

PROSIDING

ISBN : 976-602-6423-00-9

Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir Tahun 2016



Serpong, 23 Agustus 2016



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT REAKTOR SERBA GUNA G.A. SIWABESSY
Gedung No. 31
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Tangerang
Telp. 7560908, Faks. 7560573

PROSIDING

**Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir
TAHUN 2016**

TIM EDITOR

Ir. Endang Susilowati

Nugroho Luhur, S.ST.

Ir. Koes Indrakoesoema

Ir. Antonio Gogo

Elisabeth Ratnawati, ST.

Sutrisno, ST

**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT REAKTOR SERBA GUNA G.A. SIWABESSY
Gedung No. 31
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Tangerang
Telp. 7560908, Faks. 7560573**

**SAMBUTAN KEPALA BATAN
PADA ACARA PEMBUKAAN SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN
APLIKASI REAKTOR NUKLIR
Serpong, 23 Agustus 2016**

Assalamualaikum Wr.Wb.,
Selamat pagi, salam sejahtera bagi kita semua,
Selamat pagi rekan-rekan peserta Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir 2015,

Bertepatan dengan usia pengoperasian reaktor RSG-GAS yang telah mencapai usia 29 tahun menjadi hal penting yang perlu diperhatikan bagi kita semua. Banyak stake holder khususnya di pemerintahan menganggap bahwa sosialisasi pemanfaatan teknologi nuklir masih kurang. Dengan anggaran sekitar 800 milyar dan hanya sekitar 2,3% yang digunakan untuk sosialisasi, maka sosialisasi merupakan hal yang mudah dikatakan namun sulit dilaksanakan oleh BATAN.

Sosialisasi pemanfaatan teknologi nuklir merupakan tugas bersama dari para stake holder termasuk para pegawai BATAN dengan berbagai cara misalnya melalui media sosial yang relatif murah. Selain itu sisi lemah pemanfaatan teknologi nuklir di Indonesia dikarenakan belum yakinnya para pemangku kepentingan khususnya di pemerintah terhadap penguasaan teknologi nuklir. Hal inilah yang menjadi tantangan besar bagi BATAN untuk terus memberikan pemahaman tentang pemanfaatan teknologi nuklir.

Tema seminar yang menampilkan peran reaktor RSG-GAS dalam pengembangan rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir menjadi topik yang mendukung tujuan penyelenggaraan seminar untuk membangun penguatan teknologi dan aplikasi reaktor nuklir khususnya RSG-GAS yang melibatkan para pejabat fungsional dan praktisi sekaligus menjadi sarana penyebarluasan kemampuan teknologi nasional untuk sinergi yang lebih baik bagi pemangku kepentingan. Pembangunan reaktor riset memiliki beberapa tujuan diantaranya, pertama untuk pendayagunaan di bidang kesehatan, industri dan lingkungan. Kedua, penelitian untuk menemukan berbagai pemanfaatan baru, misalnya material dengan sifat melebihi karakter awalnya serta yang ketiga, untuk melatih SDM Indonesia dalam rangka menghadapi operasi reaktor nuklir yang lebih besar yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Hal lain terkait terlaksananya pengoperasian RSG-GAS dengan aman dan selamat menunjukkan bahwa penggunaan energi nuklir bisa tercapai dengan mensyaratkan SDM Indonesia mampu mengoperasikan PLTN. Ini adalah catatan penting bahwa peran RSG-GAS sangat dibutuhkan dalam pengembangan rancang bangun fasilitas PLTN..

Demikian sambutan saya, dengan ini saya membuka secara resmi Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir 2016.
Semoga sukses dan Selamat mengikuti seminar.

Wassalamualaikum Wr.Wb.,

Kepala
Badan Tenaga Nuklir Nasional

Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar Editor.....	i
Sambutan Kepala BATAN.....	ii
Sambutan Ketua Panitia	iii
Surat Keputusan	v
Daftar Isi	viii
1. <i>Geologi dan Keterdapatannya U, TH Dalam Monasit, Zirkon di Daerah Singkep Kabupaten Lingga Kepulauan Riau</i> Bambang Sutopo, Adhika Junara	1-7
2. <i>Kajian Batu Topaz Pra Iradiasi Ditinjau Dari Aspek Keselamatan Operasi Reaktor</i> Elisabeth Ratnawati, Diah E.L, Kawkab Mustofa	8-12
3. <i>Radiografi Sinar-X Pada Las Pipa Dengan Metode Ketebalan Ganda Bayangan Tunggal</i> Djoli Soembogo, Harun Al Rasyid, Namad Sianta	13-18
4. <i>Pembuatan Sistem Perekam Data Kegagalan Batang Kendali Reaktor RSG-GAS Berbasis Labview</i> Heri Suherkiman, Budi Supriyatman, Hari Prijanto	19-26
5. <i>Desain Sistem Kontrol Sintesiser ¹⁸FLT Berbasis PLC</i> I Wayan Widiana, Sulaiman, Purwoko, Artadi Heru Wardoyo	27-36
6. <i>Performance Sistem TLD Barc PTKMR-BATAN Periode 2013-2015</i> Nazaroh, Sri Subandini, Nina Herlina, Rofiq Syaifudin.....	37-47
7. <i>Uji Profisiensi Laboratorium IRM Melalui Pengukuran Aktivitas Isotop Iodium-131 Menggunakan Spektrometer Gamma</i> Noviarty, Iis Haryati.....	48-53
8. <i>Evaluasi Lepas Cerobong Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy</i> Yulius Sumarno, Rohidi, Lilik Windarsih	54-58
9. <i>Penambahan N Pada TiO₂ dan Pengaruhnya Pada Energi Band Gap TiO₂ Sebagai Bahan Pengolah Limbah</i> Agus Salim A, Sudaryanto	59-64
10. <i>Kajian Paparan Radiasi Gamma di Atas Kanal Hubung PRSG-PSTBM Pada Saat Reaktor RSG-GAS Beroperasi</i> Unggul Hartoyo, Mashudi, Suhadi	65-69
11. <i>Penetapan Pembatas Dosis di PTRR-BATAN Menggunakan Metoda Kuartilisasi</i> Rr. Djarwanti RPS, Fath Priyadi, Adelili	70-74
12. <i>Evaluasi Ripple Tegangan Pada Penyearah Gelombang BTU11 dan BTU31 RSG GA Siwabessy</i> Koes Indrakoesoema, Adin Sudirman, Edison	75-81
13. <i>Kajian Terhadap Penerapan Budaya Keselamatan Pada Fase Pra Pengoperasian Reaktor Daya</i> W. Prasuad, Subiharto, Slamet Supriyanto	82-89
14. <i>Modifikasi Modul Amplifier Kanal Pengukuran JKT03 CX821</i> Hari Prijanto, Heri Suherkiman, Edison.....	90-95

15.	<i>Uji Profisiensi Pengukuran Radioaktivitas Cs-134 Menggunakan Spektrometer Gama</i> Maskur, Endang Sarmini, Yayan Tahyan, Enny Lestari, Dede Kurniasih, Adang H.G	96-102
16.	<i>Perawatan Semi Overhaul Genset BRV20 RSG-GAS Akibat Kebocoran Sistem Pendingin</i> Teguh Sulisty, Asep Saepuloh, Yuyut Suraniyanto, M.Taufiq	103-111
17.	<i>Evaluasi Unjuk Kerja Memori Sistem Spektrometer Gamma</i> Nugraha Luhur, Subiharto	112-117
18.	<i>Rancang Bangun Driver Katup Solenoid Sistem Pengirim Kapsul Pneumatic</i> Sunarko, Hanapi Ali, Asnul Sufmawan	118-124
19.	<i>Pemantauan Korosi Pada Sistem Pendingin Sekunder Reaktor RSG-GAS Menggunakan Coupon Corrosion</i> Dyah Erlina Lestari, Santoso Pujiarta, Setyo Budi Utomo	125-131
20.	<i>Pengukuran Ketebalan Pipa Pendingin Sekunder Untuk Pemantauan Aspek Penuaan Pipa Pendingin Sekunder RSG-GAS</i> Pranto Busono, Aep Saepudin Catur, Amril, Royadi	132-140
21.	<i>Implementasi Misi PRSG Dalam Manajemen Kegiatan Bidang Pemeliharaan Reaktor</i> Edison, Sujarwono, Agung Satriyo, Purwadi	141-152
22.	<i>Kalibrasi Dan Limit Deteksi Kromotografi Gas Agilent 7890A</i> Neneng Laksminingpuri, Nurfadhlini	153-156
23.	<i>Pengukuran Faktor Koreksi Kalibrasi Daya Reaktor RSG-GAS</i> Sukiyanto, Bagus Dwi Nurtanto	157-163
24.	<i>Pengembangan Data Base Perawatan Korektif Struktur Sistem Dan Komponen Reaktor RSG-GAS</i> Aep Saepudin Catur, Pranto Busono, Dede Solehudin Fauzi	164-175
25.	<i>Pembuatan Panel Otomatis Sistem Penyedia Air Dingin Pada Ventilasi Zona Radiasi Menengah RSG-GAS</i> Kiswanto, Tegus Sulisty	176-182
26.	<i>Evaluasi Kinerja Sistem Purifikasi dan Lapisan Air Hangat (KBE02) Reaktor RSG-GAS</i> Pardi.....	183-188
27.	<i>Korelasi Antara Waktu Pengadukan dan Sedimen Zat Radioaktif Dalam Tangki Limbah Cair Aktivitas Rendah RSG-GAS</i> Rohidi, Anto Setiawanto, Subiharto	189-194
28.	<i>Modifikasi Dudukan Motor Fasilitas Silikon Doping di Reaktor RSG-GA Siwabessy</i> Sutrisno, Sunarko, A.Mariatmo	195-202
29.	<i>Analisis Pengukuran Fluks Neutron Termal di Fasilitas Silikon Doping RSG G.A. Siwabessy</i> Jaka Iman, Elisabeth Ratnawati, Sutrisno, Azriani	203-206
30.	<i>Analisis Indeks Kepuasan Pelanggan Terhadap Layanan Biro Perencanaan BATAN</i> Harini Wahyuningrum, Oly Desrianti	707-214

PENAMBAHAN N PADA TiO₂ DAN PENGARUHNYA PADA ENERGI BAND GAP TiO₂ SEBAGAI BAHAN PENGOLAH LIMBAH

Agus Salim A¹, Sudaryanto¹

¹Pusat Sains Teknologi Bahan Maju - BATAN

Kawasan Puspiptek Serpong,

e-mail : agussal@batan.go.id

ABSTRAK

TiO₂ banyak digunakan sebagai bahan pengolah limbah. Salah satu kelemahan TiO₂ adalah besarnya energi *band gap*nya yaitu 3,28 eV sehingga TiO₂ hanya mampu bekerja di daerah spektrum UV. Berbagai upaya dilakukan untuk menurunkan energi *band gap* TiO₂ sehingga mampu bekerja di daerah spektrum cahaya tampak. Salah satu metode menurunkan energi band gap TiO₂ adalah dengan penambahan dopan tertentu. Pada penelitian ini dilakukan penambahan N pada TiO₂ dengan metode pengaliran gas dan metode perendaman. Prekursor yang digunakan adalah TiO₂ degussa P25 TiO₂. Metode pengaliran gas dilakukan dengan cara mengalirkan gas nitrogen pada larutan NH₃ 25 % dengan laju alir 35 ml/menit kemudian dialirkan pada TiO₂ degussa P25 yang ditempatkan dalam tabung U dan dipanaskan pada suhu 500 °C. Metode perendaman dilakukan dengan cara merendam TiO₂ degussa P25 dalam larutan NH₃ 0,5 M, kemudian diaduk dengan stirrer dan diultrasonikasi. Larutan dibiarkan selama 24 jam, endapan yang diperoleh kemudian dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam. Hasil Analisa XRD menunjukkan penambahan N dengan metode pengaliran gas maupun perendaman tidak mempengaruhi ukuran kristal dari TiO₂ dalam range 17-21 nm, sementara dari hasil SEM dan EDS terlihat konsentrasi tertinggi penambahan N diperoleh pada metode pengaliran gas sebesar 1,07%. Hasil DRS menunjukkan penambahan N pada TiO₂ menyebabkan terjadi penurunan energi *band gap* dari TiO₂ yaitu dari 3,28 eV menjadi 2,79 eV, dan berakibat menggeser wilayah kerja fotokatalis TiO₂ dalam mengolah limbah dari daerah sinar UV menjadi daerah cahaya tampak.

Kata Kunci: TiO₂; nitrogen; fotokatalis

ABSTRACT

TiO₂ is widely used as a waste facility. One disadvantage of TiO₂ is the amount of energy band gap is 3.28 eV so that TiO₂ is only able to work in the UV spectrum. Various attempts were made to reduce the energy band gap of TiO₂ so as to work in the visible light spectrum. One method of lowering the energy band gap of TiO₂ is the addition of certain dopants. In this research, the addition of N in TiO₂ has been done by the method of gas and soaking method. Precursors used is TiO₂ Degussa P25 TiO₂. Methods of gas performed by flowing nitrogen gas to a solution of 0.5 M NH₃ at a flow rate of 35 ml/min then poured on the TiO₂ Degussa P25 is placed in the U tube and heated at a temperature of 500 °C. Soaking method is done by immersing the TiO₂ Degussa P25 in 0.5 M NH₃ solution, then stirred with a stirrer and ultrasonication. The solution was left for 24 hours, the precipitate obtained is then calcined at a temperature of 500 °C for 1 hour. XRD analysis results showed the addition of N with gas flowing or immersion method does not affect the crystal size of TiO₂ in the range of 17-21 nm, while the results of SEM and EDS seen the highest concentration of the addition of N obtained in the method of gas of 1.07%. DRS results show the addition of N in TiO₂ decrease energy band gap of TiO₂ is from 3.28 eV to 2.79 eV and resulting shift working area TiO₂ photocatalyst in treating waste from the area of UV light into the visible light region.

Keywords: TiO₂; nitrogen; photocatalyst

PENDAHULUAN

Fotokatalisis heterogen menggunakan titanium dioksida TiO₂ merupakan metode yang efisien untuk mendegradasi secara lengkap senyawa organik dalam fase cair dan gas. Pencemar yang mengandung karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan atom halogen akan terdegradasi menjadi CO₂, H₂O, anion NO³⁻, SO₄²⁻, dan halida [1]. Energi *band gap*

adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Ketika suatu semikonduktor dikenai energi yang sesuai dengan energi celah pita, maka electron akan tereksitasi ke pita konduksi sehingga meninggalkan muatan positif yang disebut *hole*. Sebagian besar dari pasangan elektron-hole tersebut akan bertahan di permukaan semikonduktor, sehingga hole dapat bekerja dengan menginisiasi

reaksi oksidasi dan elektron menginisiasi reaksi reduksi senyawa kimia yang ada disekitar permukaan TiO₂. Prinsip reaksi tersebut yang digunakan sebagai dasar untuk menghasilkan senyawa reaktif dalam mendegradasi limbah polutan organik maupun sebagai desinfektan mikroorganisme dalam air [2]. Perbedaan energi gap (Eg) dipengaruhi oleh lingkungan kristal masing-masing atom penyusun kristalnya, yaitu penyusunan atom Ti dan O dalam kristal TiO₂ yang orientasinya berbeda satu sama lain, misalnya struktur anatase memiliki energi *band gap* (Eg) sebesar 3,2 eV dan rutil sebesar 3,0 eV [3].

Keterbatasan TiO₂ sebagai fotokatalis terletak pada energi *band gap* yang besarnya 3,2 eV, dimana energi *band gap* sebesar itu memerlukan penyinaran sinar ultraviolet untuk menginisiasi proses fotokatalitik. Oleh karena itu, pergeseran respon optis TiO₂ ke daerah spektrum sinar tampak akan memberikan efek yang positif untuk berbagai aplikasi fotokatalitik. Modifikasi terhadap fotokatalis TiO₂ yang dapat menggunakan sinar tampak untuk aktivasinya akan menghilangkan keterbatasan dari penggunaan TiO₂ untuk mendegradasi polutan organik. Sehingga saat ini sedang dikembangkan fotokatalis titanium dioksida yang dapat secara efisien menggunakan sinar matahari atau cahaya dalam ruangan [4].

Efisiensi dari TiO₂ dapat ditingkatkan dengan menurunkan energi *band gap* TiO₂, yaitu menambahkan dopan seperti Cr, Fe, Co, Mo, N dan C. Nitrogen merupakan dopan yang cukup efektif karena ukurannya yang tidak jauh berbeda dengan oksigen dan energi ionisasinya yang kecil. Selain itu, nitrogen juga dapat menurunkan energi *band gap* TiO₂ [5]. Namun penambahan N pada TiO₂ memiliki berbagai kendala seperti sulitnya menghasilkan katalis komposit dengan konsentrasi N yang tinggi, rendahnya aktivitas fotokatalitik pada rentang panjang gelombang UV, ketidakstabilan spesi N dalam sistem katalis setelah proses fotokatalisis, lemahnya daya oksidasi *hole* yang dihasilkan, dan tingginya laju rekombinasi sebagai akibat menyempitnya *band gap* dan faktor *impuritas* katalis [6]. Selain non logam, beberapa peneliti juga berhasil menurunkan *band gap* dengan doping kombinasi logam dan non logam seperti yang dilakukan oleh Dolat (2014) yang berhasil menurunkan *band gap* TiO₂ menjadi 2,16 eV penambahan Ni dan N pada TiO₂ [7].

Metode penambahan N pada TiO₂ selama ini dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan metode pengaliran gas N₂ dan metode perendaman. Metode pengaliran gas dilakukan dengan cara mengalirkan gas N₂ pada larutan NH₃ (bubling) dan kemudian dialirkan pada TiO₂ yang dipanaskan pada suhu tertentu, sedangkan metode perendaman

dilakukan dengan cara merendam TiO₂ pada larutan NH₃ selama waktu tertentu. Setelah itu pada endapan dilakukan kalsinasi untuk mengubah struktur kristal TiO₂ serta mendekomposisi ikatan NH₄⁺ sehingga atom N dapat terlepas dari senyawa tersebut. Atom N akan terlepas dan masuk ke dalam struktur kristal TiO₂ dan mengambil posisi latis atom O dan berikatan dengan Ti membentuk ikatan kovalen [8].

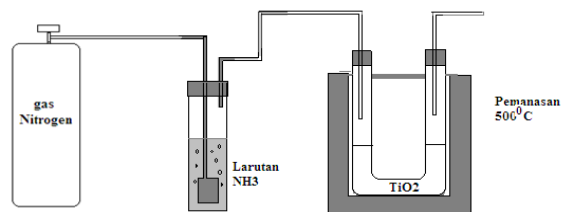
Bahan dan Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Degussa P25 TiO₂ sebagai prekursor, *aquades*, NH₃ Merck. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas beker, labu ukur, pipet ukur, batang pengaduk, cawan porselen, pH indikator, *furnace*, *X-Ray Diffractometer* (XRD) merek Shimadzu untuk menganalisis struktur dan ukuran kristal serta fraksi *rutile-anatase*, *Scanning Electron Microscope/Energi Dispersive Spectroscopy* (SEM/EDS) merek JEOL type JSM 6510 L untuk menganalisis foto permukaan (butir) dan konsentrasi N dalam TiO₂ dan UV-vis DRS untuk menentukan daya serap terhadap energi foton dan *band gap* fotokatalis. Karakterisasinya dilakukan di MIPA-UI Depok dengan menggunakan alat UV-vis DRS merk Shimadzu type UV2450.

Doping N pada TiO₂

Doping N pada TiO₂ dilakukan dengan 2 metode yaitu metode pengaliran gas dan metode perendaman. Metode pengaliran gas dilakukan dengan cara mengalirkan gas nitrogen pada larutan NH₃ 25 % dengan laju alir 35 ml/menit kemudian dialirkan pada TiO₂ degussa P25 yang ditempatkan dalam tabung U dan dipanaskan pada suhu 500 °C seperti diperlihatkan pada gambar 1 berikut ini.



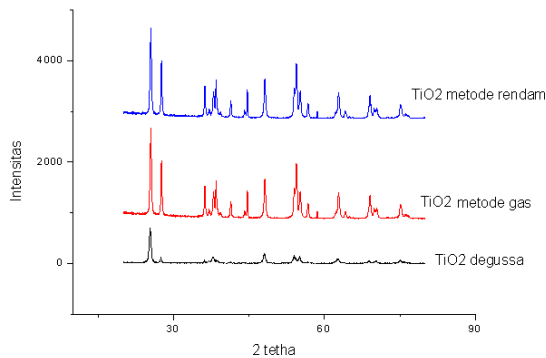
Gambar 1. Skema susunan alat untuk sintesis N-TiO₂ menggunakan gas N₂ dan larutan NH₃

Metode perendaman dilakukan dengan cara merendam TiO₂ degussa P25 dalam larutan NH₃ 0,5 M. Pada saat pencampuran antara TiO₂ dengan larutan NH₃, dilakukan pengadukan dengan stirrer dan juga dilakukan ultrasonikasi. Larutan ini kemudian dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu larutan dipisahkan dengan menggunakan centrifuge dengan rpm 9000 selama 15 menit. Hasil yang

diperoleh kemudian dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat pada Gambar 1. Terlihat bahwa penambahan N tidak menggeser puncak-puncak dari TiO₂ namun hanya menyebabkan berkurangnya intensitas dari puncak TiO_{2 anatase} standar. Penurunan intensitas puncak tersebut disebabkan adanya atom nitrogen yang menggantikan atom oksigen dari TiO₂ sehingga komposisi kristal TiO₂ tipe *rutile* semakin berkurang. Dari gambar 2 terlihat pula bahwa puncak-puncak dari TiO₂ pada 25,3°, 38,0°, 48,3°, 54,8°, 55,8°, 62,58°, 67,21°, 68,79°, 75,18° yang merupakan difraksi dari bidang (101),(004), (200), (105), (211), (204), (116), (220) dan (215) dari anatase [9].



Gambar 2. Hasil karakterisasi XRD
Hasil karakterisasi XRD dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal berdasarkan persamaan [10]:

$$L = \frac{0.9\lambda}{(\beta \cos \theta)} \quad (1)$$

dengan:

L = ukuran kristalit

λ = panjang gelombang radiasi sinar X-ray yang digunakan

β = lebar dari setengah puncak gelombang tertinggi

θ = sudut puncak

Sedangkan Persentase fasa *rutile* pada sampel dapat ditentukan dari intensitas puncak hasil XRD dengan persamaan [10]:

$$X = \left(1 + \frac{0.8I_A}{I_R} \right)^{-1} \quad (2)$$

dengan:

X = fraksi berat *rutile* dalam serbuk katalis

I_A dan I_R = intensitas X-ray dari puncak *anatase* dan *rutile*

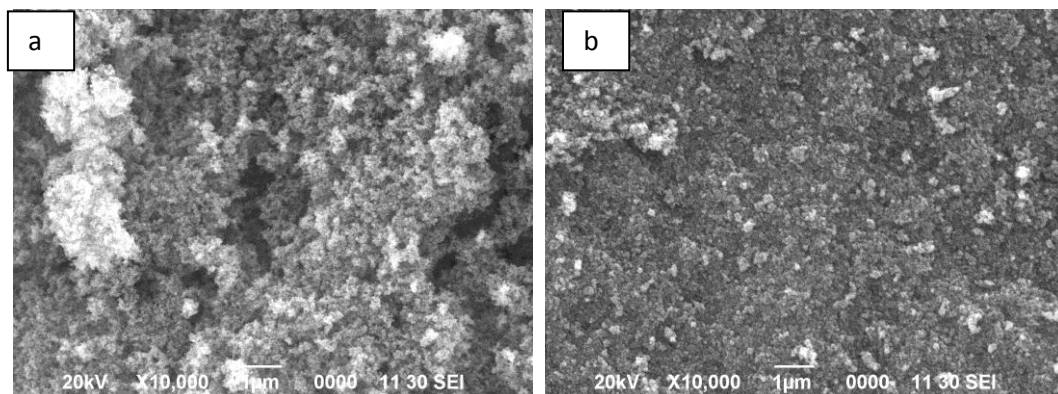
Diperoleh besar ukuran kristal dan fraksi *anatase* serta *rutile* sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran kristalit, fraksi *rutile* dan *anatase* dari katalis N-TiO₂

No	Sampel	Ukuran Kristalit (nm)	Fraksi <i>Rutile</i>	Fraksi <i>Anatase</i>
1.	TiO ₂	17,6	0,19	0,81
2.	N-TiO ₂ Metode gas	21,9	0,95	0,05
3.	N-TiO ₂ metode perendaman	21,9	0,95	0,05

Dari Tabel 1 di atas terlihat, ukuran kristalit dari TiO₂ dan N-TiO₂ tidak jauh berbeda yaitu berada dalam kisaran 17 - 22 nm. Fraksi *rutile* dan *anatase* juga tidak terjadi perubahan. Hal ini menunjukkan penambahan N tidak merubah ukuran kristalit katalis, juga tidak merubah fraksi *rutile* dan *anatase* dari TiO₂.

Hasil SEM-EDS dari kedua sampel dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



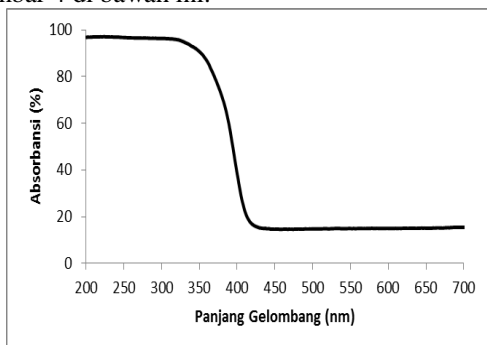
Gambar 3. Hasil SEM sampel N-TiO₂ : (a) metode pengaliran gas NH₃, Perbesaran 10000 x; (b) Metode perendaman larutan NH₃, Perbesaran 10000 x

Dari gambar 3 di atas terlihat, pada metode perendaman maupun pengaliran gas ukuran butir relatif sama. Pada metode pengaliran gas, terlihat cenderung menggumpal dibandingkan metode perendaman. Dari hasil EDS pada tabel 1 terlihat, jumlah konsentrasi N terdopan dalam sampel yang disintesis dengan cara pengaliran gas N₂ dan pada larutan NH₃ sedikit lebih besar dibandingkan dengan metode perendaman NH₃ namun jumlah N terdopan dalam TiO₂ cukup kecil yaitu sekitar 1%. Jinlong (2010) melaporkan bahwa penambahan dopan N ke dalam sistem fotokatalis TiO₂ menjadi komposit N-TiO₂ memang masih memiliki berbagai kendala diantaranya adalah sulitnya menghasilkan katalis komposit dengan konsentrasi N yang tinggi [6].

Tabel 2. Konsentrasi N dalam TiO₂

No	Metode doping N	Konsentrasi N pada TiO ₂ (%)
1.	Metode pengaliran gas	1,07
2.	Metode perendaman	0,97

Hasil UV-vis DRS ditampilkan pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Hasil Spektro UV-Vis DRS dari N-TiO₂

Pada sumbu y memperlihatkan % absorbansi fotokatalis (diperoleh dari data % reflektansi yang terdapat pada lampiran) terhadap sinar dengan panjang gelombang dari 200-700 nm yang ditunjukkan oleh sumbu x.

Penentuan energi *band gap* dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer yang dilengkapi dengan spektrum yang terintegrasi, menggunakan persamaan 3 [11]:

$$F(R) = K/S = (1-R)^2 / 2R \quad (3)$$

dengan:

- F(R) = faktor kubelka-Munk
- K = koefisien absorpsi
- S = koefisien scattering
- R = nilai reflektan yang diukur

Nilai F mempunyai hubungan dengan energi foton melalui persamaan 4 [11]:

$$F(R) = A (hv-Eg)^{m/2} \quad (4)$$

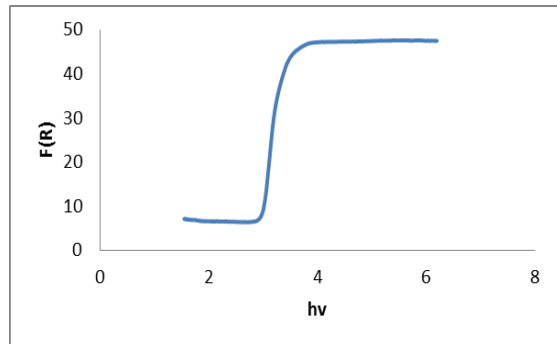
dengan:

- A = konstanta proporsional
- Eg = energi gap (energi celah)
- m = 1 (untuk transisi langsung yang diperbolehkan)

Dengan membuat plot antara F(R) terhadap hv dan ekstrapolasi daerah liniernya, maka dapat ditentukan nilai hv pada F(R) = 0 yang merupakan nilai energi celah dari spasi pengabsorpsi [12].

Metode lain yang digunakan untuk menghitung nilai energi *band gap* adalah metode *Tauc plot* yaitu metode penentuan celah optik dengan cara melakukan ekstrapolasi dari grafik hubungan (hv) sebagai absis dan (ahv)ⁿ sebagai ordinat hingga memotong sumbu energi sehingga diperoleh nilai celah pita optik [13].

Dari hasil DRS dibuat grafik F(R) sebagai berikut:



Gambar 5 Grafik F (R) vs hv

Berdasarkan grafik pada gambar 5 di atas dapat dihitung besarnya bandgap dari katalis dengan mengekstrapolasi grafik di atas. Diperoleh besarnya energi *band gap* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Energi *band gap* dan Panjang Gelombang Absorbansi untuk N-TiO₂

	N-TiO ₂
Energi <i>band gap</i> (eV)	2,79
Panjang gelombang absorbansi (nm)	443

Slamet dkk melaporkan bahwa besar energi *band gap* dari TiO₂ degussa P25 adalah 3,28 eV [14]. Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa penambahan N pada TiO₂ menyebabkan terjadinya penurunan energi *band gap* TiO₂ degussa P25 dari 3,28 eV menjadi 2,79 eV. Hal ini akan berimplikasi pada daerah kerja dari fotokatalis dalam mengolah limbah mengalami pergeseran dari daerah sinar UV menjadi daerah sinar tampak. Hal ini sangat menguntungkan

karena dengan demikian TiO_2 yang ditambahkan N dapat aktif di bawah sinar matahari atau di bawah cahaya ruangan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa penambahan N pada TiO_2 tidak mempengaruhi ukuran kristal dari TiO_2 yaitu berada dalam kisaran 17-22 nm. Konsentrasi tertinggi penambahan N diperoleh pada metode pengaliran gas NH_3 0,5M yaitu sebesar 1,07%. Doping N pada TiO_2 menyebabkan terjadinya penurunan energi *band gap* TiO_2 dari 3,28 eV menjadi 2,79 eV. Akibat dari penurunan tersebut, maka daerah kerja fotokatalis TiO_2 dalam mengolah limbah bergeser dari daerah sinar UV menjadi daerah sinar tampak.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Saudara Drs. Bambang Sugeng, MT, Dra. Deswita serta KPTF di PTBIN-BATAN yang telah banyak membantu dalam pengujian, karakterisasi dan penyusunan makalah ini.

Daftar Pustaka

1. Gunlazuardi J., Fotokatalisis pada permukaan TiO_2 : Aspek Fundamental dan Aplikasinya. Prosiding Seminar Nasional Kimia Fisika II, Jakarta (2001)
2. Dahlan, Maddu, Wigati, & Mubarik, Inaktivasi Fotoelektrokatalisis Eschichia C. Menggunakan Elektroda TiO_2/SnO_2 , Jurnal Sains MIPA, Vol. 13 (2) (2007) 77-83
3. Arutanti, Mikrajuddin, Khairurrijal, & Mahfudz, Penjernihan Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO_2), Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Edisi Khusus (2009) 53-55.
4. Anpo M., Takeuchi M, *The design and development of highly reactive titanium oxide photocatalysts operating under visible light irradiation*, J. Catal., Volume 216 (2003) 505–516
5. Yin, W.J., Chen, S., Yang, J.H., Gong, X.G., Yan, Y., Wei, S.H., *Effective Band Gap narrowing of Anatase TiO_2 by Strain Along a Soft Crystal Direction*, Applied Physics Letter, (2010) 96.
6. Jinlong Zhang, Yongmei Wu, Mingyang Xing, Leghari, Sajjad Ahmed Khan, Sajjad Shamila., *Development of modified N doped TiO_2 photocatalyst with metals, nonmetals and metal oxides*, Energi Environ. Sci., Volume 3 (2010) 715-726
7. Dolat, *Preparation, Characterization and Charge Transfer Studies of Nickel-Modified and Nickel, Nitrogen co-modified Rutil Titanium Dioxide for Photocatalytic Application*, Chemical Engineering Journal 239 (2014)149-157
8. Anny, Sintesis dan uji kinerjafotokatalis N- TiO_2 nanotube untuk aplikasi produksi hidrogen dari gliserol dan air. Skripsi, Departemen Teknik Kimia-FT-UI: Depok (2010)
9. Khan M.A., Akhtar M.S., Woo S.I, Yang O-Bong., *Enhanced photoresponse under visible light in Pt ionized TiO_2 nanotube for the photocatalytic splitting of water*, Catalysis Com., Volume 10 (2010) 1-5
10. Suryanarayana C., Norton M.G., *X-ray Diffraction*, Plenum Press, New York (1998)
11. Tauc, J., Grigorovici, R., Vancu, *Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous Germanium*. Phys. Status Solid, 15 (1966) 627-637
12. Tania Desela, Pengembangan C- TiO_2 Nanotube Arrays untuk Prodeuksi Hidrogen dan Listrik dari Larutan Gliserol, Program Studi Teknik Kimia-UI, Depok (2012)
13. Mukhtar Effendi, Bilalodin, Analisis Sifat Optik Lapisan Tipis TiO_2 Doping Nitrogen yang Disiapkan dengan Metode Spin Coating, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY (2012)
14. Slamet a, Hosna W. Nasution a, Ezza Purnama a, Soleh Kosela b, Jarnuzi Gunlazuardi, *Photocatalytic reduction of CO_2 on copper-doped Titania catalysts prepared by improved-impregnation method*, Catalysis Communications 6 (2005) 313–319

PERTANYAAN :

Penanya : Fistri Susanti

1. Apa alasan dipilihnya unsur N dalam bahan pengolah limbah TiO_2
2. Selain TiO_2 limbah radioaktif apalagi yang dapat diolah dengan metode ini?

Jawaban :

1. Dari berbagai penelitian duping N pada TiO_2 cukup efektif menurunkan band gape TiO_2 hanya saja metode sintesisnya lebih susah, sehingga tertantang untuk mencoba.
2. TiO_2 bisa digunakan untuk pengolahan limbah radioaktif yang mengandung logam berat, ikatan organik dan limbah- limbah industri seperti limbah tekstil.

Penanya : Maskur

1. Persyaratan kondisi apa saja yang diperlukan agar terjadi foto katalis
2. Apa perbedaan UV ViS dan UV ViS DRS

Jawaban :

1. Pada TiO_2 murni kondisi fotokatalis dapat bekerja dalam lingkungan spektrum UV bila TiO_2 telah ditempel N, fotokatalis dapat bekerja di daerah sinar tampak.
2. UV-ViS digunakan pada sampel cair, UV-ViS DRS dapat digunakan pada sampel padat.