

Sintesis Nanokomposit TiO₂-Grafit untuk Degradasi Asap Rokok

Aulia Anggini*, Muldarisnur

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 18 Juni 2021
Direvisi: 2 Juli 2021
Diterima: 9 Juli 2021

Kata kunci:

Degradasi
Kristal
Polyethylene Glycol 6000
TiO₂ – Grafit
Waktu Tahan

Keywords:

Degradation
Crystals
Polyethylene Glycol 6000
TiO₂ – Graphite
Holding Time

Penulis Korespondensi:

Aulia Anggini
Email : auliaanggini42@gmail.com

ABSTRAK

Nanopartikel TiO₂ dan nanokomposit TiO₂ – Grafit telah berhasil disintesis dengan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer. Partikel yang terbentuk diaplikasikan untuk mengukur waktu degradasi senyawa berbahaya yang terkandung pada asap rokok menggunakan cahaya tampak. Polimer yang digunakan adalah PEG 6000. Sintesis dilakukan pada suhu 600° C dengan waktu tahan selama 0 jam, 0,5 jam, dan 1 jam. Hasil karakterisasi XRD dan UV Vis DRS menunjukkan ukuran kristal yang terbentuk sebesar 26,5 nm dan besar energi celah pita sebesar 2,98 eV, 2,95 eV, 3,07 eV, dan 3,9 eV untuk TiO₂ tanpa waktu tahan, TiO₂ – G dengan waktu tahan 0 jam, 0,5 jam, dan 1 jam. Peningkatan waktu tahan menghasilkan kristal yang lebih stabil dan memiliki derajat kristalinitas yang lebih tinggi. Nanokomposit TiO₂ – G mampu mendegradasi asap rokok lebih cepat dibandingkan TiO₂ tanpa grafit dikarenakan penambahan grafit meningkatkan kemampuan penyerapan cahaya TiO₂ di wilayah cahaya tampak. Hal ini menunjukkan nanokomposit TiO₂ – G lebih efisien dalam mendegradasi asap rokok dibandingkan nanopartikel TiO₂ tanpa Grafit.

TiO₂ nanoparticles and TiO₂– Graphite nanocomposite has been successfully synthesized by a simple heating method in a polymer solution. The particles formed were applied to measure the degradation time of harmful compounds in cigarette smoke using visible light. The polymer used was PEG 6000. The synthesis was carried out at a temperature of 600°C with a holding time of 0 hours, 0.5 hours, and 1 hour. The results of XRD and UV Vis DRS characterization showed that the crystal size formed was 26.5 nm, and the bandgap energy was 2.98 eV, 2.95 eV, 3.07 eV, and 3.9 eV for TiO₂ without holding time, TiO₂– G with a hold time of 0 hours, 0.5 hours, and 1 hour. The increase in holding time resulted in more stable crystals and had a higher degree of crystallinity. TiO₂– G nanocomposite can degrade cigarette smoke faster than TiO₂ without graphite because the addition of graphite increases the light absorption ability of TiO₂ in the visible light region. This matter shows that TiO₂– G nanocomposites are more efficient in degrading cigarette smoke than TiO₂ nanoparticles without graphite.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Berbagai jenis polutan di udara, air, dan tanah merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan. Salah satu polusi udara yang sangat berbahaya bagi manusia adalah asap rokok. Asap rokok mengandung berbagai komponen zat berbahaya yang terdiri dari 15% partikel berupa nikotin, uap air dan tar serta 85% gas berupa karbon monoksida (CO), hidrosianat, *polynuclear aromatic hydrocarbons* (PAH), sianogen, aldehid, keton, nitrosamin dan lain-lain. Berbagai bukti ilmiah menunjukkan bahwa merokok dan menghirup asap rokok merupakan salah satu penyebab kematian. Asap rokok merupakan penyebab berbagai macam penyakit seperti jantung koroner, hipertensi, gangguan pernapasan, stroke, kanker, gangguan kehamilan dan janin (Bazemore dkk., 2006).

Saat ini telah banyak dikembangkan material fotokatalis berukuran nano untuk menghilangkan polutan cair maupun gas. Salah satu contoh material fotokatalis yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah polutan organik adalah titanium dioksida (TiO₂). TiO₂ merupakan senyawa yang paling aktif untuk digunakan dalam mengatasi masalah lingkungan seperti purifikasi udara, dan pengolahan limbah cair, serta TiO₂ juga memiliki daya oksidasi yang kuat, tidak beracun serta mudah disintesis di laboratorium (Wulandari, et al., 2018). Nanopartikel TiO₂ merupakan material semikonduktor tipe-*n* berukuran 10-50 nm yang dapat berfungsi sebagai fotokatalis karena reaksi pada permukaannya dapat diinduksi dengan cahaya. TiO₂ murni memiliki energi celah pita sebesar 3,2 eV yang membatasi aplikasi fotokatalis hanya pada daerah sinar ultra violet (UV). Sinar UV alami sangat terbatas karena hanya 5% dari total intensitas cahaya matahari yang sampai ke Bumi (Vaiano dkk., 2018). Oleh karena itu telah dikembangkan beberapa penelitian dalam memperluas fotorespon TiO₂ ke wilayah cahaya tampak. Salah satu cara untuk meningkatkan penyerapan cahaya tampak untuk bahan TiO₂ dapat dilakukan dengan memodifikasi sifat dari TiO₂ melalui pendopingan semikonduktor TiO₂ dengan unsur lain seperti karbon.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asap rokok dapat terdegradasi oleh nanopartikel FeTiO₃ dengan bantuan cahaya tampak (Hakikah dkk., 2020). Ibadurrohman dan Slamet (2009) telah membuat alat purifikasi udara dari asap rokok menggunakan nanokomposit TiO₂ dan karbon aktif di dalam fotoreaktor *batch* yang dilengkapi dengan sejumlah lampu UV. Penambahan karbon aktif pada nanokomposit TiO₂ meningkatkan laju reaksi awal. Penggunaan katalis dengan karbon aktif memungkinkan mengkonversi asap rokok hingga 85% pada 10 menit pertama, dua kali lebih tinggi dibandingkan fotokatalis TiO₂ murni yang hanya mampu mengkonversi 40% dalam waktu yang sama.

Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh Rosli dkk. (2018) dengan mensintesis nanopartikel titanium dioksida (TiO₂) dan nanokomposit TiO₂ - grafit (TiO₂ - G) menggunakan prekursor limbah mineral ilmenit untuk mengukur waktu degradasi asap rokok di bawah penyinaran cahaya tampak. Hasil Spektroskopi UV-Vis mengungkapkan bahwa energi celah pita dari nanokomposit TiO₂ - G turun menjadi 2,90 eV dibandingkan dengan nanopartikel TiO₂ sebesar 2,95 eV. Hal ini cukup mampu untuk nanokomposit TiO₂ - G mendegradasi asap di bawah penyinaran cahaya tampak selama 2 menit lebih cepat dibandingkan dengan jenis nanopartikel TiO₂ lainnya.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel TiO₂ yang dimodifikasi dengan menambahkan bubuk grafit sebagai dopan untuk meningkatkan kemampuan fotokatalis nanopartikel TiO₂ pada daerah sinar tampak dengan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer. Metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer digunakan karena cukup mudah, sederhana, dan tidak memerlukan waktu yang lama jika dilakukan di laboratorium (Tussa'adah, R. dan Astuti, 2015). Nanokomposit TiO₂ - G yang disintesis akan diuji aktivitas fotokatalitiknya dalam mendegradasi senyawa dalam fasa gas (asap rokok) dengan fotoirradiasi menggunakan sumber cahaya tampak seperti lampu LED yang jauh lebih murah dibandingkan dengan lampu UV.

II. METODE

2.1 Sintesis Nanokomposit TiO₂ – Grafit

Nanokomposit TiO₂ – G disintesis menggunakan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer. 10 gr bubuk TiO₂ (Merck), 20 gr PEG 6000 (Merck), dan 2 gr bubuk grafit dilarutkan dan dicampurkan dengan Aquades sebanyak 100 mL hingga larutan menjadi kental. Kemudian dikalsinasi

menggunakan suhu 600° C selama 0 jam, 0,5 jam, dan 1 jam. Produk yang dihasilkan digerus menggunakan mortar dan alu hingga menghasilkan bubuk sampel.

2.2 Karakterisasi Sampel

Nanokomposit TiO₂ – G dikarakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan struktur dan ukuran kristal yang terbentuk dan UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectra* (DRS) untuk mengetahui besar energi gap yang dihasilkan. Hasil dari karakterisasi dianalisis menggunakan software Origin.

Ukuran kristal yang terbentuk dapat ditentukan menggunakan persamaan Debye Scherrer berikut :

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

D = diameter kristal, K = faktor bentuk dari kristal (0,9), β = lebar puncak saat intensitas setengah maksimum dalam radian (FWHM), θ = sudut difraksi.

Perhitungan besar derajat kristalinitas dapat ditentukan menggunakan persamaan 2 :

$$\text{Kristalinitas}(\%) = (\text{Luas puncak kristal}) / (\text{Luas semua puncak (kristal + amorf)}) \times 100 \quad (2)$$

Penentuan besar energi celah pita dilakukan menggunakan metode Tauc plot dengan cara melihat grafik linear hubungan antara E (eV) pada sumbu x dan $(\alpha h\nu)^{1/m}$ pada sumbu y. Hubungan antara energi foton ($h\nu$) dan koefisien absorpsi (α) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$(\alpha h\nu)^n = K (h\nu - E_g) \quad (3)$$

α = absorbansi ($\log(1/R)$ dengan R = reflektansi), h = konstanta Planck ($6,6 \times 10^{-34}$ J/s), ν = frekuensi (c/λ , dengan c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan λ = panjang gelombang (nm), E_g = celah pita energi, K = konstanta proporsional, n = sifat transisi dimana 2 untuk semikonduktor dengan transisi langsung (*direct*) dan 1/2 untuk transisi tidak langsung (*indirect*).

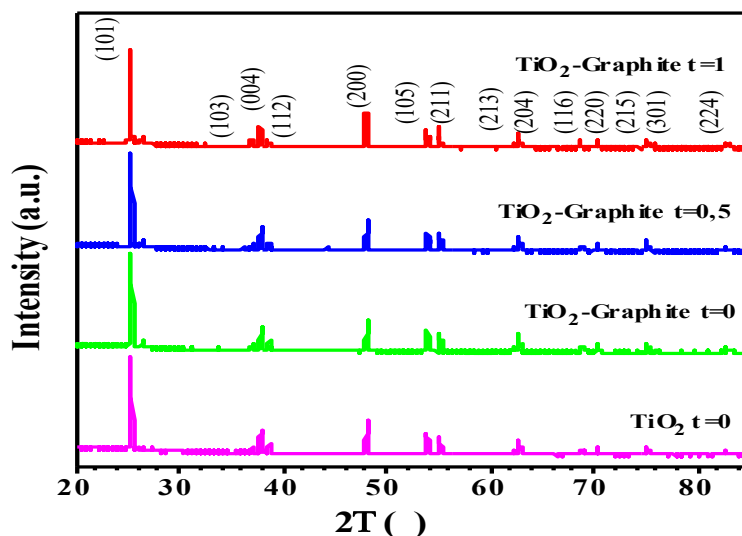
2.3 Uji Aktifitas Fotokatalis

Aktivitas fotokatalitik TiO₂ - G terhadap degradasi asap rokok diuji dengan mencampurkan 1 g bubuk sampel dengan 100 mL Aquades di dalam gelas kimia hingga membentuk suspensi. Kemudian batang kaca dicelupkan ke dalam suspensi selama 2 menit dan dimasukkan kedalam *filtering flask* 250 mL. Asap rokok dihisap ke dalam *filtering flask* 250 mL menggunakan *vacuum cleaner*. Sampel disinari menggunakan lampu LED dan dilakukan pengukuran waktu degradasi asap rokok di bawah penyinaran cahaya tampak pada suhu ruang.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Nanokomposit TiO₂ - G disintesis dengan tiga variasi waktu tahan yaitu 0 jam (tanpa waktu tahan), 0,5 jam dan 1 jam. Data XRD TiO₂ tanpa grafit yang disintesis selama 0 jam (tanpa waktu tahan) digunakan sebagai data pembanding. Berdasarkan data yang diperoleh dan disajikan pada grafik pola difraksi sinar-X yang ditunjukkan pada Gambar 1 yang kemudian dibandingkan dengan data standar ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*), maka diketahui struktur kristal pada sampel adalah anatase dengan sistem kristal tetragonal dan ukuran kristal sebesar 26,5 nm. Pola difraksi sinar-X pada Gambar 1 menunjukkan puncak difraksi TiO₂ tanpa waktu tahan (0 jam), TiO₂ - G tanpa waktu tahan (0 jam), TiO₂ - G dengan waktu tahan 0,5 jam, dan TiO₂ - G dengan waktu tahan 1 jam secara berurutan terletak pada posisi sudut yang sedikit berbeda yang ditunjukkan oleh posisi puncak dengan intensitas tertinggi berada pada sudut $2\theta = 25,3426^\circ$; $2\theta = 25,3639^\circ$; $2\theta = 25,3555^\circ$; dan $2\theta = 25,2717^\circ$.

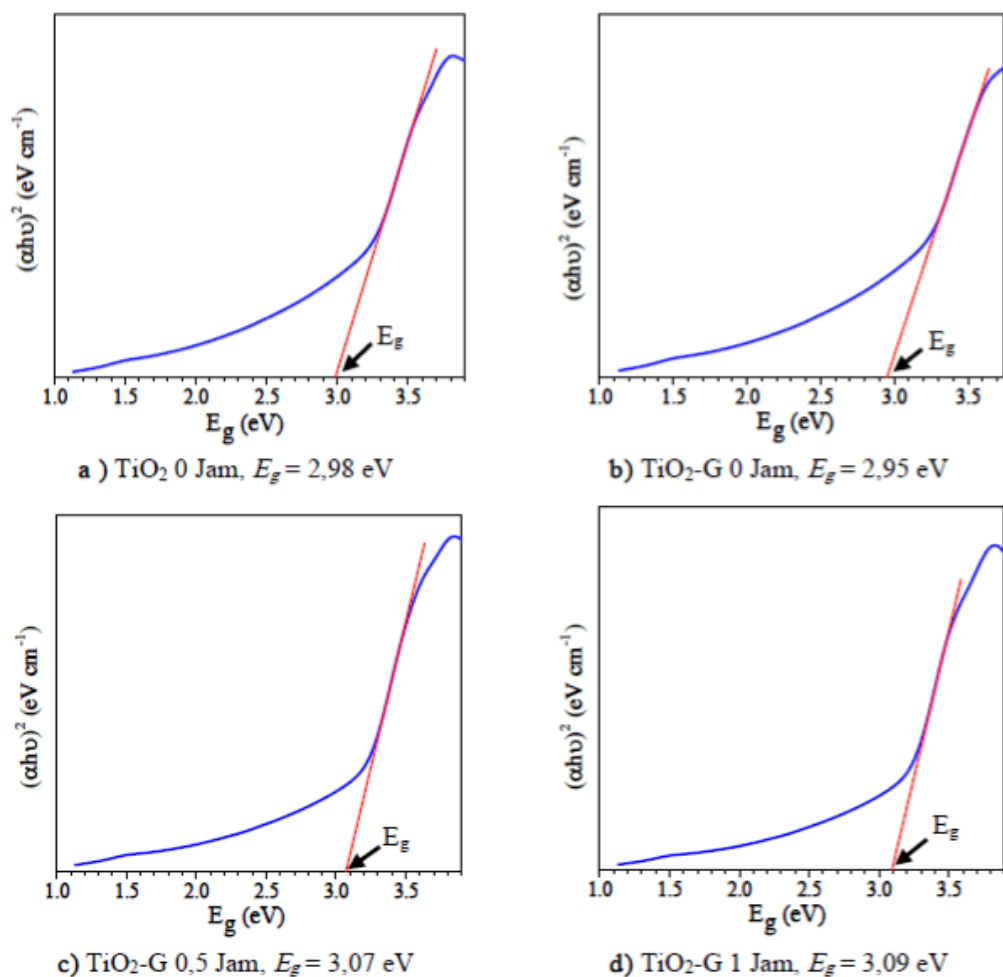


Gambar 1 Pola difraksi sinar-X TiO₂, t = 0 jam; TiO₂ – G, t = 0 jam; TiO₂ – G, t = 0,5 jam; dan TiO₂ – G, t = 1 jam

Berdasarkan data XRD yang diperoleh, terdapat perubahan pada intensitas puncak tertinggi masing masing sampel. Intensitas puncak tertinggi untuk TiO₂ tanpa grafit tanpa waktu tahan (0 jam), TiO₂ - G tanpa waktu tahan (0 jam), TiO₂ - G dengan waktu tahan selama 0,5 jam, dan TiO₂ - G dengan waktu tahan selama 1 jam masing masingnya adalah 958,52 ; 1053,42 ; 1106,91 ; dan 1289,02. Intensitas puncak semakin meningkat seiring dengan penambahan lamanya waktu tahan. Intensitas berbanding lurus dengan tingkat kristalinitas suatu material. Semakin besar intensitas kenaikan puncak, maka semakin baik keteraturan atom atom pada kristal sehingga derajat kristalinitas sampel yang dihasilkan semakin baik, hal tersebut sudah sesuai dengan pernyataan Abdullah, 2008. Derajat kristalinitas sampel yang dihasilkan dihitung berdasarkan persamaan 2 dan didapatkan hasil sebesar 68,72534% (TiO₂); 64,43442% (TiO₂ – G, 0 Jam); 65,66005% (TiO₂ – G, 0,5 Jam); dan 67,01987% (TiO₂ – G, 1 Jam), hal tersebut menunjukkan bahwasannya semakin meningkatnya waktu tahan yang diberikan, maka derajat kristalinitas sampel yang dihasilkan semakin baik.

3.2 Analisis UV-Vis DRS

Gambar 2 menunjukkan celah pita energi dari masing masing sampel yang diperoleh dan dianalisis menggunakan Metode Tauc plot menggunakan persamaan 3. Berdasarkan Gambar 2 diketahui besar energi celah pita TiO₂ tanpa waktu tahan yang ditunjukkan pada Gambar 2a sebesar 2,98 eV, sedangkan besar energi celah pita TiO₂ - G tanpa waktu tahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2b sebesar 2,95 eV. Penurunan energi celah pita dapat disebabkan karena terjadinya perpindahan ion dari grafit ke dalam kisi TiO₂ dan membentuk sub celah pita baru yang akan memberikan kemampuan kepada TiO₂ untuk dapat menyerap cahaya dengan energi yang lebih rendah dengan panjang gelombang yang lebih besar (Rosli dkk., 2018). Meor dkk. pada tahun 2014 melaporkan bahwa pendopingan dapat menyebabkan terbentuknya energi baru sehingga dapat memperkecil jarak celah pita valensi dan pita konduksi pada suatu semikonduktor. Semakin kecil jarak celah pita, maka energi yang dibutuhkan untuk terjadinya proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi akan semakin menurun sehingga dibutuhkan panjang gelombang yang lebih besar.



Gambar 2 Celah pita energi TiO₂ 0 Jam, TiO₂-G 0 Jam, TiO₂-G 0,5 Jam, dan TiO₂-G 1 Jam

Tabel 1 Daerah Energi Celah Pita dan Serapan Sampel

Sampel	Energi Celah Pita	Panjang Gelombang
TiO ₂ , t = 0 jam	2,98 eV	416,04 nm
TiO ₂ - G , t = 0 jam	2,95 eV	420, 27 nm
TiO ₂ - G , t = 0,5 jam	3,07 eV	403, 84 nm
TiO ₂ - G , t = 1 jam	3,09 eV	401, 22 nm

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa sampel yang terbentuk mampu menyerap foton dalam wilayah cahaya tampak yang memiliki rentang panjang gelombang 400-700 nm. Waktu tahanan memberikan pengaruh terhadap besar energi celah pita yang dihasilkan. Semakin lama waktu tahanan yang diberikan, menghasilkan besar energi celah pita yang semakin besar dan sampel berwarna lebih putih seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sampel hasil sintesis

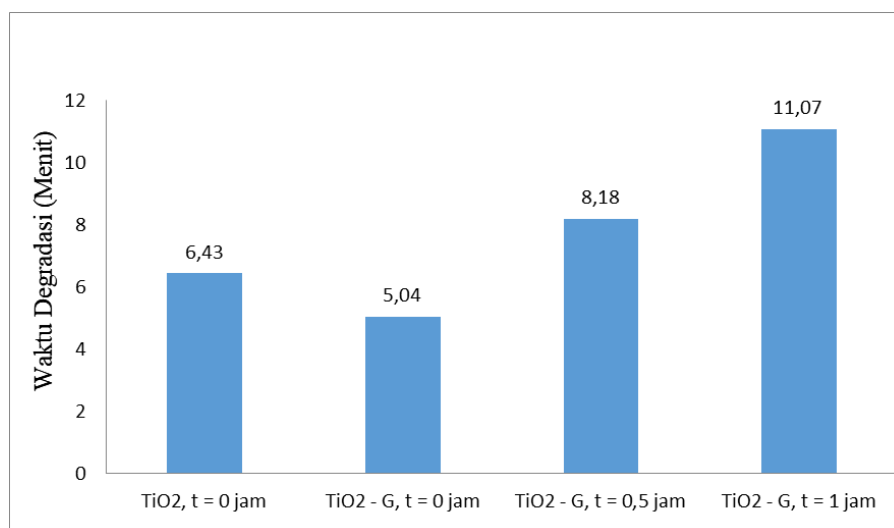
3.3 Uji Aktivitas Fotokatalis TiO₂ – G terhadap Asap Rokok

Proses pendegradasian asap rokok dilakukan pada suhu ruang menggunakan lampu LED seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4a merupakan gambar asap rokok sebelum dilakukan proses penyinaran dimana asap rokok masih banyak terdapat di dalam *filtering flask*, sedangkan Gambar 4b menunjukkan asap rokok setelah dilakukan penyinaran. Asap rokok yang awalnya memenuhi *filtering flask* menjadi berkurang dan tidak terlihat lagi, hal ini membuktikan bahwa nanokomposit yang terdispersi di dalam air mampu berfungsi sebagai katalis dan dapat mendegradasi asap rokok.



Gambar 4 (a) *Filtering flask* digunakan untuk menampung asap rokok (b) Nanopartikel TiO₂ menghilangkan asap setelah terpapar cahaya tampak (LED)

Laju degradasi asap rokok dari semua sampel yang ditunjukkan pada Gambar 5 diatur dengan urutan TiO₂ - G 1 jam (11,07 menit) > TiO₂ - G 0,5 jam (8,18 menit) > TiO₂ 0 jam (6,43 menit) > TiO₂ - G 0 jam (5,04 menit). Sampel nanokomposit TiO₂-G 0 jam mendegradasi asap rokok lebih cepat 1,39 menit dibandingkan sampel TiO₂ 0 jam (murni) dikarenakan adanya pendopingan oleh grafit terhadap TiO₂. Grafit digunakan sebagai pendoping TiO₂ karena memiliki kemampuan untuk menurunkan energi celah pita dan meningkatkan kemampuan fotokatalitik nanopartikel TiO₂, hal tersebut sesuai dengan laporan Jiang dkk. (2012) dan Vaiano dkk. (2018).



Gambar 5 Perbandingan waktu degradasi sampel terhadap waktu tahan

IV. KESIMPULAN

Sintesis menggunakan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer mampu menghasilkan nanokomposit TiO₂ - G dengan struktur kristal anatase dan ukuran kristal sebesar 26,5 nm. Penambahan grafit pada TiO₂ dapat menurunkan lebar celah pita energi dari 2,98 eV menjadi 2,95 eV. Penambahan grafit meningkatkan kemampuan penyerapan cahaya TiO₂ di wilayah cahaya tampak.

Nanokomposit TiO₂ - G tanpa waktu tahan (0 jam) mampu mendegradasi asap rokok 1,03 menit lebih cepat dibandingkan TiO₂ tanpa waktu tahan (0 jam).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., 2008, *Pengantar Nanosains*, FMIPA ITB, Bandung.
- Bazemore, R., Harrison, C. & Greenberg, M., 2006, 'Identification of Components Responsible For the Odor Of Cigar Smokers Breath', *Journal of Agricutlular and Food Chemistry*, Vol. 54, pp. 497-501.
- Hakikah, N. R., Arief, S. & Syukri, 2020, 'Synthesis of Ilmenite Nanoparticle (n-FeTiO₃) and Its Application in Cigarette Smoke Absorption', *Aceh International Journal of Science and Technology*, pp. 52-58.
- Ibadurrohman, M. & Slamet, 2009, 'Rekayasa Alat Untuk Purifikasi Udara Dari Polutan Asap Rokok Menggunakan Katalis Komposit TiO₂ Karbon Aktif', *Jurnal Riset Industri*, Vol. 3, pp. 1-10.
- Jiang T., Tao Z., Ji M., Zhao Q., Fu X., & Yin H., 2012, 'Preparation and photocatalytic property of TiO₂ - graphite oxide intercalated composite', *Catalysis Communications*, no. 28, pp. 47-51.
- Meor, Y. M., Mahdi, E. M., Wilfred, P. & Masliana, M., 2014, 'Photocatalytic Active Nano Rutile TiO₂: Synthesis Characterization and Photocatalysis Tests', *Journal of Nano Research*, Vol. 26, pp. 17-23.
- Rosli, N. S., Abdullah, C. A. C. & Hazan, R., 2018, 'Synthesis, Characterization and Investigation of Photocatalytic Activity of Nano-Titania from Natural Ilmenite with Graphite for Cigarette Smoke Degradation', *Results in Physics*, Vol. 11, pp. 72-78.
- Tussa'adah, R. & Astuti, 2015, 'Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ Untuk Penjernihan', *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 4, pp. 91-96.
- Vaiano, V., Sacco, O. & Matarangolo, M., 2018, 'Photocatalytic degradation of paracetamol under UV irradiation using TiO₂- graphite composites', *Catalysis Today*, Vol. 315, pp. 230-236.
- Wulandari, M., Astuti & Muldarisnur, 2018, 'Sintesis Nanopartikel TiO₂-SiO₂ Berpori Sebagai Fotokatalis Untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga', *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 7, pp. 33-38.