

REVIEW : KOMPOSIT TiO_2/rGO SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK MENDEGRADASI ZAT WARNA

¹⁾Anita Rahmawati, ²⁾Diah Hari Kusumawati

¹⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: anitarahmawati16030224034@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: diahkusumawati@unesa.ac.id

Abstrak

Komposit TiO_2/rGO merupakan material yang terbukti dapat digunakan sebagai fotokatalis, hal ini telah dibuktikan pada berbagai penelitian. Komposit TiO_2/rGO ini dapat dibuat dengan menggunakan berbagai metode diantaranya adalah *mixing* dan sonikasi, metode sol-gel, metode hidrotermal dan solvothermal. Fotokatalis komposit TiO_2/rGO ini memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendegradasi zat warna dari pada fotokatalis TiO_2 , hal ini dikarenakan band gap yang dimiliki komposit TiO_2/rGO lebih kecil dari band gap TiO_2 , sehingga fotokatalis komposit TiO_2/rGO dapat aktif pada daerah cahaya tampak sedangkan fotokatalis TiO_2 hanya aktif pada daerah ultraviolet (UV). Dengan keaktifan band gap fotokatalis komposit TiO_2/rGO tersebut maka apabila dikenai oleh energi (sinar matahari) yang lebih besar, elektron pada pita valensi akan bergerak menuju pita konduksi, dari perpindahan tersebut akan dihasilkan hole yang berinteraksi dengan pelarut air membentuk radikal yang kemudian dalam proses fotodegradasi akan mengakibatkan terjadinya pemecahan molekul-molekul organik menjadi molekul yang sederhana seperti karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen dioksida (H_2O). Dari data-data hasil penelitian yang dilaporkan, efisiensi fotokatalis komposit TiO_2/rGO dalam mendegradasi konsentrasi zat warna dalam air lebih baik dari pada dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 , didapatkan efisiensi fotokatalis komposit TiO_2/rGO adalah sebesar 70%; 95%; 100%; 93%; 99,2%; 100%; 85%; 98%; 94% sedangkan efisiensi fotokatalis TiO_2 adalah sebesar 10%; 86%; 54%; 55%; 22%; 75,5%, 75%.

Kata Kunci : Fotokatalis, TiO_2/rGO , degradasi, efisiensi.

Abstract

TiO_2/rGO composite is a material that has been proven to be used as a photocatalyst, this is evidenced in various studies. These TiO_2/rGO composites can be made using various methods including mixing and sonication, sol-gel method, hydrothermal method and solvothermal. This TiO_2/rGO composite photocatalyst has better ability to degrade dyes than TiO_2 photocatalyst, this is because the band gap of the TiO_2/rGO composite is smaller than the TiO_2 band gap, so that the TiO_2/rGO composite photocatalyst can be active in visible light areas whereas TiO_2 photocatalyst is only active in the ultraviolet (UV) region. with the activity of TiO_2/rGO composite photocatalyst band gap, if it is subjected to greater energy (sunlight), electrons in the valence band will move towards the conduction band, from the displacement will result in holes that interact with water solvents to form radicals which then in the process photodegradation will result in the breakdown of organic molecules into simple molecules such as carbon dioxide (CO_2) and hydrogen dioxide (H_2O). From the reported research results, the efficiency of TiO_2/rGO composite photocatalysts in degrading the concentration of dye in water is better than using TiO_2 photocatalysts, the efficiency of TiO_2/rGO composite photocatalysts is 70%; 95%; 100%; 93%; 99.2%; 100%; 85%; 98%; 94% while the TiO_2 photocatalyst efficacy is 10%; 86%; 54%; 55%; 22%; 75.5%, 75%.

Keywords: Photocatalyst, TiO_2/rGO , degradation, efficiency.

PENDAHULUAN

Karbon merupakan salah satu unsur yang keberadaannya sangat melimpah di alam, unsur ini telah digunakan pada berbagai bidang seperti superkapasitor, bahan absorben, baterai elektroda *fuel cell* dan seterusnya. Unsur ini juga memiliki beberapa polimorf, salah satunya adalah grafit (Putra, 2017). Grafit dapat terbentuk dari beberapa lapisan grafena yang memiliki struktur beupa

ika tan kovalen atom-atom karbon dengan tiga atom karbon lainnya. Tahap-tahap mengubah grafit menjadi grafena adalah grafit- grafit oksida- grafena oksida- *reduce graphene oxide* (rGO)- grafena. Grafena Oksida (GO) struktur lapisannya mirip dengan grafit namun karena banyaknya gugus oksigen dalam kisi-kisi karbonnya, maka jarak antar lapisannya menjadi lebih besar, tebal dan juga bersifat hidrofilik. Apabila lapisan yang terbentuk ini telah teroksidasi melalui metode ultrasonikasi

dan membentuk lembaran dengan satu atau beberapa lapisan atom karbon seperti grafena maka lembaran ini disebut grafena oksida (GO). (Fei and Cheng, 2014 dalam Dewi Tiara. S, 2018). *Graphene Oxide* yang direduksi akan menghasilkan *reduced graphene oxide* yang disebut juga material seperti graphene (*Graphene Like*), dalam pembentukannya menjadi rGO akan terdapat ikatan yang tersisa antara atom oksigen (O) dan hidrogen (H) dengan atom karbon. Material rGO ini sering dikomposisikan dengan TiO_2 .

TiO_2 merupakan material yang terbentuk alami dan termasuk dalam transisi oksida logam. TiO_2 memiliki stabilitas kimia yang baik, adsorpsi yang baik di daerah ultra violet, transparansi tinggi pada cahaya tampak, indeks refraksi yang bernilai tinggi, konduktivitas rendah, tidak beracun dan harga yang terjangkau (Rasheed *et al*, 2017). Karena sifat-sifatnya tersebut, TiO_2 dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti bahan pembuatan cat, tabir surya, pasta gigi, sensor kimia, sel surya, fotokromik, fotovoltaik, fotokatalis dan elektrokromik (Hayle *et al*, 2014).

Komposit TiO_2/rGO telah terbukti mampu menjadi fotokatalis yang baik dalam mendegradasi zat warna. Hal itu dibuktikan pada penelitian Zhang Yupeng and Pan Chunxu (2011), Li Jing *et al* (2013), Maruthamani D *et al* (2015), Zhang Senping *et al* (2017), Lavanya T *et al* (2017), Rosy A dan Kalpana G (2018), dan Galvez Horacio E G *et al* (2019). Dalam penelitian-penelitian tersebut berhasil meningkatkan kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi zat warna dengan cara mengkomposisikan TiO_2 dengan rGO. Material komposit ini dibuat untuk menghasilkan band gap yang lebih kecil dari material TiO_2 , hal ini dilakukan agar Fotokatalis TiO_2 yang aktif pada spektrum sinar UV ($\lambda < 400 \text{ nm}$) dapat berubah menjadi fotokatalis TiO_2/rGO yang aktif pada daerah sinar tampak (400 – 700 nm), dengan begitu fotokatalis dapat bekerja lebih efektif dalam mendegradasi polutan (zat warna) dengan bantuan sinar matahari.

Pada review ini akan diuraikan, komposit TiO_2/rGO sebagai fotokatalis, metode pembuatan komposit TiO_2/rGO dan aplikasi fotokatalis komposit TiO_2/rGO untuk degradasi zat warna.

KOMPOSIT TiO_2/rGO SEBAGAI FOTOKATALIS

Fotokatalis merupakan perpaduan reaksi katalis dan fotokimia. Fotokatalis merupakan proses dengan bantuan cahaya (fotokimia) dan katalis. Katalis merupakan suatu zat yang berpengaruh pada proses laju reaksi tanpa merubah secara kimia. Fotoreaksi dipercepat dengan adanya katalis melalui interaksinya dengan substrat baik dalam keadaan dasar atau tereksitasi maupun dengan

fotoproduk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut. (Kirk dan Othmer, 1994)

Fotokatalis yang dikenai oleh cahaya matahari dapat mengoksidasi polutan organik menjadi material ramah lingkungan, dapat membasmi bakteri dan juga dapat mendegradasi pewarna. Selain itu, fotokatalis juga dapat digunakan untuk mereduksi senyawa-senyawa polutan pada udara misalnya NO_x dan asap rokok. (Hutabarat, 2012).

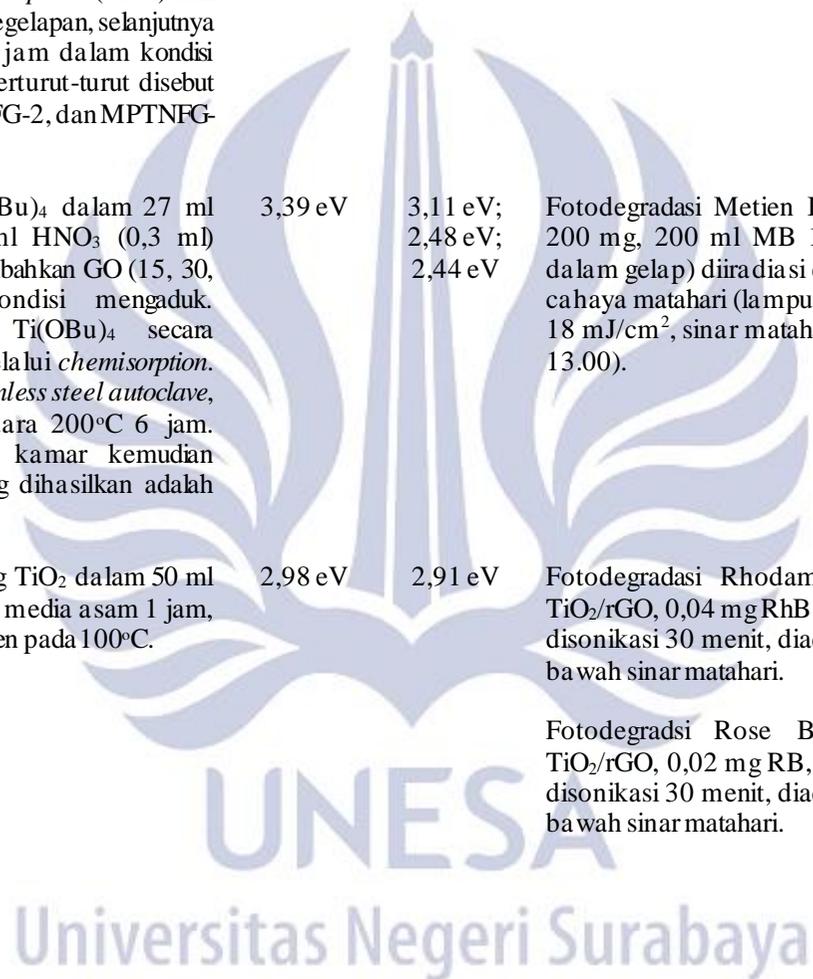
Fotokatalis yang sering digunakan adalah TiO_2 yang merupakan salah satu material semikonduktor. Besar energi celah pita TiO_2 adalah sebesar 3,2 eV, karena hal ini TiO_2 tersebut hanya aktif pada spektrum sinar UV dengan gelombang di bawah 400 nm. Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalisnya agar dapat aktif pada panjang gelombang 400 nm sampai 700 nm (daerah sinar tampak), maka salah satu caranya adalah dengan menambahkan material yang lain ke dalam material TiO_2 (Basthomi Ibnu, 2016), material tersebut harus merupakan semikonduktor lain dengan celah pita lebih rendah dari TiO_2 (Hirai, 2001). rGO merupakan salah satu material semikonduktor yang dapat digunakan sebagai material tambahan dalam komposit rGO/ TiO_2 karena memiliki *band gap* antara 1,00 eV sampai 1,69 eV (bergantung dari derajat reduksi) (Cheng H, *et al*, 2013).

Komposit TiO_2/rGO memiliki band gap yang rendah dari TiO_2 sehingga aktivitas fotokatalisnya lebih efisien karena hal itu mengakibatkan fotokatalis komposit TiO_2/rGO dapat aktif pada daerah dengan panjang gelombang yang lebih besar dari yang berhasil dijangkau oleh TiO_2 pada daerah sinar tampak. dengan keaktifan band gap fotokatalis tersebut maka apabila dikenai oleh energi (sinar matahari) yang lebih besar, elektron pada pita valensi akan bergerak menuju pita konduksi, dan perpindahan tersebut akan dihasilkan hole (Nasikhudin *et al*, 2018) yang berinteraksi dengan pelarut air membentuk radikal (P. Jefri, 2011 dalam Fatimah dan Karna, 2005) yang kemudian dalam proses fotodegradasi akan mengakibatkan terjadinya pemecahan molekul-molekul organik menjadi molekul yang sederhana seperti CO_2 dan H_2O (Kurniawan dan Putri, 2016).

Tabel 1. Metode sintesis, nilai band gap dan aplikasi fotokatalis hasil review artikel terkait

Metode Sintesis	Proses Pembuatan	Band gap		Aplikasi	Referensi
		TiO_2	TiO_2/rGO		
Mixing	TiO_2 (P25) (20% rutil + 80% anatase) dari Degussa. Mencampurkan 10 mg GO dan 90 mg P25 pada 100 mL Aquades. Mensonikasi 1 jam, Mensentrifugasi dan kemudian dikeringkan pada 30°C. terakhir, mengkalsinasi pada 300°C selama 2 jam dalam kondisi gas argon dengan pemanasan sekitar 100°C min ⁻¹	3,10 eV	2,95 eV	Fotodegradasi Metilen Biru (100 mg TiO_2/rGO , 100 ml Air, 12 mg L ⁻¹ MB) di bawah penyinaran cahaya Vis (Lampu Merkuri 250 W) dan <i>cutoff filter</i> , $\lambda < 400$ nm.	Zhang Yupeng and Pan Chunxu (2011)
Hydrothermal	TiO_2/rGO dari reaksi hidrotermal dalam air. Mencampurkan P25 dalam 200 mL disperse GO dengan konsentrasi berbeda (2%, 3%, 5%, dan 10%), mengaduknya 2 jam hingga homogen. dipindahkan pada <i>Teflon-lined autoclave</i> 120°C 3 jam, mensentrifugasi, dibilas dengan aquades dan dikeringkan pada 50°C	3,17 eV	2,88 eV; 2,81 eV; 2,72 eV; 2,63 eV	Fotodegradasi Metilen Biru (300 ml MB 10 mg L ⁻¹ , 0,12 g TiO_2/rGO) di bawah sinar UV (Lampu UV 8W, 365 nm) Fotodegradasi <i>Reactive Black 5</i> (300 ml RBk5 10 mg L ⁻¹ , 0,12 g TiO_2/rGO) di bawah sinar UV (Lampu UV 8W, 365 nm)	Li Jing <i>et al.</i> (2013)
Sol-gel	Mendispersikan 20 mg GO dalam 70 ml asam asetat glasial, kemudian mensonikasi 3 jam, kemudian ditambahkan tetes demi tetes 2 ml tetrabutyl titanate dalam pengadukan selama 10 menit kemudian dipindahkan pada <i>Teflon-lined autoclave</i> .	3,25 eV	3,05 eV	Fotodegradasi Metilen Biru (20 mg TiO_2/rGO , larutan metilen biru 200 ml 5 ppm, diaduk dalam gelap 1 jam) diterangi lampu xenon 3000 W (CELHXF300, 420 nm, tanpa filter)	Zhang Senping <i>et al.</i> (2017)
Solvothermal	Perbandingan massa antara GO and TiO_2 adalah 20%. Mencampurkan GO dalam 100 mL methanol dan ditambahkan 1 g TiO_2 kemudian mensonikasi pada suhu ruang selama 30 menit, selanjutnya diaduk 250 rpm selama 1 jam sampai homogen. dipindahkan pada <i>teflon-lined autoclave</i> 393 °K selama 8 jam. disaring, dicuci berulang kali dengan Aquades, mengeringkan dalam vakum pada 333°K dan menyimpan dalam desikator sampai penggunaan lebih lanjut.	3,06 eV	2,38 eV	Fotodegradasi Rhodamine B (zat warna dicampur dengan TiO_2/rGO) di bawah sinar UV (Lampu Merkuri 8 W, 365 nm)	Maruthamani <i>et al.</i> (2015)

Solvothermal	Mencampurkan 1,25 mg, 2,5 mg dan 5 mg grafit oksida dalam 60 ml air deionisasi kemudian mensonikasi selama 1 jam, hasilnya adalah GO, kemudian pada masing-masing ditambahkan 5 mg TiO_2 dalam disperse pada <i>hot plate</i> (60°C) dan pengadukan 700 rpm dalam kegelapan, selanjutnya dianil pada 400°C selama 1 jam dalam kondisi argon. Hasil kompositnya berturut-turut disebut sebagai MPTNFG-1, MPTNFG-2, dan MPTNFG-3	3,26 eV	3,17 eV; 3,06 eV; 3 eV	Fotodegradasi <i>Methyl Orange</i> (10 mg TiO_2/rGO , 25 ml MO) di bawah sinar UV (Lampu UV 20 W, 365 nm)	Lavanya T <i>et al.</i> (2017)
Solvothermal	Mengencerkan 2,7 ml $\text{Ti}(\text{OBU})_4$ dalam 27 ml EtOH, menambahkan 0,3 ml HNO_3 (0,3 ml) mengaduk 30 menit. Menambahkan GO (15, 30, dan 45 mg) dalam kondisi mengaduk. Mencangkokkan Molekul $\text{Ti}(\text{OBU})_4$ secara seragam ke lembaran GO melalui <i>chemisorption</i> . Memindahkan ke <i>Teflon-Stainless steel autoclave</i> , dimasukkan ke tungku udara 200°C 6 jam. Mengeringkan pada suhu kamar kemudian menumbuknya. Sampel yang dihasilkan adalah TG-15, TG-30, dan TG-45.	3,39 eV	3,11 eV; 2,48 eV; 2,44 eV	Fotodegradasi Metien Biru (TiO_2/rGO 200 mg, 200 ml MB 15 ppm, diaduk dalam gelap) diiradiasi dengan UV dan cahaya matahari (lampu UV 10 W dosis 18 mJ/cm ² , sinar matahari 11.00 hingga 13.00).	Galvez Horacio E <i>et al</i> (2019)
Sonikasi	Melarutkan 8 mg GO dan 1 g TiO_2 dalam 50 ml aquades. Mensonikasi dalam media asam 1 jam, disentrifugasi kemudian dioven pada 100°C.	2,98 eV	2,91 eV	Fotodegradasi Rhodamine B (0,1 g TiO_2/rGO , 0,04 mg RhB, 100 ml aquades, disonikasi 30 menit, diaduk 30 menit) di bawah sinar matahari. Fotodegradasi Rose Bengal (0,1 g TiO_2/rGO , 0,02 mg RB, 100 ml aquades, disonikasi 30 menit, diaduk 30 menit) di bawah sinar matahari.	Rosy A and Kalpana G (2018)

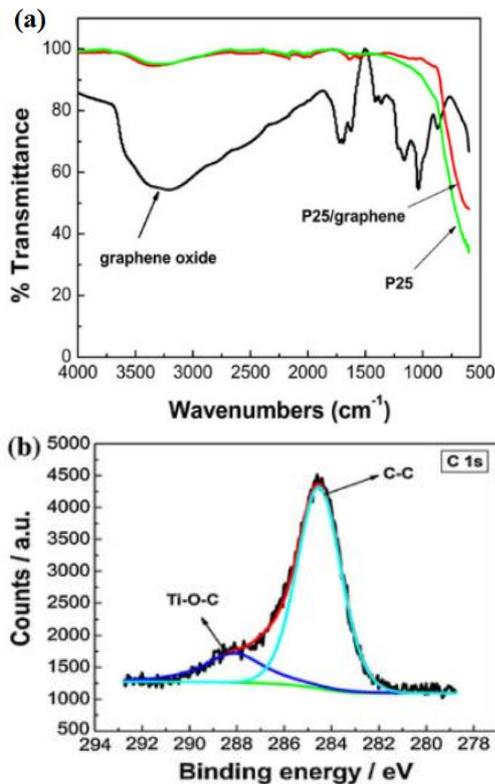


METODE SINTESIS

Menurut literatur komposit TiO₂/rGO bisa dibuat dengan menggunakan metode yang berbeda diantaranya adalah metode *mixing* dan sonikasi, metode sol-gel, metode hidrotermal dan solvothermal. Berikut akan diuraikan tentang metode-metode ini. Selain itu, pada tabel 1 terdapat ringkasan yang berisi eksperimen, band gap komposit dan aplikasi yang digunakan pada penelitian.

Mixing dan Sonikasi

Metode paling sederhana untuk membuat komposit TiO₂/rGO adalah dengan *mixing* dan sonikasi karena GO dapat mengelupas ketika dimasukkan dalam air atau larutan organik. Metode ini sangat umum karena kesederhanaannya, namun dalam banyak kasus interaksi antara kedua fase tersebut lemah, hal ini dikarenakan adanya ikatan kimia yang tidak dibutuhkan. Faktanya terdapat dalam laporan pertama tentang komposit TiO₂/rGO yang berhasil dibuat menggunakan metode ini, meskipun tahap reduksi fotokatalitik dengan bantuan sinar UV dimasukkan dalam pembuatan TiO₂/rGO (Williams *et al.*, 2008). Dalam penelitian Zhang Yupeng and Pan Chunxu (2011), pemanasan dibawah keadaan inert juga diaplikasikan setelah *mixing* dan sonikasi yang mendoping atom karbon ke dalam struktur TiO₂ dan mengakibatkan aktivitas fotokatalitiknya meningkat pada cahaya tampak. Dalam penelitian mereka, TiO₂ (P25) dari Degussa digunakan untuk membuat komposit TiO₂/rGO. Pada penelitian Rosy A and Kalpana G (2018) juga dibuat TiO₂/rGO menggunakan metode ini. Berikut adalah karakterisasi dari komposit TiO₂/rGO yang dihasilkan.

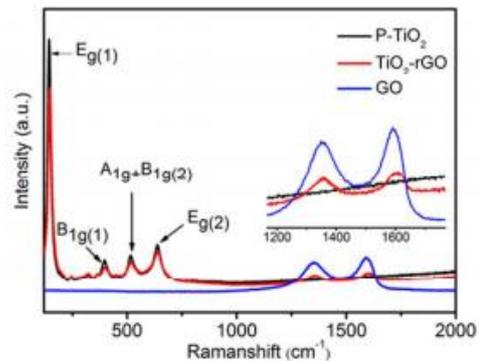


Gambar 1. (a) *Fourier transform infrared* (FTIR) dari GO, P25, dan Komposit TiO₂/rGO, (b) XPS dari Komposit TiO₂/rGO (Zhang Yupeng and Pan Chunxu, 2011)

Hasil karakterisasi komposit TiO₂/rGO dengan menggunakan FTIR pada gambar 1a didapatkan ikatan Ti-O-Ti pada daerah di bawah 1000 cm⁻¹ dan didapatkan kerangka GS pada daerah 1600 cm⁻¹. Sedangkan dengan menggunakan XPS pada gambar 1b didapatkan ikatan C-C pada 284,7 eV dan ikatan Ti-O-C pada 288,1 eV. Adanya ikatan Ti-O-C menunjukkan bahwa atom C telah menggantikan atom Ti dalam TiO₂.

Sol-gel

Metode yang paling banyak digunakan untuk membuat komposit TiO₂/rGO adalah sol-gel. Pemukaan GO pada umumnya dapat disatukan dengan prekursor titanium alkoksida melalui kelarutan dalam air, kemampuan hidrogen dalam GO, dan karena gugus permukaan hidroksil dari GO dapat membentuk jembatan oksida atau hidroksida dengan pusat-pusat logam. Formasi dari TiO₂ dalam proses sol-gel melibatkan jembatan oksida atau hidroksida selama hidrolisis alkoksida, dan akhirnya diseperti oleh hidroksida yang terhubung dengan lembaran-lembaran GO membentuk sol yang berkembang menjadi struktur biphasic seperti gel dengan jumlah penambahan GO yang meningkat (Manga *et al.*, 2010) salah satu titanium alkoksida yang digunakan dalam pembuatan komposit TiO₂/rGO adalah Ti(C₄H₉O)₄ (Zhang Senping *et al.*, 2017). Berikut adalah karakterisasi dari komposit TiO₂/rGO yang dihasilkan.



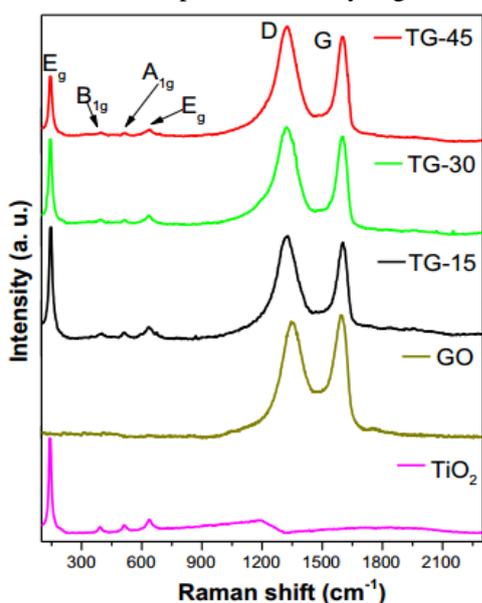
Gambar 2. Raman dari P-TiO₂, TiO₂/rGO dan GO (Zhang Senping *et al.*, 2017)

Dari uji raman pada gambar 2 dapat diketahui *D-band* dan *G-band* komposit TiO₂/rGO terletak pada 1356 cm⁻¹ dan 1609 cm⁻¹, sedangkan nilai untuk I_D/I_G adalah 0,88.

Metode Hidrotermal dan Solvothermal

Metode hidrotermal dan solvothermal melibatkan reaksi di bawah suhu dan atau tekanan yang terkontrol, dan biasanya dilakukan dalam *autoklaf stainless steel*. Ketika komposit TiO₂/rGO dibuat dengan metode ini, sebagian GO akan direduksi menjadi rGO, atau dalam beberapa kasus dapat menjadi lembaran-lembaran graphene jika beberapa reagen kimia ditambahkan (NaBH₄, hidrazin, dll). Li Jing *et al.* (2013) memperoleh komposit TiO₂/rGO melalui metode hidrotermal, TiO₂ yang digunakan adalah P25 yang kemudian dicampurkan pada disperse GO. Metode solvothermal dilakukan pada penelitian Marathamani D *et al.* (2017), Lavanya T *et al.* (2017) dan

Galvez Horacio E G *et al* (2019). Berikut adalah karakterisasi dari komposit TiO_2/rGO yang dihasilkan.



Gambar 3. Raman dari TiO_2 , GO, TG-15, TG-30, dan TG-45. (Galvez Horacio E G *et al*, 2019)

Dari uji raman pada gambar 3 dapat diketahui nilai I_D/I_G dari GO adalah 0,94, sedangkan untuk komposit TiO_2/rGO adalah 1,07. Nilai tersebut mengalami peningkatan dikarenakan penurunan domain sp^2 (ikatan C-C) dalam bidang atom karbon.

APLIKASI FOTOKATALIS KOMPOSIT TiO_2/rGO UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA

Komposit TiO_2/rGO dapat diaplikasikan salah satunya untuk degradasi zat warna. Berikut adalah nilai-nilai efisiensi fotokatalis dalam mendegradasi konsentrasi pewarna dalam air. Pada penelitian Zhang Yupeng and Pan Chunxu (2011) melaporkan degradasi larutan metilen biru dalam cahaya tampak selama 5 jam untuk komposit TiO_2/rGO adalah sekitar 70% sedangkan untuk TiO_2 hanya 10%. Peningkatan ini dikarenakan adanya ikatan Ti-O-C yang terbentuk sehingga fotokatalis dapat aktif pada panjang gelombang yang lebih tinggi pada cahaya tampak. Pada penelitian Li Jing *et al* (2013) melaporkan bahwa jika dengan fotokatalis TiO_2 maka hampir tidak ada adsorpsi terhadap metilen biru sedangkan jika dengan menggunakan fotokatalis komposit TiO_2/rGO efisiensi degradasi dapat mencapai 95%. Pada penelitian Zhang Senping *et al* (2017) 100% metilen biru dapat terdegradasi oleh komposit TiO_2/rGO dalam 100 menit sedangkan dengan TiO_2 hanya 86%. Pada penelitian Maruthamani D *et al* (2015) fotokatalis komposit TiO_2/rGO memiliki efisiensi 93% dalam mendegradasi Rhodamine B selama 3 jam. Pada penelitian Lavanya T *et al* (2017) didapatkan bahwa efisiensi degradasi *methyl orange* dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 adalah sebesar 54% sedangkan dengan menggunakan fotokatalis TiO_2/rGO

dapat mencapai 99,2%. Pada penelitian Galvez Horacio E G *et al* (2019) efisiensi fotokatalis dalam mendegradasi metilen biru dengan menggunakan radiasi lampu UV selama 60 menit didapatkan 55% untuk TiO_2 dan untuk komposit TiO_2/rGO (TG-30) mencapai 100%, sedangkan jika menggunakan sinar matahari selama 60 menit didapatkan efisiensi 22% untuk TiO_2 dan 85% untuk komposit TiO_2/rGO (TG-45). Pada penelitian Rosy A dan Kalpana G (2018) melakukan percobaan fotokatalis pada dua macam zat warna, pada zat warna Rhodamine B didapatkan efisiensi fotokatalis TiO_2 adalah sebesar 75,5% dan efisiensi fotokatalis TiO_2/rGO adalah sebesar 98%, sedangkan pada zat warna Rose Bengal didapatkan efisiensi fotokatalis TiO_2 sebesar 75% dan efisiensi TiO_2/rGO sebesar 94%. Dari data-data hasil penelitian yang dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa efisiensi fotokatalis komposit TiO_2/rGO lebih baik dalam mendegradasi zat warna dibandingkan dengan fotokatalis TiO_2 .

KESIMPULAN

Komposit TiO_2/rGO telah terbukti mampu menjadi fotokatalis yang baik dalam mendegradasi zat warna. Komposit TiO_2/rGO ini dapat dibuat dengan menggunakan berbagai metode diantaranya adalah *mixing* dan sonikasi, metode sol-gel, metode hidrotermal dan solvothermal. Keberhasilan komposit TiO_2/rGO sebagai fotokatalis dibuktikan pada penelitian Zhang Yupeng and Pan Chunxu (2011), Li Jing *et al* (2013), Maruthamani D *et al* (2015), Zhang Senping *et al* (2017), Lavanya T *et al* (2017), Rosy A dan Kalpana G (2018), dan Galvez Horacio E G *et al* (2019). dalam penelitian-penelitian tersebut membuktikan peningkatan kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi zat warna dengan cara mengkompositkan TiO_2 dengan rGO, material komposit ini dibuat untuk menghasilkan band gap yang lebih kecil dari material TiO_2 , hal ini dilakukan agar Fotokatalis TiO_2 yang aktif pada spektrum sinar UV ($\lambda < 400 \text{ nm}$) dapat berubah menjadi fotokatalis TiO_2/rGO yang aktif pada daerah sinar tampak (400 – 700 nm), dengan begitu fotokatalis dapat bekerja lebih efektif dalam mendegradasi polutan (zat warna) dengan bantuan sinar matahari. Dari data-data hasil penelitian yang dilaporkan, efisiensi fotokatalis komposit TiO_2/rGO dalam mendegradasi zat warna lebih baik dari pada dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 , didapatkan efisiensi fotokatalis komposit TiO_2/rGO adalah sebesar 70%; 95%; 100%; 93%; 99,2%; 100%; 85%; 98%; 94% sedangkan efisiensi fotokatalis TiO_2 adalah sebesar 10%; 86%; 54%; 55%; 22%; 75,5%; 75%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basthomi Ibnu. A . (2016). “Sintesis, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO_2) Anatas Terdoping Vanadium (III) Menggunakan Metode Sonikasi.” Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- [2] Chang H, *et al.* (2013). “Regulating Infrared Photoresponses in reduced graphene oxide Phototransistors by defect and atomic structure control.” *ACSNano*. doi:10.1021/nn4023679.
- [3] Dewi Tiara. S. (2018). “Pengaruh Waktu Ultrasonikasi Terhadap Karakteristik Elektroda Superkapasitor Berbahan Dasar Tempurung Kelapa.” Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya.
- [4] Galvez Horacio E G *et al.* (2019). “Graphene role in improved solar photocatalytic performance of TiO_2 -rGO monocomposite.” *Chemical Physics*. 521:35-43.
- [5] Hayle, S. T. (2014). “Synthesis and Characterization of Titanium Oxide Nanomaterials Using Sol-Gel Method.” *American Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.nano.20140201.11>
- [6] Hirai, Suzuki. K, dan Komasa. I. (2001). “Preparation and Photocatalytic Properties of Composite CdS Nanoparticles – Titanium Dioxide Panicles.” *Jurnal Colloid Interface Science*. Vol 244, hlm. 262 – 265.
- [7] Hubarat Romaida. (2012). “Sintesis Dan Karakteristik Fotokatalis Fe^{2+} -ZnO Berbasis Zeolit Alam.” Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- [8] Kirk, R.E. and Othmer, V.R., (1994), “Encyclopedia of Chemical Technology.” vol.11 Flavor Characterization to Fuel Cells, 4th ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
- [9] Kurniawan. A dan Putri. N.P. (2016). “Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{PVA}$.” *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* Vol. 5, hal 11 – 14.
- [10] Lavanya T *et al.* (2017). “Superior photocatalytic performance of graphene wrapped anatase/rutile mixed phase TiO_2 nanofibers synthesized by a simple and facile route.” *Journal of environmental chemical engineering*. 5 : 494-503.
- [11] Li Jing *et al.* (2013). “Hydrothermal preparation of P25-graphene composite with enhanced adsorption and photocatalytic degradation of dyes.” *Chemical engineering journal*. 219 : 486-491.
- [12] Manga KK, Wang S, Jaiswal M, Bao Q, Loh KP (2010). “High-gain graphene-titanium oxide photoconductor made from inkjet printable ionic solution.” *Adv Mater* 22:5265–5270
- [13] Maruthamani D *et al.* (2015). “Enhanced photocatalytic activity of TiO_2 by reduced graphene oxide in mineralization of Rhodamine dyes.” *Journal of industrial and engineering chemistry*. DOI : 10.1016/j.jiec.2015.04.026
- [14] Nasikhudin, Diantoro, M., Kususmaatmaja, A., & Triyana, K. (2018). “Study on Photocatalytic Properties of TiO_2 Nanoparticle in various pH condition.” *Journal of Physics: Conference Series*, 1011(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012069>
- [15] P. Jefri Fingky. (2011). “Degradasi Fotokatalitik Surfaktan NaLS (*Natrium Lauril Sulfat*) Dengan Kombinasi Reagen Fenton dan TiO_2 .” Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga.
- [16] Putra Gilang. B.A. (2017). “Sintesis Elektroda Superkapasitor dengan Proses Eksfoliasi Kimia dan Pengaitan Fe^{3+} pada Grafena Oksida Tereeduksi dari Tempurung Kelapa.” Tugas Akhir. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [17] Rasheed, R. T., Al-Algawi, S. D., & Rhoomi, Z. R. (2017). “Synthesis and Antibacterial Activity of Rutile- TiO_2 Nano Powder Prepared by Hydrothermal Process.” *Pure and Applied Sciences*, (25).
- [18] Rosy. A and Kalpana. G. (2018). “Influence of RGO/ TiO_2 nanocomposite on photodegrading Rhodamine B and Rose Bengal dye pollutants.” <https://doi.org/10.1007/s12034-018-1598-y>.
- [19] Williams G, Seger B, Kamt PV (2008). “ TiO_2 -graphene nanocomposites. UV-assisted photocatalytic reduction of graphene oxide.” *ACS Nano* 2:1487–1491
- [20] Zhang Senping *et al.* (2017). “Interfacial growth of TiO_2 -rGO composite by pickering emulsion for photocatalytic degradation.” *Langmuir*. 1-47
- [21] Zhang Yupeng and Pan Chunxu. (2011). “ TiO_2 /graphene composite from thermal reaction of graphene oxide and its photocatalytic activity in visible light.” *Springer*. 46 : 2622-2626. DOI : 10.1007/s10853-010-5116-x