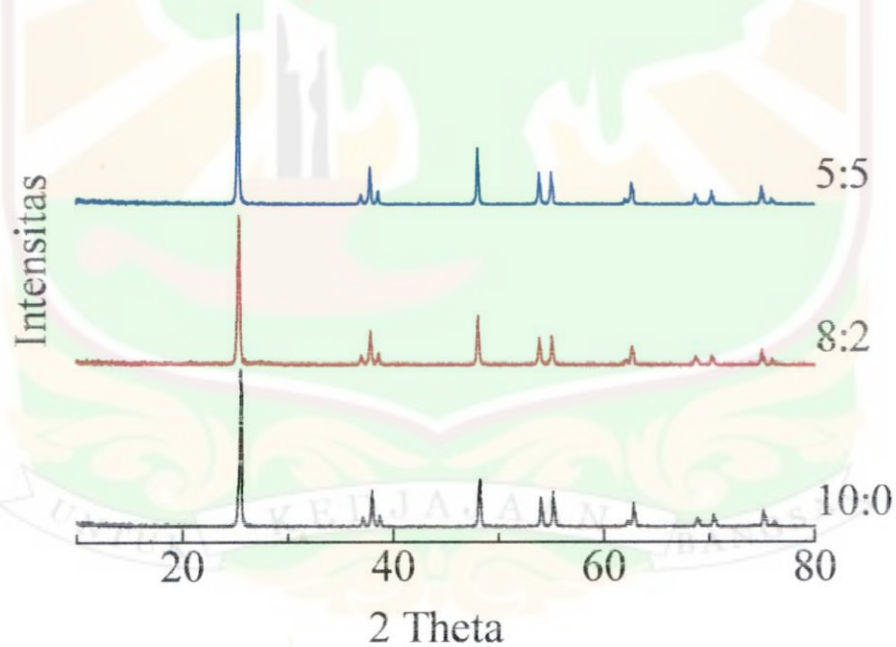
4.1 Doping Nitrogen (N) pada TiO₂ dengan Metode *Solid State Reaction* serta Pengaruh Variasi Doping N pada TiO₂ Terhadap Fotodegradasi Air Rawa Gambut

Metode yang digunakan dalam proses pendopingan ini berupa *solid state reaction*. Metoda *solid state reaction* merupakan reaksi padatan-padatan yang dilakukan dengan mencampurkan antara TiO₂ (katalis) dengan urea (Dopan N) yang kemudian digiling dalam mortar sehingga memperhalus tekstur keduanya dan memperluas luas permukaan dari keduanya. Doping N pada TiO₂ dipengaruhi oleh proses pencampuran (*mixing*) kedua material. Proses *mixing* sangat penting dalam pembentukan serbuk. Serbuk yang tidak homogen akan menyebabkan hasil doping yang kurang sempurna. Untuk kesempurnaan diperlukan waktu yang lebih lama dalam proses *mixing* dan penggilingan (*milling*). Faktor lain penentu keberhasilan doping adalah temperatur kalsinasi. Dilakukan 6 variasi TiO₂ dengan dopan (TiO₂ : N) yang dilakukan yaitu 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, dan 2:8.

Perbandingan		Penimbangan massa (gram)		Massa (gram) cawan + TiO ₂ :N	
TiO ₂	Dopan N	TiO ₂	Dopan N	Sebelum kalsinasi	Setelah kalsinasi
10	0	2,061	0	33,095	31,394
8	2	2,007	2,146	22,959	20,243
6	4	2,104	5,721	19,384	17,699
5	5	2,081	8,584	21,763	19,552
4	6	2,038	12,875	35,381	32,088
2	8	2,049	34,334	58,969	52,965

Tabel 1. Data penimbangan variasi TiO₂:N sebelum dan setelah kalsinasi

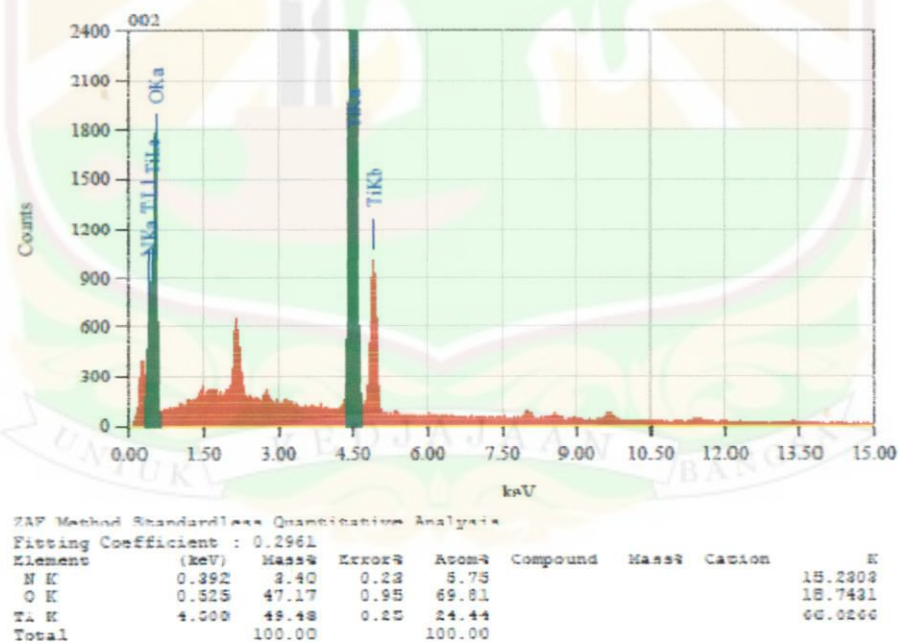
Terhadap variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ dilakukan proses kalsinasi dalam furnace. Kalsinasi disini bertujuan untuk membentuk kristal dari garam yang diberi perlakuan tertentu, sehingga merubah struktur kristal dari kondisi semula seperti TiO_2 yang setelah dikalsinasi secara bertahap dari temperatur 100°C sampai pada temperatur 500°C masing-masing selama 2 jam struktur kristalnya menjadi anatase dengan band gap 3,2 eV, sedangkan perlakuan dengan penambahan dopan (N) dari urea diharapkan pada TiO_2 akan terdoping dopan (N) tersebut yang mampu meningkatkan aktivitas semikonduktor TiO_2 sebagai katalis¹⁵. Untuk mengetahui struktur kristal dari TiO_2 dilakukan karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD). Hasil kalsinasi menunjukkan struktur kristal TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-N}$ berbentuk anatase, sedangkan perlakuan dengan penambahan urea pada TiO_2 bertujuan untuk mendistribusikan N pada TiO_2 sehingga diharapkan mampu meningkatkan aktivitas semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ sebagai katalis dalam proses fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari. Berikut ini adalah hasil karakterisasi berupa XRD dan EDX dari $\text{TiO}_2\text{:N}$.



Gambar 7. Pola XRD dari beberapa variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ setelah dikalsinasi 500°C selama 2 jam

Gambar 7 memperlihatkan munculnya puncak-puncak kristalin pada pola XRD dari partikel TiO_2 dengan beberapa variasi $\text{TiO}_2:\text{N}$ setelah dilakukan kalsinasi pada temperatur 100-500 $^\circ\text{C}$ masing-masing selama 2 jam. Secara teoritis TiO_2 mempunyai tiga bentuk kristal yang berbeda yaitu anatase, rutil, dan brokit dimana masing-masing mempunyai 2θ yang spesifik. Berdasarkan standar JCPDS card no. 71-1168 bentuk kristal anatase dengan 2θ tertinggi pada 25,20 $^\circ$.

Dari Gambar 7 dapat diketahui bahwa struktur kristal dari $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$ adalah anatase dengan 2θ berada pada 25,426. Sedangkan untuk variasi doping dari $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$ diperoleh juga struktur kristal anatase dengan puncak tertinggi 2θ pada 25,34 dan $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$ diperoleh juga struktur kristal anatase dengan puncak tertinggi 2θ pada 25,29 seperti terlihat pada Gambar 7. Informasi yang diperoleh dari pola XRD yaitu dengan adanya penambahan N pada TiO_2 ternyata tidak merubah bentuk kristal dari TiO_2 anatase menjadi amorf, tetapi tetap dalam bentuk kristal. Ukuran rata-rata dari kristal dapat dihitung dengan persamaan Scherrer dari sudut tertinggi pada puncak XRD. Ukuran kristal pada puncak tertinggi $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$; $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$; dan $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$ berturut-turut adalah 33,051 nm ; 30,789 nm dan 37,032 nm

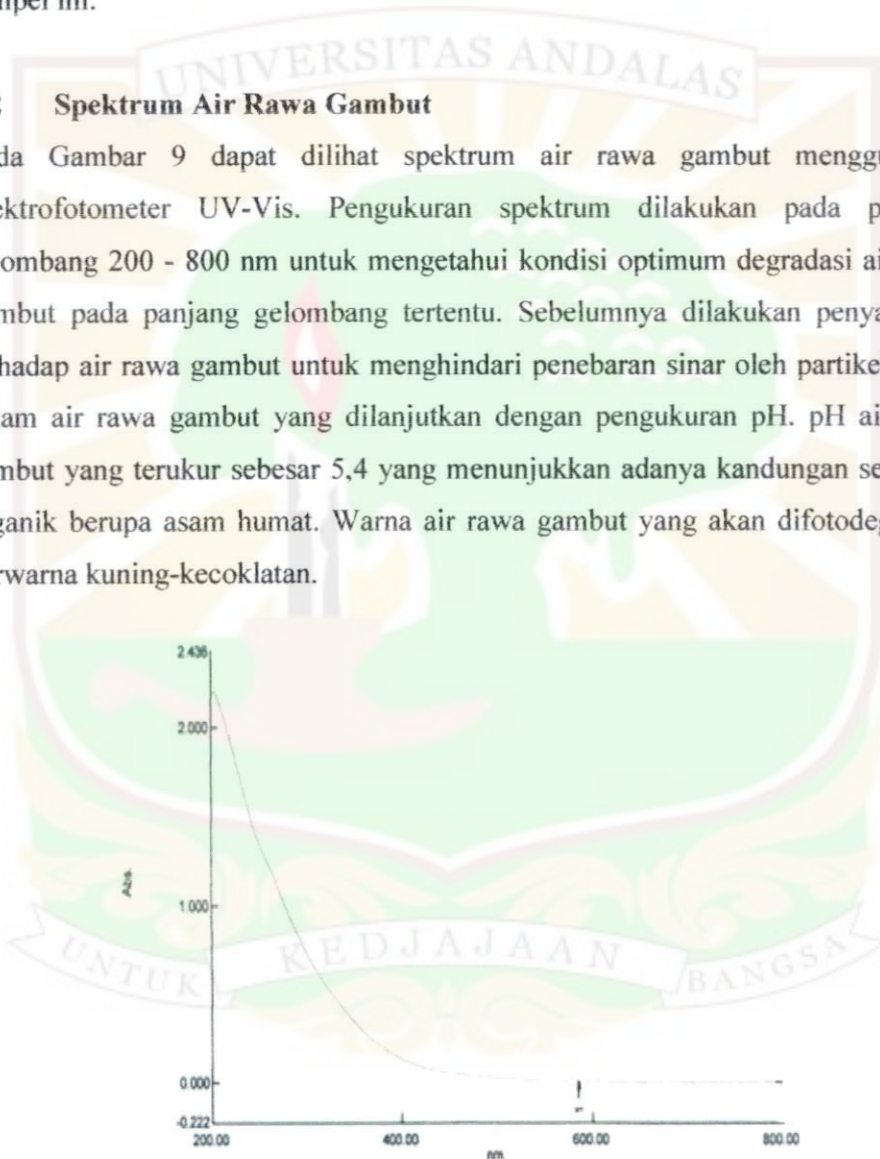


Gambar 8. Spektrum EDX dari $\text{TiO}_2:\text{N}$ pada variasi 5:5

Pada spektrum EDX informasi yang diperoleh adalah komposisi kimia dari penambahan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ pada TiO_2 . Dari spektrum diketahui bahwa pengkalsinasian pada 500°C selama 2 jam berperan dalam mendistribusikan N pada TiO_2 . Spektrum EDX untuk $\text{TiO}_2\text{-N}$ dilihat pada Gambar 8. Analisis EDX pada ratio $\text{TiO}_2\text{:N} = 5\text{:}5$ memperlihatkan adanya Ti, O, dan N. Dimana N berada pada 0,392 keV dengan persen massa yang sangat rendah yaitu 3,40 dan Ti pada 4,500 keV dengan persen masa 49,43 yang merupakan komponen terbesar dari sampel ini.

4.2 Spektrum Air Rawa Gambut

Pada Gambar 9 dapat dilihat spektrum air rawa gambut menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran spektrum dilakukan pada panjang gelombang 200 - 800 nm untuk mengetahui kondisi optimum degradasi air rawa gambut pada panjang gelombang tertentu. Sebelumnya dilakukan penyaringan terhadap air rawa gambut untuk menghindari penebaran sinar oleh partikel padat dalam air rawa gambut yang dilanjutkan dengan pengukuran pH. pH air rawa gambut yang terukur sebesar 5,4 yang menunjukkan adanya kandungan senyawa organik berupa asam humat. Warna air rawa gambut yang akan difotodegradasi berwarna kuning-kecoklatan.



Gambar 9. Spektrum UV-Vis air rawa gambut sebelum difotokatalisis

Pada spektrum tidak memperlihatkan serapan maksimum dari air rawa gambut pada daerah sinar tampak, tetapi dalam daerah UV terjadi peningkatan serapan. Maka dapat dikatakan bahwa serapan air rawa gambut berada pada daerah UV. Kondisi optimum degradasi air rawa gambut diperoleh dengan melakukan eksplorasi panjang gelombang patokan dalam daerah UV pada nilai serapan berdasarkan skala cm. Diambil satu titik sebagai patokan untuk mengukur serapan dari air gambut yaitu pada panjang gelombang (λ) 262,5 nm. Dari Gambar 9 dapat diketahui nilai serapan air rawa gambut pada $\lambda = 262,5$ nm sebelum difotokatalisis adalah 1,142. Untuk perlakuan terhadap air rawa gambut yang akan difotokatalisis dilakukan pengukuran serapan pada panjang gelombang patokan.

4.3 Uji Aktivitas Fotokatalitik dari Semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut

Degradasi fotokatalitik air rawa gambut merupakan kerusakan (cacat) rantai yang dialami asam humat akibat adanya energi cahaya dari luar pada panjang gelombang tertentu dengan adanya katalis. Cahaya atau sumber foton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sinar matahari. Terjadinya degradasi dapat diketahui dengan menunjukkan nilai absorban.

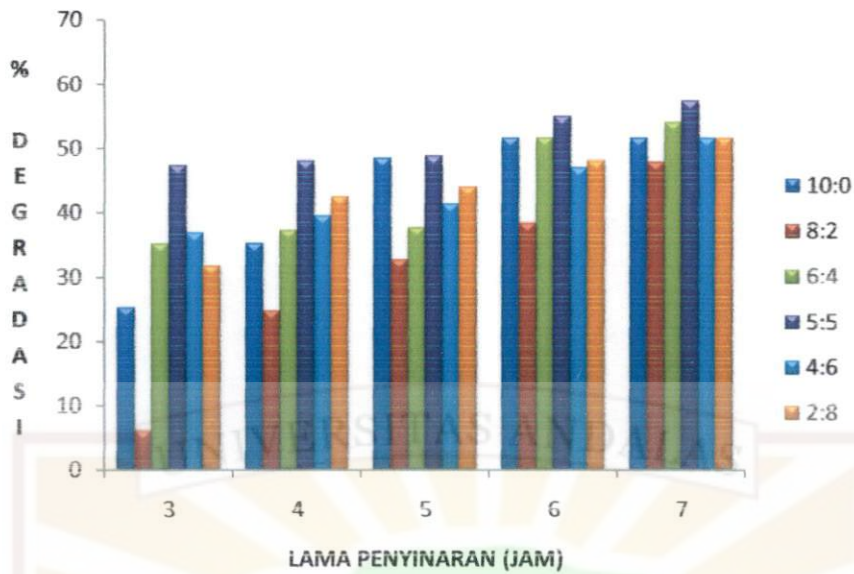
Aktivitas fotokatalitik dari semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ dievaluasi dari perubahan absorban dari air rawa gambut. Masing-masing variasi doping yang dilakukan adalah $\text{TiO}_2: ((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, \text{ dan } 2:8$ yang kemudian disinari dibawah sinar matahari dalam waktu yang bersamaan.

Tabel 2 dan Gambar 10 memperlihatkan hubungan pemberian katalis dan penyinaran dibawah sinar matahari terhadap absorban air rawa gambut. Ditemukan bahwa pemberian katalis dan penyinaran air rawa gambut dengan sinar matahari dapat menurunkan nilai absorban larutan sampel atau dengan kata lain meningkatkan persen degradasi dari air rawa gambut.

Waktu (jam)	Perbandingan Doping TiO ₂ :N											
	10:0		8:2		6:4		5:5		4:6		2:8	
	A _t	%	A _t	%	A _t	%	A _t	%	A _t	%	A _t	%
0	1.142	0	1.142	0	1.142	0	1.142	0	1.142	0	1.142	0
3	0.853	25,31	1.072	6,13	0.739	35,29	0.601	47,37	0.720	36,95	0.779	31,79
4	0.738	35,38	0.858	24,87	0.715	37,39	0.592	48,16	0.689	39,67	0.656	42,56
5	0.587	48,59	0.767	38,84	0.710	37,83	0.583	48,95	0.668	41,51	0.638	44,13
6	0.551	51,75	0.702	38,53	0.550	51,84	0.512	55,17	0.603	47,19	0.591	48,25
7	0.550	51,84	0.593	48,07	0.522	54,29	0.484	57,62	0.550	51,84	0.550	41,84

Tabel 2. Data persen degradasi dan absorban air rawa gambut sebelum difotokatalis dan fotokatalisis dibawah sinar matahari.

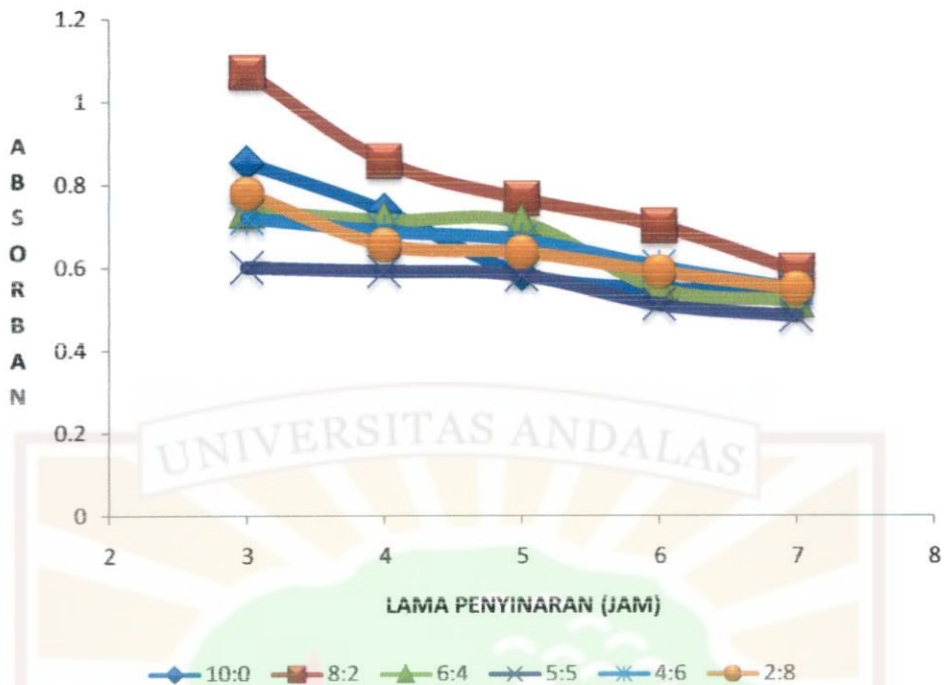
Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa penambahan TiO₂ pada fotodegradasi air rawa gambut dapat menurunkan absorban air rawa gambut. Penurunan absorban ini disebabkan adanya asam humat yang diserap oleh katalis TiO₂. Sama halnya dengan penyinaran terhadap air rawa gambut ternyata juga memberi penurunan absorban. Untuk menyempurnakan fotodegradasi air rawa gambut, maka ke dalam air rawa gambut dilakukan fotokatalisis yang merupakan gabungan kedua perlakuan sebelumnya yaitu penambahan TiO₂ sekaligus penyinaran dibawah sinar matahari yang absorbannya jauh mengalami penurunan, dimana penurunan absorban ini sebanding dengan peningkatan persen degradasi air rawa gambut.



Gambar 10. Hubungan %degradasi dengan lama penyinaran di bawah sinar matahari

Bila nilai absorban ini dikonversikan kedalam nilai persen degradasi air rawa gambut, terlihat jelas bahwa air rawa gambut dengan penambahan katalis $\text{TiO}_2\text{-N}$ memiliki % degradasi relatif lebih tinggi dibandingkan TiO_2 .

Nilai % degradasi air rawa gambut menggunakan $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada rasio 5:5 mencapai 57,62% selama 7 jam, sedangkan dengan pemberian katalis TiO_2 menunjukkan 51,84%. Jika % degradasi air rawa gambut dihubungkan dengan peningkatan lama penyinaran dibawah sinar matahari maka diperoleh nilai yang sebanding. Begitu juga terhadap penggunaan katalis $\text{TiO}_2\text{-N}$, dengan meningkatnya lama penyinaran maka % degrading air rawa gambut juga semakin meningkat. Ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Aktivitas fotokatalitik dengan berbagai variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ di bawah sinar matahari.

Reaksi yang terjadi pada fotodegradasi air rawa gambut adalah reaksi redoks dimana terjadi pelepasan dan penangkapan elektron yang diakibatkan oleh energi foton ($h\nu$). Reduktora merupakan senyawa penyumbang elektron (donor) sedang oksidator adalah senyawa penerima elektron (akseptor) yang memiliki reaktivitas tinggi dan mengalami reaksi untuk membentuk produk-produk mineralisasi⁹. Nilai absorbansi setara dengan konsentrasi asam humat yang ada dalam air rawa gambut serta menyatakan banyaknya fotodegradasi oleh sinar matahari. Sedangkan panjang gelombang mengindikasikan besar energi eksitasi.

Gambar 11 memperlihatkan hasil dari aktivitas fotokatalitik pada fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari dengan menggunakan variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$. Berdasarkan gambar diketahui bahwa air rawa gambut mampu terdegradasi dibawah sinar matahari dengan berbagai variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$. Dari enam variasi $\text{TiO}_2\text{:N}$ terlihat penurunan absorbansi paling tajam terjadi $\text{TiO}_2\text{:N}$. Menurut penelitian yang dilakukan Gao-Song Shao, Tian-Yi Ma, Xue-Jun Zhang, Tie-Zhen

Ren, dan Zhong-Yong Yuan dimana laju dekomposisi dari N doping TiO₂ lebih tinggi dibandingkan TiO₂ tanpa doping terhadap senyawa organik dengan penyinaran dibawah sinar UV dan tampak⁷.

Berdasarkan tabel dan gambar dapat diamati bahwa dalam 7 jam penyinaran menggunakan sinar matahari terhadap 25 mL air gambut dengan pH 5,4 dengan adanya katalis dengan konsentrasi 400 ppm (pelarut akuabides) yang dicampur dengan air gambut sebanyak 5 mL sehingga volume larutan yang akan di degradasi menjadi 30 mL mampu mendegradasi sebesar 57,62%.

4.4 Kinetika Fotokatalitik Semikonduktor TiO₂-N pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut

Uji fotokatalitik semikonduktor TiO₂-N fotodegradasi air rawa gambut dengan variasi doping dan lama penyinaran bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara lama penyinaran dengan rasio ln A₀/A_t. Data hasil perhitungan dan kurva diperlihatkan dalam Tabel 3 dan Gambar 12.

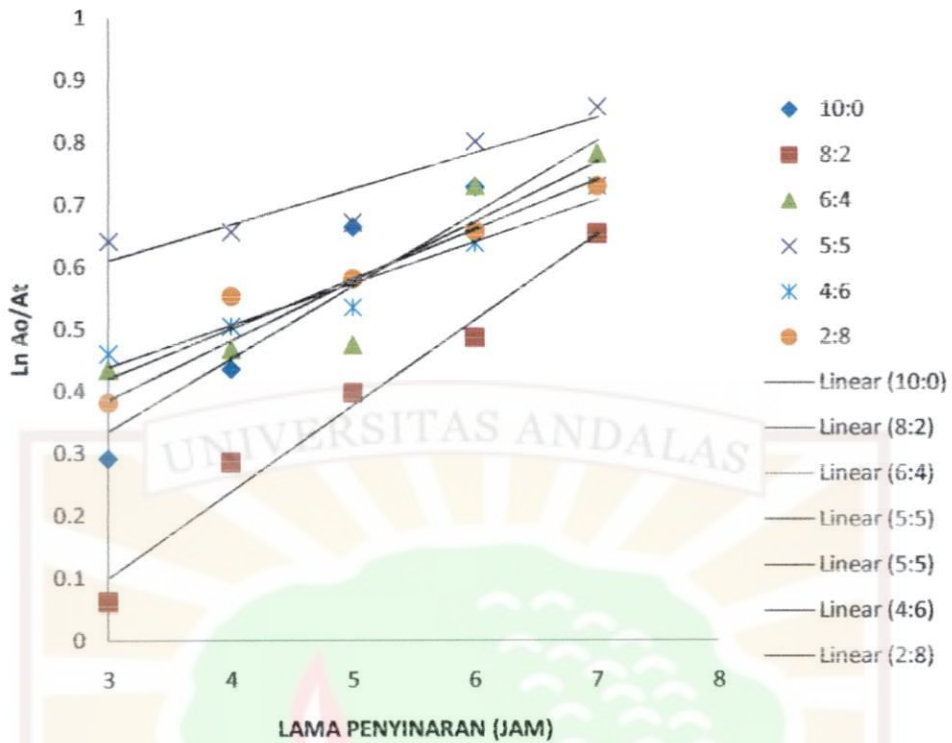
Lama Penyinaran (jam)	ln A ₀ / A _t TiO ₂ : ((NH ₂) ₂ CO)					
	10:0	8:2	6:4	5:5	4:6	2:8
3	0,292	0,063	0,435	0,642	0,461	0,382
4	0,436	0,286	0,468	0,657	0,505	0,554
5	0,665	0,398	0,475	0,672	0,536	0,582
6	0,729	0,487	0,731	0,802	0,639	0,659
7	0,731	0,655	0,783	0,858	0,731	0,731

Tabel 3. Hasil perhitungan ln (A₀/A_t) untuk kinetika fotokatalisis pada fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari.

Telah banyak dilaporkan bahwa fotokatalisis oleh semikonduktor mengikuti reaksi orde satu. Hal ini dibuktikan dengan penentuan konstanta laju reaksi yang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$-\ln \frac{A_t}{A_0} = k \cdot t \text{ atau } \ln \frac{A_0}{A_t} = k \cdot t$$

Maka diperoleh hasil perhitungan yang dapat dilihat pada kurva seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Kurva kinetika fotokatalisis pada fotodegradasi air rawa gambut dibawah sinar matahari

Berdasarkan kurva kinetika menunjukkan bahwa jika $\ln \frac{A_0}{A_t}$ dialurkan terhadap t , diperoleh garis linear yang menyatakan bahwa orde reaksi dari fotokatalitik pada fotodegradasi air rawa gambut adalah orde satu, dimana harga konstanta kecepatan reaksi (k) dapat diperoleh dari kemiringan (slope) dari kurva. Sedangkan nilai k yang diperoleh secara perhitungan dari rumus $\ln \frac{A_0}{A_t} = k \cdot t$ pada setiap variasi waktu untuk $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$ sebesar $2,5 \times 10^{-3} \text{ menit}^{-1}$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

- a. Berdasarkan uji aktivitas fotokatalitik pada proses penjernihan air gambut menggunakan sinar matahari, ternyata dengan adanya doping nitrogen (doping N) pada TiO_2 menggunakan metoda solid state reaction, dapat meningkatkan kualitas penjernihan air gambut dibandingkan dengan katalis TiO_2 tanpa doping.
- b. Variasi doping yang dilakukan $\text{TiO}_2\text{:N}$ adalah 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, dan 2:8. Dari berbagai variasi doping tersebut, hasil penjernihan air gambut yang terlihat dari % degradasi dengan doping N jauh lebih baik dibandingkan dengan TiO_2 tanpa doping, berdasarkan kelima variasi diatas, $\text{TiO}_2\text{:N} = 5:5$ adalah yang terbaik dengan nilai % degradasi sebesar 57,62%.
- c. Urea cukup bagus digunakan sebagai dopan N pada TiO_2 yang proses pendopingannya dilakukan dengan metode solid state reaction pada proses penjernihan air gambut.

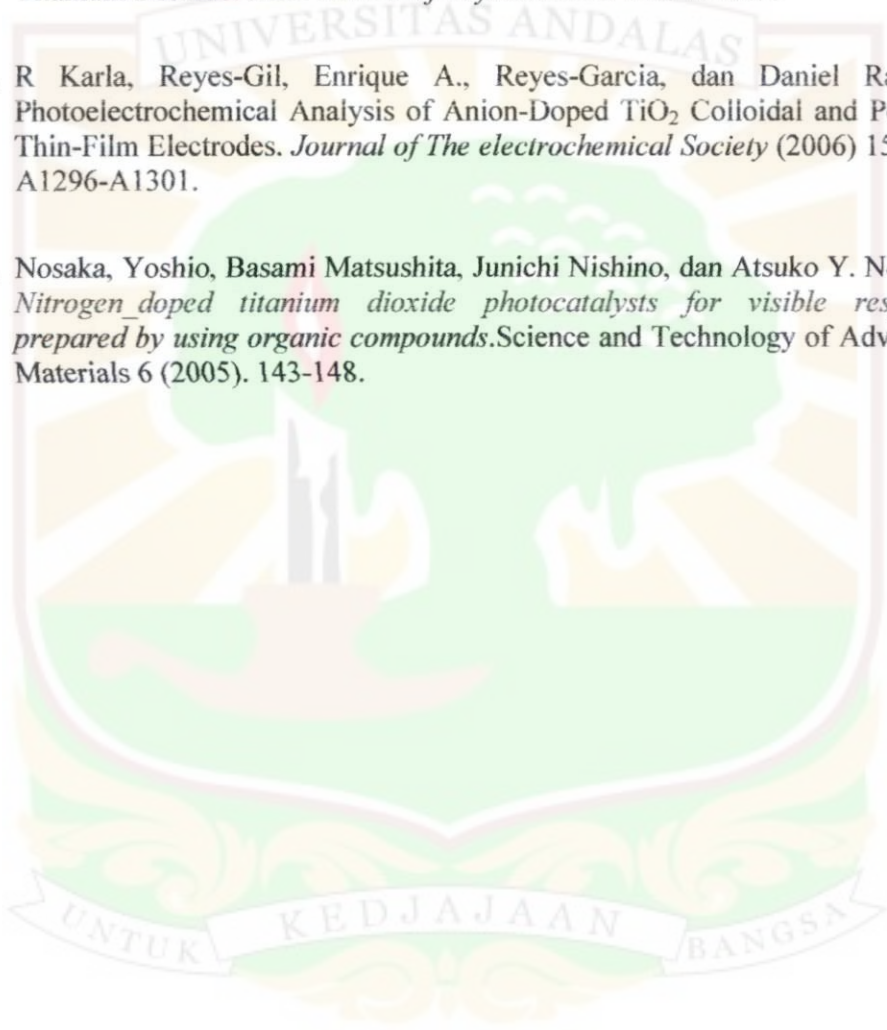
5.2 Saran

Fotokatalis semikonduktor TiO_2 dengan doping N dapat disarankan untuk penjernihan air gambut dengan cahaya matahari, akan tetapi untuk mendukung data yang sudah ada disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dalam hal bervariasi sumber doping N, perancangan sistem kerja dengan pengadukan otomatis di bawah sinar matahari, serta perbandingan dengan metoda lainnya seperti sol gel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sutanmuda. "Penjernihan air untuk rumah tangga". <http://www.google.kharistya.wordpress.com>, diakses tanggal 7 April 2011.
2. Syarfi. Rejeksi zat organik air gambut dengan membrane ultrafiltrasi. *Jurnal sains dan teknologi* 6. 2007.
3. Slamet, Setijo Bismo dan Rita Arbianti. Modifikasi Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan TiO₂ serta Aplikasinya. *DIKTI-Hibah Bersaing*. 2007
4. Arief, Syukri, Admin Alif, Dan Nancy Willian. Pembuatan Lapisan Tipis TiO₂ -Doped Logam M (M= Ni, Cu Dan Zn) Dengan Metoda Dip-Coating Dan Aplikasi Sifat Katalitiknya Pada Penjernihan Air Rawa Gambut. *Jurnal Riset Kimia* (2008) Vol. 2 No. 1.
5. M.R. Hoffman, S.T. Martin, W. Choi, D. W. Bahneman. Enviromental Aplication of Semiconductors Photocatalysts. *Chemical Review* (1995), 95(1): 71-74
6. Natori, Hirotaka, Koici Kobayashy, dan Masashi Takashi. Preparation and Photocatalytic Property of Phosphorus- doped TiO₂ Particles. *Journal Oleo Sci* (2009) 58 (7): 389-394.
7. Shao, Gao-Song, Tian-Yi Ma, Xue-Jun Zhang, Tie-Zhen Ren, dan Zhong-Yong Yuan. Phosphorus and nitrogen co-doped titania photocatalysts with a hierarchical meso-/macroporous structure. *Journal Mater Sci* (2009) 44: 6754-6763.
8. Arutanti, Osi, Mikrajuddin Abdullah, Khairurrijal, Hernawan Mahfudz. Penjernihan Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO₂). *Jurnal Nanosains dan nanoteknologi*. 2009.
9. Syukri dan Admin Alif. Penjernihan Air dengan Metode Fotokimia: Pemanfaatan Fotokatalis Semikonduktor ZnO dan Sinar Matahari dalam Destruksi Asam Humat Air Gambut. *Jurnal Kimia Andalas* (2003) 9(2): 67-72.
10. Jianke, Zhou, Yue Qiang, Li Luhua, Li Jingxia. Photocatalytic Degradation of Diethylstilbestrol in Water with Nano-Semiconductor Catalyst. <http://www.chemistrymag.org/cji>, Jun. 2, 2005. Vol. 7 No.6 P.44.

11. Zaleska, Adriana. *Doped-TiO₂: Review*. Recent Patent on Engineering (2008) 2: 157-164
12. Anpo M. Use of visible light. Second-generation titanium dioxide photocatalysts prepared by the application of an advanced metal ion-implantation method. *Pure Appl Chem* (2000) 72: 1787-1792.
13. Morikawa, Takeshi, Ryoji Asahi, Takeshi Ohwaki, Koyu Aoki, Kenichi Suzuki, dan Yasunori Taga. Visible-light Photocatalyst – Nitrogen-doped Titanium Dioxide. *R&D Review of Toyota CRDL* Vol. 40 No. 3
14. R Karla, Reyes-Gil, Enrique A., Reyes-Garcia, dan Daniel Raftery. Photoelectrochemical Analysis of Anion-Doped TiO₂ Colloidal and Powder Thin-Film Electrodes. *Journal of The electrochemical Society* (2006) 153 (7): A1296-A1301.
15. Nosaka, Yoshio, Basami Matsushita, Junichi Nishino, dan Atsuko Y. Nosaka. *Nitrogen_doped titanium dioxide photocatalysts for visible response prepared by using organic compounds*. Science and Technology of Advanced Materials 6 (2005). 143-148.



LAMPIRAN

Lampiran 1.

Data Penimbangan TiO_2 dan Urea untuk Pendopingan

Perbandingan		Penimbangan massa (gram)		Massa (gram) cawan + TiO_2 :N	
TiO_2	Dopan N	TiO_2	Dopan N	Sebelum kalsinasi	Setelah kalsinasi
10	0	2,061	0	33,095	31,394
8	2	2,007	2,146	22,959	20,243
6	4	2,104	5,721	19,384	17,699
5	5	2,081	8,584	21,763	19,552
4	6	2,038	12,875	35,381	32,088
2	8	2,049	34,334	58,969	52,965

Berdasarkan penimbangan diatas dapat diperkirakan massa $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ atau urea yang akan ditimbang adalah sebagai berikut:

Rumus:

$$\text{massa N} = \frac{\text{Ar N}}{\text{urea}} \times \text{massa urea yang ditimbang}$$

$$\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$$

$$0,5 \text{ g} = \frac{14}{60} \times \text{massa urea} = 2,146 \text{ g}$$

$$\text{TiO}_2:\text{N} = 6:4$$

$$1,333 \text{ g} = \frac{16}{40} \times \text{massa urea} = 5,721 \text{ g}$$

TiO₂:N = 5:5

$$2 \text{ g} = \frac{14}{60} \times \text{massa urea} = 8,584 \text{ g}$$



Lampiran 2.

Pembuatan Suspensi Katalis TiO₂-N

TiO₂-N

- Ditimbang 0,1 gram dari masing-masing TiO₂-N
- Disuspensikan dalam 250 mL akuabides

Suspensi TiO₂-N

- Dikocok
- Diamkan sejenak
- Diambil 5 mL untuk ditambahkan dalam 25 mL air gambut yang akan dijernihkan

Penentuan konsentrasi suspensi katalis

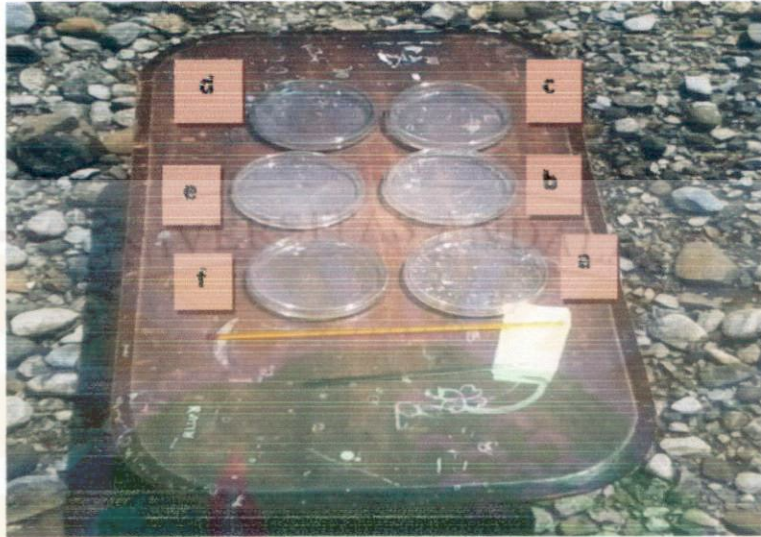
$$[\text{TiO}_2 - \text{N}] = \frac{0,1 \text{ g}}{250 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 400 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 400 \text{ ppm}$$

Dari 400 ppm, yang ditambahkan dalam 25 mL air gambut adalah 5 mL suspensi katalis. Jadi, massa katalis TiO₂-N (mg) dalam 5 mL tersebut adalah:

$$\text{massa (TiO}_2 - \text{N)} = 5 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 400 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 2 \text{ mg}$$

Lampiran 3.

Gambar Rangkaian Peralatan Fotokatalisis Air Rawa Gambut Dibawah Sinar Matahari



- a : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$
- b : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$
- c : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 6:4$
- d : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$
- e : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 4:6$
- f : air rawa gambut + suspensi katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 2:8$

Lampiran 4.

Data Pengukuran Absorban Air Rawa Gambut

a. Penambahan Katalis Tanpa Penyinaran dengan Sinar Matahari

Pada 25 mL air rawa gambut hanya ditambahkan 5 mL suspensi katalis TiO_2 tanpa disinari sinar matahari (disimpan di tempat yang gelap).

Lama penyimpanan (jam)	A	% penjernihan
3	0.888	22.241
4	0.888	22.241
5	0.865	24.255
6	0.847	25.831
7	0.887	22.329

b. Penyinaran dengan Sinar Matahari Tanpa Penambahan TiO_2

Lama penyimpanan (jam)	A	% penjernihan
3	0.947	17.075
4	0.873	23.555
5	0.989	13.397
6	0.849	25.656
7	0.851	25.481

c. Penyinaran dengan Sinar Matahari dan Penambahan Katalis untuk Berbagai Variasi Doping

($\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	0.853	25.31
4	0.738	35.38
5	0.587	48.59
6	0.551	51.75
7	0.550	44.39

($\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	1.072	6.13
4	0.858	24.87
5	0.767	32.84
6	0.702	38.53
7	0.593	48.07

(TiO₂:N = 6:4)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	0.739	35.29
4	0.715	37.39
5	0.710	37.83
6	0.550	51.84
7	0.522	54.29

(TiO₂:N = 5:5)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	0.601	47.37
4	0.592	48.16
5	0.583	48.95
6	0.512	55.17
7	0.484	57.62

(TiO₂:N = 4:6)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	0.720	30.47
4	0.689	32.39
5	0.668	43.52
6	0.603	52.63
7	0.550	55.60

(TiO₂:N = 2:8)

Lama penyinaran (jam)	A	% penjernihan
3	0.779	26.88
4	0.656	27.58
5	0.638	37.56
6	0.591	39.22
7	0.550	44.39

Persentase penjernihan air rawa gambut dapat dihitung dengan rumus:

$$\% P_{\lambda} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

Keterangan:

$\% P_{\lambda}$ = Persentase penjernihan air rawa gambut pada panjang gelombang

patokan (262,5 nm)

A_0 = Absorban air rawa gambut sebelum penjernihan ($A_0 = 1,142$)

A = Absorban air rawa gambut setelah penjernihan

Contoh perhitungan persentase penjernihan air rawa gambut dibawah sinar matahari dengan katalis $TiO_2:N = 10:0$

Penyinaran 3 jam

$$\text{Persen N} = \frac{1,142 - 0,853}{1,142} \times 100\% = 25,31$$

Penyinaran 4 jam

$$\text{Persen N} = \frac{1,142 - 0,738}{1,142} \times 100\% = 35,38$$

Penyinaran 5 jam

$$\text{Persen N} = \frac{1,142 - 0,587}{1,142} \times 100\% = 48,29$$

Penyinaran 6 jam

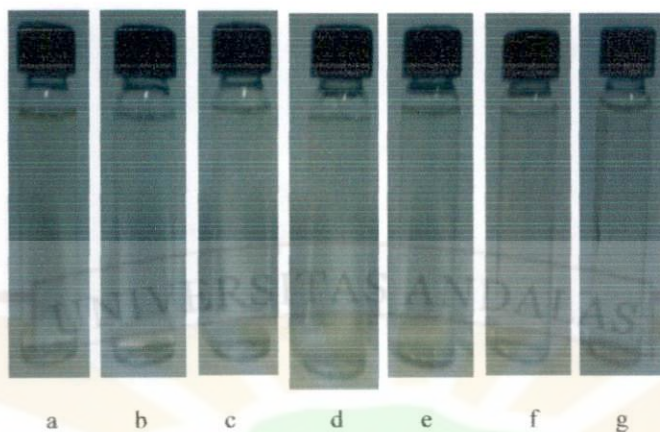
$$\text{Persen N} = \frac{1,142 - 0,551}{1,142} \times 100\% = 51,75$$

Penyinaran 7 jam

$$\text{Persen N} = \frac{1,142 - 0,550}{1,142} \times 100\% = 44,39$$

Lampiran 5.

Gambar Pengaruh Fotokatalisis pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut



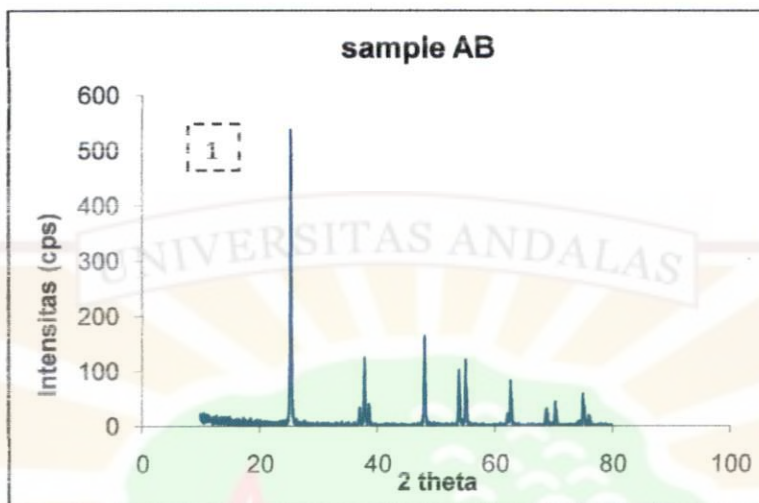
Keterangan:

- a air rawa gambut sebelum difotokatalis
- b air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$
- c air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$
- d air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 6:4$
- e air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 5:5$
- f air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 4:6$
- g air rawa gambut setelah di fotokatalis selama 7 jam dengan katalis $\text{TiO}_2:\text{N} = 2:8$

Lampiran 6.

Karakterisasi TiO₂-N

Gambar Pola XRD dari TiO₂:N = 10:0



Peak Search Report (12 Peaks, Max P/N = 11.4)

[ADEL-701.RD] SAMPLE AB

PEAK: 43-pts/Quartic Filter, Threshold=3.0, Cutoff=2.0%, BG=1/2.0, Peak-Top=Centroid Fit

2-Theta	d(A)	BG	Height	I%	Area	I%	FWHM
25.426	3.5002	3	521	100	7375	100	0.241
37.1	2.4212	2	30	5.8	575	7.8	0.326
37.943	2.3694	2	109	20.9	1729	23.4	0.27
38.676	2.3262	2	32	6.1	679	9.2	0.361
48.168	1.8876	1	158	30.3	2512	34.1	0.27
54.028	1.6959	1	88	16.9	1671	22.7	0.323
55.18	1.6632	1	94	18	1759	23.9	0.318
62.33	1.4884	1	17	3.3	536	7.3	0.536
62.799	1.4785	1	68	13.1	1497	20.3	0.374
68.89	1.3618	1	27	5.2	570	7.7	0.359
70.415	1.336	1	38	7.3	725	9.8	0.324
75.162	1.263	1	50	9.6	1152	15.6	0.392

Ukuran kristal $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$ dapat dihitung menurut persamaan Debye-Scherrer:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Dimana:

- D : ukuran Kristal
K : *factor shape*-kristalin = 0.9
 λ : panjang gelombang 0,15418 nm untuk $\text{CuK}\alpha$
 θ : sudut puncak yang teramati (derajat)

- $\theta = \frac{\text{FWHM}}{2}$
 β : difraksi sinar X (radian)

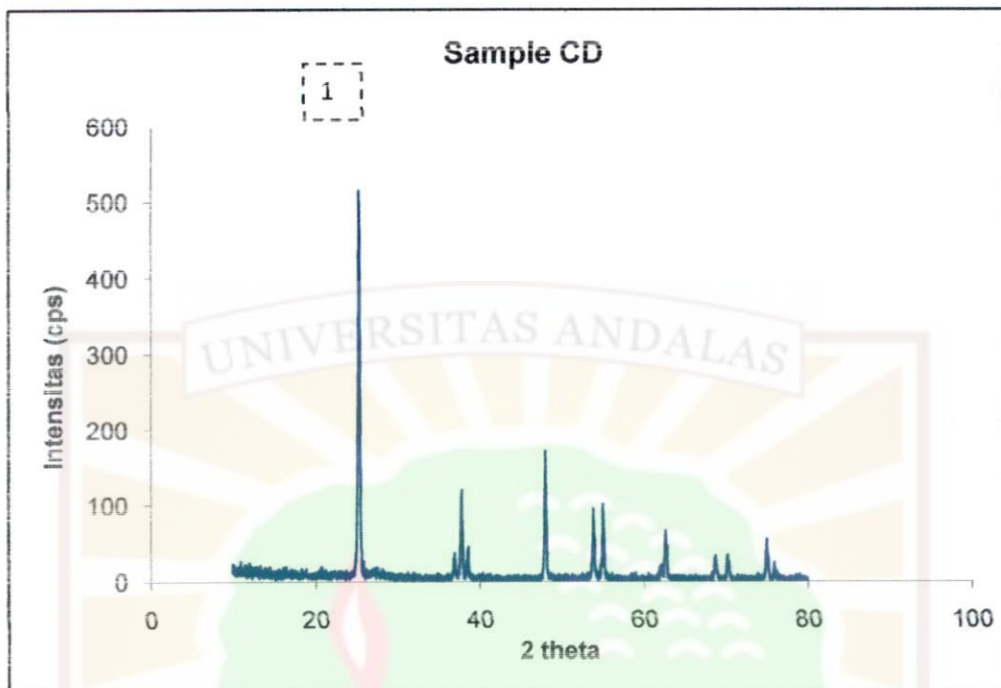
$$\beta = \frac{\pi \times 2\theta}{180}$$

Ukuran Kristal $\text{TiO}_2:\text{N} = 10:0$

Puncak 1 ($2\theta = 25.426$)

$$D = \frac{0,9 \times 0,15418}{\frac{3,14 \times 0,241}{180} \cos \frac{0,241}{2}} = 33,051 \text{ nm}$$

Gambar Pola XRD dari TiO₂:N = 8:2



Peak Search Report (13 Peaks, Max P/N = 11.1)

[ADEL-702.RD] SAMPLE CD

PEAK: 43-pts/Quartic Filter, Threshold=3.0, Cutoff=2.0%, BG=1/2.0, Peak-Top=Centroid Fit

2-Theta	d(A)	BG	Height	I%	Area	I%	FWHM
25.34	3.5119	8	497	100	7643	100	0.261
36.977	2.429	4	29	5.8	764	10	0.448
37.832	2.3761	4	108	21.7	1817	23.8	0.286
38.587	2.3313	7	33	6.6	402	5.3	0.207
48.058	1.8917	3	146	29.4	2421	31.7	0.282
53.907	1.6994	3	84	16.9	1648	21.6	0.334
55.08	1.6659	3	90	18.1	1652	21.6	0.312
62.153	1.4923	2	16	3.2	694	9.1	0.737
62.675	1.4811	2	61	12.3	1506	19.7	0.42
68.764	1.364	3	26	5.2	626	8.2	0.409
70.3	1.3379	3	30	6	696	9.1	0.394
75.049	1.2646	3	44	8.9	990	13	0.382
76.027	1.2508	3	14	2.8	421	5.5	0.511

Ukuran Kristal $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$ dapat dihitung menurut persamaan Debye-Scherrer:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Dimana:

- D : ukuran Kristal
K : *factor shape-kristalin* = 0.9
 λ : panjang gelombang 0,15418 nm untuk $\text{CuK}\alpha$
 θ : sudut puncak yang teramati (derajat)

$$\theta = \frac{\text{FWHM}}{2}$$

β : difraksi sinar X (radian)

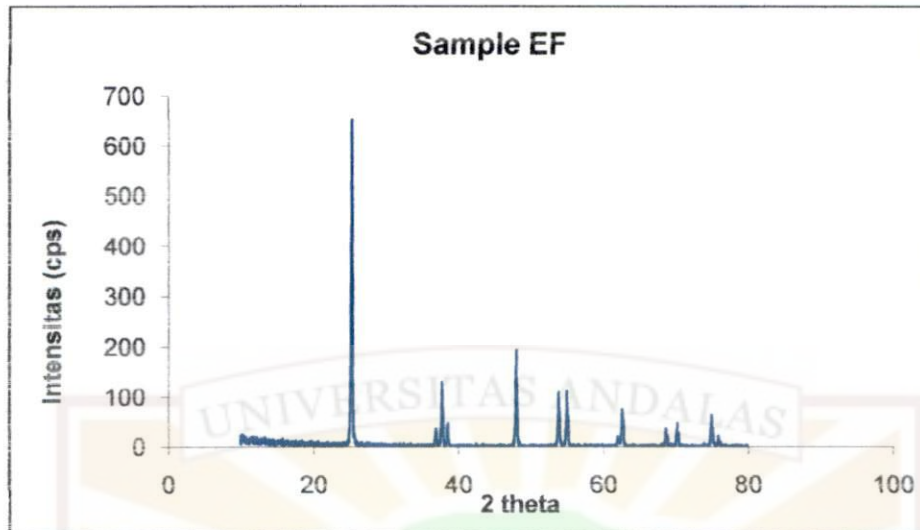
$$\beta = \frac{\pi \times 2\theta}{180}$$

Ukuran Kristal $\text{TiO}_2:\text{N} = 8:2$

Puncak 1 ($2\theta = 24.911$)

$$D = \frac{0,9 \times 0,15418}{\frac{3,14 \times 0,261}{180} \cos \frac{0,261}{2}} = 30,789 \text{ nm}$$

Gambar Pola XRD dari TiO₂:N = 5:5



Peak Search Report (13 Peaks, Max P/N = 12.5)

[ADEL-703.RD] SAMPLE EF

PEAK: 43-pts/Quartic Filter, Threshold=3.0, Cutoff=2.0%, BG=1/2.0, Peak-Top=Centroid Fit

2-Theta	d(A)	BG	Height	I%	Area	I%	FWHM
25.299	3.5174	3	632	100	8070	100	0.217
25.669	3.4677	3	20	3.2	838	10.4	0.712
36.946	2.431	3	30	4.7	556	6.9	0.315
37.787	2.3788	1	124	19.6	1780	22.1	0.244
38.547	2.3336	2	39	6.2	648	8	0.282
48.023	1.893	2	166	26.3	2232	27.7	0.229
53.88	1.7002	2	99	15.7	1513	18.7	0.26
55.031	1.6673	1	94	14.9	1699	21.1	0.307
62.16	1.4921	1	17	2.7	705	8.7	0.705
62.636	1.4819	1	73	11.6	1510	18.7	0.352
68.737	1.3645	1	33	5.2	566	7	0.292
70.257	1.3387	1	33	5.2	670	8.3	0.345
75.017	1.2651	1	55	8.7	1084	13.4	0.335

Ukuran Kristal TiO₂:N = 5:5

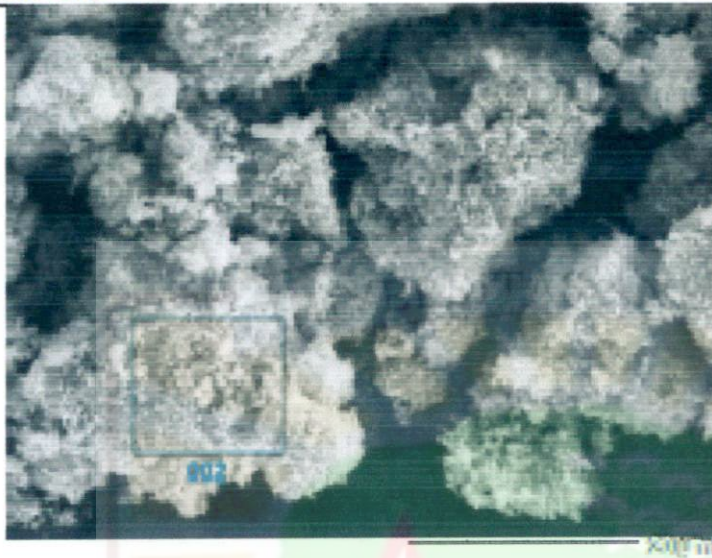
Puncak 1 (2θ = 24.911)

$$D = \frac{0,9 \times 0,15418}{\frac{3,14 \times 0,217}{180} \cos \frac{0,217}{2}} = 37,032 \text{ nm}$$

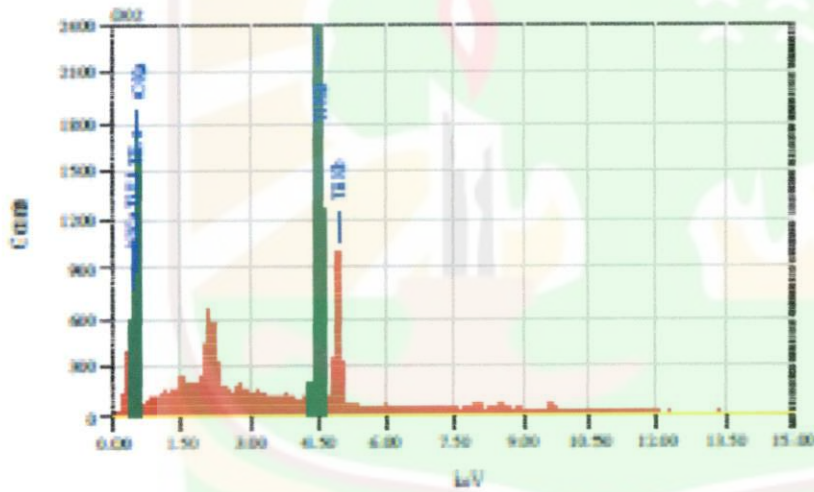
Gambar pola EDX dari TiO₂: N = 5:5

TiO2-N 002

1/1



Title	: 0002
Treatment	: 8900 (IA)
Volts	: 20.00 kV
Mag.	: x 2,000
Date	: 2011/11/09
Pixel	: 812 x 384



Acquisition Parameter	
Treatment	: 8900 (IA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
SDA mode	: TS
Real Time	: 44.83 sec
Live Time	: 20.00 sec
Dead Time	: 22 %
Counting Rates	: 7930 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

EDS Method: Standardless Quantitative Analysis
 Fluorescence Coefficient: = 0.2881

Element	(keV)	Mass%	Weight	Atom%	Compound	Mass%	Count	Wt
W K	0.380	3.60	0.23	0.79			19.3300	
O K	0.525	47.17	0.96	49.80			18.7400	
Ti K	4.508	49.23	0.25	74.44			495.0200	
Total		100.00		100.00				

Lampiran 7.

Kinetika Fotokatalitik Semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-N}$ pada Fotodegradasi Air Rawa Gambut

Nilai konstanta kecepatan reaksi dalam kinetika reaksi menggunakan $\text{TiO}_2\text{:N} = 5:5$ pada berbagai variasi waktu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\ln \frac{A_0}{A_t} = k \cdot t$$

Penyinaran 3 jam

$$k = \frac{0,642}{180} = 0,0036 \text{ menit}^{-1}$$

Penyinaran 4 jam

$$k = \frac{0,657}{240} = 0,0027 \text{ menit}^{-1}$$

Penyinaran 5 jam

$$k = \frac{0,672}{300} = 0,0022 \text{ menit}^{-1}$$

Penyinaran 6 jam

$$k = \frac{0,802}{360} = 0,0022 \text{ menit}^{-1}$$

Penyinaran 7 jam

$$k = \frac{0,858}{420} = 0,0020 \text{ menit}^{-1}$$

$$\bar{k} = \frac{0,0036 + 0,0027 + 0,0022 + 0,0022 + 0,0020}{5} = 0,0025 \text{ menit}^{-1}$$