

Pengaruh Tipe Pembakaran terhadap Kualitas Genteng Berglasir Serbuk Kaca/ TiO_2 serta Penentuan Kemampuan Fotokatalisisnya

Linda Selvianingrum^a, Sriatun^a, Adi Darmawan^{a,*}

^a Inorganic Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: adidarmawan@undip.ac.id

Article Info	Abstract
<p>Keywords: roof tile glaze; titanium dioxide; photocatalyst</p>	<p>Roof tile is one of the important ingredients for building a house. The quality of roof tile can be improved by using materials that can be inserted into the clay and also be done by glazed on the surface of the tile. Titanium dioxide is an additive in a glaze blend that serves as a photocatalyst. In this research, the silica/TiO_2 glazed roof tiles with two types of firings that were single firing and double firing. And to know the quality of tile then do the testing of water permeation. It was also studied the addition of TiO_2 to the photocatalytic ability of the glazed tile by determining the gap band value of tile glaze surface using Diffused Reflectance UV-Vis Spectrophotometer. The results showed that double combustion gave better results compared to single combustion. The addition of TiO_2 to the glaze mixture increases the price of TiO_2 band gap which means adding photocatalyst activity to the tile glaze</p>
<p>Kata Kunci: glasir genteng; titanium dioksida; fotokatalis</p>	<p>Abstrak</p> <p>Genteng merupakan salah satu bahan penting untuk membangun rumah. Kualitas genteng dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan-bahan yang bisa dimasukkan ke dalam lempung juga dapat dilakukan pengglasiran pada permukaan genteng. Titanium dioksida merupakan bahan tambahan dalam campuran glasir yang berfungsi sebagai bahan fotokatalis. Pada penelitian ini dibuat genteng berglasir kaca/TiO_2 dengan dua tipe pembakaran yaitu pembakaran tunggal dan pembakaran ganda. Dan untuk untuk mengetahui kualitas genteng maka dilakukan pengujian perembesan air. Selain itu juga dikaji penambahan TiO_2 terhadap kemampuan fotokatalisis dari genteng berglasir dengan menentukan nilai celah pita permukaan glasir genteng menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Reflektansi Difusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembakaran ganda memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pembakaran tunggal. Penambahan TiO_2 pada campuran glasir menaikkan harga band gap TiO_2 yang berarti menambah aktivitas fotokatalis pada glasir genteng</p>

1. Pendahuluan

Genteng merupakan pelindung rumah yang terbuat dari lempung dengan atau tanpa campuran bahan lain dan dibakar pada suhu tinggi sehingga tidak hancur apabila direndam dalam air [1]. Febrianto dan Lestariningsih [2] menyatakan bahwa genteng yang baik harus memiliki bobot ringan dan daya serap air rendah. Peningkatan kualitas genteng dapat dilakukan dengan penambahan bahan-bahan seperti sekam padi [3], silika,

yang akan mengurangi kadar serap air pada genteng [2] dan penambahan lapisan (glasir) pada permukaan genteng.

Glasir pada genteng umumnya dibuat dari kombinasi satu atau lebih oksida basa (*flux*), oksida asam (silika) dan oksida netral (alumina) yang dapat disusun dengan berbagai komposisi sesuai suhu kematangan glasir yang dikehendaki [4]. Kematangan glasir ditentukan oleh proses pembakaran, baik pembakaran

tunggal (*single firing*) maupun pembakaran ganda (*double firing*). Pada penelitian ini proses pembuatan genteng berglasir dilakukan dengan dua tipe pembakaran, yaitu pembakaran tunggal (*single firing*) dan pembakaran ganda (*double firing*) yang memiliki pengaruh berbeda terhadap kualitas genteng berglasir yang dihasilkan [5].

Lempung merupakan bahan dasar pembuatan genteng. Di sisi lain keberadaan TiO₂ sebagai fotokatalis pada lempung telah banyak dikaji [6-9]. Dewi [6] dan [9] melakukan reaksi degradasi fotokatalitik zat warna menggunakan TiO₂ yang diembankan dan dicampurkan dalam lempung diperoleh hasil bahwa TiO₂ dalam lempung dapat mendegradasi zat warna dengan baik. TiO₂ yang melapisi atap suatu bangunan, lapisan tersebut akan mengurangi kotoran/kontaminan organik secara efektif sekaligus sebagai bahan pengoksidasi yang kuat [10].

Dalam penelitian ini dilakukan penambahan TiO₂ dalam bahan glasir genteng dengan pertimbangan bahwa (1) genteng berada di atap rumah, selalu terkena sinar matahari, jika pada lempung dapat terjadi reaksi fotokatalis, diharapkan TiO₂ yang ditempatkan pada glasir genteng juga dapat menjadi material fotokatalis. (2) Lapisan titanium dioksida digunakan dalam kaca mobil, untuk meminimalisasikan sinar matahari yang masuk, sehingga di dalam mobil akan terasa dingin [11]. Jika hal itu diaplikasikan dalam glasir genteng, maka ruangan di bawahnya juga diharapkan menjadi lebih dingin.

Kualitas genteng glasir ditentukan dengan uji perembesan air dan pengamatan langsung. Kemampuan TiO₂ sebagai fungsi fotokatalis dapat dilihat dari nilai *band gap* yang dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis Reflektansi Difusi [12]. R energi *band gap* (E_g) oksida dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$E_g = \frac{1239,8}{\lambda} . eV$$

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh tipe pembakaran tunggal dan ganda terhadap kualitas genteng berglasir serbuk kaca/TiO₂ serta mengetahui pengaruh penambahan TiO₂ terhadap kemampuan fotokatalisis glasir genteng

2. Metodologi

Pembuatan Genteng Berglasir Serbuk Kaca/TiO₂ Pembakaran Tunggal

Sebanyak 172 gram lempung dicampur dengan 28 gram serbuk kaca hingga homogen, kemudian tiap 40 gram campuran dicetak, dikeringkan selama 1 malam, kemudian dilapisi lapisan glasir (1 gram boraks, 1,5 gram soda ash, 1 gram serbuk kaca, variasi TiO₂ 0,12%, 0,14%, 0,16%, 0,18%, 0,2%) dan dibakar selama 2 jam dengan suhu 900°C. Hasil genteng glasir kemudian ditimbang.

Pembuatan Genteng Berglasir Serbuk Kaca/TiO₂ Pembakaran Ganda

Sebanyak 172 gram lempung dicampur dengan 28 gram serbuk kaca hingga homogen, kemudian tiap 40 gram campuran dicetak, dikeringkan selama 1 malam, dibakar terlebih dahulu selama 1 jam dengan suhu 900°C, kemudian dilapisi lapisan glasir (1 gram boraks, 1,5 gram soda ash, 1 gram serbuk kaca, variasi TiO₂ 0,12%, 0,14%, 0,16%, 0,18%, 0,2%) dan dibakar lagi selama 2 jam dengan suhu 900°C. Hasil genteng glasir kemudian ditimbang.

Uji Perembesan Air

Untuk mengetahui tipe pembakaran terbaik dilakukan dengan uji perembesan air. Genteng Glasir dialiri dengan air selama 2 jam, kemudian ditimbang. Besarnya daya serap air dapat dirumuskan :

$$\% \text{ serap air} = \frac{\text{Berat setelah diuji} - \text{Berat sebelum diuji}}{\text{Berat sebelum diuji}} \times 100\%$$

Karakterisasi dengan DR-UV

Karakterisasi dengan DR-UV dimaksudkan untuk mengetahui nilai *band gap* masing-masing variasi penambahan TiO₂ pada campuran glasir genteng menggunakan *UV 1700 Pharmaspec UV-Vis Spectrophotometer Specular Reflectance Attachment*.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Genteng Berglasir Serbuk Kaca/TiO₂

Pembuatan sampel genteng, dilakukan dengan membersihkan lempung dari pengotor-pengotor yang ada. Penambahan serbuk kaca ini, diharapkan dapat mengurangi susut bakar melalui pengisian pori-pori oleh silika pada lempung pada saat pembakaran berlangsung. Selain itu juga dapat mengurangi daya serap air pada genteng. Hal ini dapat terjadi karena bagian bawah atau bagian alas genteng terlapisi oleh lapisan gelas yang berasal dari pelelehan silika pada serbuk kaca pada saat proses pembakaran. Tahap selanjutnya adalah pencetakan, bertujuan agar lempung menjadi lebih padat dan memiliki bentuk yang tidak akan berubah ketika dibakar. Sebelum dilakukan pembakaran, sampel dikeringkan dengan diangin-anginkan.

Sampel dibakar pada suhu 900°C, pada suhu tersebut volume lempung menjadi berkurang dengan bertambahnya kepadatan sehingga terbentuk *mullite*. *Mullite* merupakan senyawa yang sangat stabil, sehingga dapat dikatakan pembentukan *mullite* ini merupakan tujuan pembakaran genteng, karena dengan adanya *mullite*, sifat-sifat genteng yang keras dan padat telah terbentuk [13].

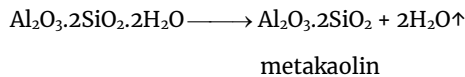


Gambar 1 Foto genteng glasir serbuk kaca/TiO₂ tipe pembakaran tunggal (*single firing*)

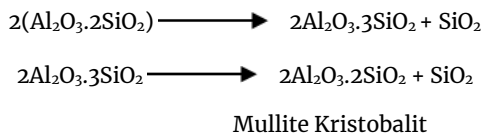


Gambar 2 Foto genteng glasir serbuk kaca/TiO₂ tipe pembakaran ganda (*double firing*)

Reaksi yang terjadi pada pembuatan genteng adalah sebagai berikut :



Sampel genteng mengalami reaksi dehidroksilasi berupa hilangnya molekul air yang terserap pada kisi-kisi kristal dan menuju pada pembentukan metakaolin. Metakaolin merupakan senyawa antara menuju senyawa berikutnya (*mullite*). Pada pembakaran lebih dari suhu 800°C genteng mulai mengalami pembentukan fasa kristalin metakaolin. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [14]:



Dalam pembuatan glasir genteng ini digunakan boraks (Na₂B₄O₇·10H₂O), soda ash (Na₂CO₃), serbuk kaca (sumber silika) dan TiO₂ teknis. Penambahan TiO₂ dimaksudkan untuk memberikan efek fotokatalitik. Pada saat boraks dan soda ash mulai menurunkan pelelehan serbuk kaca, TiO₂ tidak akan masuk ke dalam pelelehan serbuk kaca, namun TiO₂ akan menutup lapisan glasir tersebut. Titik lebur silika 1610 – 1710°C [15], sedangkan suhu pembakaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah 900°C. Tanpa pencampuran dengan bahan apapun, pada suhu 900°C silika tidak akan bisa melebur. Peran soda ash dan boraks sangat membantu dalam pelelehan silika. Soda ash akan menarik silika yang terdapat dalam serbuk kaca, mengikatnya menjadi produk yang baru sedangkan boraks akan memaksimalkan kerja soda ash sehingga pelelehan silika dapat terjadi. Setelah silika meleleh, pada saat pendinginan akan membentuk suatu lapisan kaca. Proses pendinginan dilakukan dengan lambat, sehingga kristal-kristal TiO₂ dapat terbentuk di dalam glasir. Titanium dioksida ditambahkan pada glasir, dapat mempertinggi viskositas pelelehan silika, menambah kekuatan glasir secara fisik, dan resistan terhadap *thermal-shock* [16].

Pembakaran Tunggal (*single firing*) dan Pembakaran Ganda (*double firing*)

Sebelum dilakukan pembakaran, baik genteng pembakaran tunggal maupun ganda dilapisi glasir. Pada umumnya, pengglasiran genteng diterapkan pada pembakaran ganda. Tidak menutup kemungkinan pengglasiran diterapkan juga pada lempung yang telah dicetak, namun akan membutuhkan perlakuan yang lebih khusus dan hati-hati. Lempung yang telah dicetak tersebut sangat rapuh dan apabila diglasir akan cepat menyerap air, yang dibuktikan pada uji perembesan air.

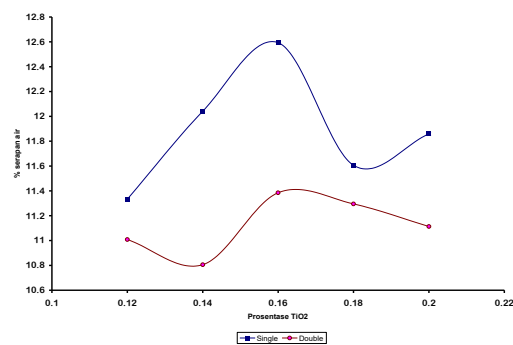


Gambar 3 Foto hasil genteng glasir .(a) pembakaran tunggal dan (b) pembakaran ganda

Secara fisik, dapat dilihat permukaan genteng glasir hasil pembakaran (*single firing*) tunggal memberikan rabaan yang lebih kasar dari pada genteng glasir pembakaran ganda (*double firing*). Hal ini disebabkan tidak semua sumber silika meleleh pada pembentukan glasir. Waktu yang dibutuhkan untuk melelehkan glasir dan badan genteng sekaligus dalam pembakaran tunggal relatif lebih lama. Selain itu juga timbul gelembung-gelembung di dalam glasir yang disebabkan oleh teknik pembakaran tunggal itu sendiri.

Uji Perembesan Air

Pengujian perembesan air untuk genteng glasir tipe pembakaran tunggal (*single firing*) dan pembakaran ganda (*double firing*) dilakukan dengan menambahkan TiO₂ pada berbagai konsentrasi, yaitu 0,12%; 0,14%; 0,16%; 0,18%; dan 0,2%. Hasil uji perembesan air disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik hubungan pengaruh penambahan TiO₂ terhadap persentase serapan air

Dari gambar grafik 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan genteng glasir pembakaran ganda (*double firing*) menghasilkan serapan air yang lebih rendah daripada genteng glasir pembakaran tunggal (*single firing*). Hal ini dikarenakan pada pembakaran ganda, dilakukan 2 kali pembakaran yaitu pada saat pembakaran badan genteng dan pembakaran glasir. Dimungkinkan pada genteng glasir pembakaran ganda, badan genteng benar-benar telah matang, sehingga ketika dibakar

900°C, dengan adanya pengelasan, pori-pori genteng semakin rapat sehingga air tidak banyak yang menembus. Pori sangat mempengaruhi daya serap air semakin banyak pori maka akan meningkatkan daya serap air.

Untuk pembakaran tunggal (*single firing*), pembakaran badan genteng dan pelelehan glasir terjadi sekaligus. Dimungkinkan badan genteng tidak sepenuhnya rapat, karena sebelumnya telah tertutup oleh pelelehan glasir yang terjadi secara bersama-sama. Adanya interaksi yang besar antara badan genteng dan glasir, menyebabkan badan genteng akan menyerap banyak glasir dan menjadikan glasir yang terbentuk terlalu tipis dan kerapatan antar partikel glasir lemah, sehingga ketika ditetesi dengan air, akan mudah untuk menyerap air tersebut.

Dari gambar 4 dapat dilihat tidak ada kecenderungan hubungan antara jumlah TiO₂ yang ditambahkan dengan persentase serapan air. Dari grafik terlihat perembesan terkecil terjadi pada penambahan TiO₂ 0,12% dan meningkat pada penambahan 0,16% dan kemudian menurun pada penambahan TiO₂>16%. Fungsi persentase serapan air bukanlah fungsi penambahan TiO₂ pada glasir. Penambahan TiO₂ pada glasir genteng tidak akan berpengaruh pada struktur glasir, yaitu struktur utama pembentuk lapisan gelas itu sendiri (silika). Diduga besar kecilnya serapan air pada genteng glasir lebih disebabkan tebal tipisnya lapisan glasir. Penambahan TiO₂ hanya akan menutup lapisan glasir tersebut. Pada umumnya, TiO₂ dalam glasir berperan sebagai *modifiers* saja.

Uji Karakterisasi Fotokatalis

Untuk mengetahui penambahan TiO₂ terbaik digunakan Spektrofotometer UV-Vis Reflektansi Difusi. Dari alat tersebut dapat diukur nilai *band gap*. Dengan mengetahui nilai *band gap* tersebut maka karakterisasi fotokatalis masing-masing penambahan TiO₂ dapat dibandingkan.

Diketahui bahwa nilai *band gap* TiO₂ sebesar 3,2 eV [17]. Aktivitas fotokatalis oksida-oksida logam dapat ditingkatkan dengan cara menurunkan ukuran partikel [18]. Brus [19] menyatakan, nilai *band gap* menunjukkan suatu semikonduktor berfungsi sebagai fotokatalis. Harga *E_g* yang semakin besar mengimplikasikan aktivitas fotokatalis akan semakin tinggi. Hasil analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Reflektansi Difusi menunjukkan nilai *band gap* tiap sampel genteng berglasir serbuk kaca/TiO₂ lebih tinggi dibanding dengan harga *band gap* TiO₂.

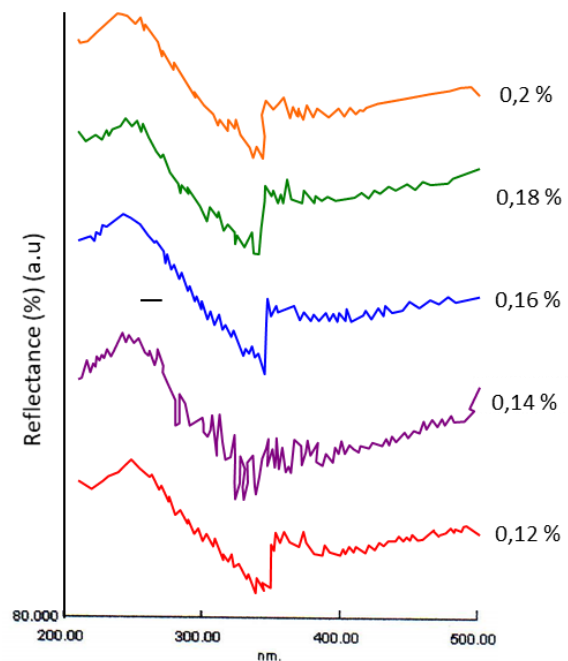
Tabel 1: Hasil Perhitungan *band gap* sampel genteng berglasir serbuk kaca/TiO₂

No.	Kode Sampel	λ_{max}	Nilai <i>Band Gap</i> (E _g)(eV)
1	0,12	339,40	3,65
2	0,14	340,20	3,64
3	0,16	338,60	3,66
4	0,18	339,0	3,66
5	0,2	340,0	3,65

Suatu material dapat berfungsi sebagai material fotokatalis jika material tersebut merupakan suatu semikonduktor, dengan nilai *range band gap* antara 0,01-4 eV [20]. Hasil perhitungan *band gap* menunjukkan nilai *band gap* yang semakin tinggi, namun hasil tersebut masih dalam *range* semikonduktor. Peningkatan aktivitas fotokatalis ditunjukkan oleh nilai *band gap* juga semakin tinggi pada *range* semikonduktor.

Pada penelitian ini tidak dilakukan uji fotokatalitik, tetapi pada penelitian Dewi [6] yang melakukan uji degradasi fotokatalis dengan menggunakan zat warna Rhodamin B memberikan hasil bahwa reaksi fotokatalitik dapat meningkat seiring dengan bertambahnya nilai *band gap* yang ditunjukkan dengan berkurangnya konsentrasi zat warna Rhodamin B.

Berdasarkan tabel 1, dibanding dengan nilai *band gap* TiO₂ murni (3,2 eV), TiO₂ yang ditambahkan pada lapisan glasir menambah nilai *band gap*. Efek peningkatan nilai *band gap* ini akan menyebabkan peningkatan aktivitas fotokatalis pada lapisan glasir, sehingga proses fotodegradasi lebih efektif. Pada penelitian ini, untuk rentang 0,12-0,2%, jumlah TiO₂ yang ditambahkan pada campuran glasir tidak memberikan perbedaan nilai *band gap* secara signifikan. Hal itu dimungkinkan karena ukuran partikel semikonduktor dengan penambahan TiO₂ 0,12%; 0,14%; 0,16%; 0,18%; 0,2% yang terbentuk tidak berbeda jauh dengan ukuran partikel awal. Kepadatan pada struktur kristalnya pun relatif sama padatnya hanya lebih tidak padat. Ketika lapisan glasir menyerap cahaya yang masuk, maka cahaya yang dihamburkan pun akan tidak jauh berbeda, mengakibatkan absorbansi yang dihasilkan akan relatif tidak jauh berbeda.



Gambar 5 Gambar Spektrum Reflektansi DRUV

Nilai reflektansi masing-masing sampel genteng glasir dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2% Reflektansi fotokatalis dengan DRUV

No.	Kode Sampel	% Reflektansi
1	0,12	115,139
2	0,14	111,838
3	0,16	117,373
4	0,18	113,042
5	0,2	117,474

Pada campuran glasir serbuk kaca/TiO₂ ketika temperatur 900°C, dalam glasir akan terbentuk kristal-kristal TiO₂. Kristal-kristal inilah ketika lapisan dikenai cahaya, akan dapat menghamburkan cahaya tersebut. Menurut Clark [21] jika ukuran partikel diperbesar maka persen reflektansi akan menurun dan jika ukuran partikel diperkecil maka persen reflektansi meningkat. Ketika dimasukkan dalam lapisan glasir, ukuran partikel TiO₂ akan menurun sehingga persen reflektansi TiO₂ dalam glasir akan meningkat.

Semakin tinggi persen reflektansi, sinar yang dihamburkan lebih banyak sehingga lebih dapat dideteksi oleh detektor. Persen reflektansi mengindikasikan banyaknya sinar yang dapat dipantulkan oleh permukaan glasir genteng ketika dikenai sinar UV-Vis. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai persen reflektansi tiap penambahan TiO₂ tidak memberikan perbedaan yang besar. Hal itu dimungkinkan karena ukuran partikel yang terbentuk hampir sama, sehingga tidak mengubah secara signifikan nilai persen reflektansi.

4. Kesimpulan

Pembakaran ganda (*double firing*) pada pembuatan genteng fotokatalis berglasir serbuk kaca/TiO₂ memberikan hasil yang lebih baik daripada pembakaran tunggal (*single firing*). Penambahan TiO₂ pada campuran glasir menaikkan harga *band gap* TiO₂, yang berarti menambah aktivitas fotokatalis pada glasir genteng.

Daftar Pustaka

- [1] P. Torres, H. R. Fernandes, S. Olhero, J. M. F. Ferreira, Incorporation of wastes from granite rock cutting and polishing industries to produce roof tiles, *Journal of the European Ceramic Society*, 29, 1, (2009) 23-30 <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.05.045>
- [2] Erfin Yundra Febrianto, Titik Lestariningsih, Pembuatan Genteng dan Bata Ringan, in: L.I.P.I. Pusat Inovasi (Ed.), Indonesia, 2003.
- [3] Agya Utama, Shabbir H. Gheewala, Life cycle energy of single landed houses in Indonesia, *Energy and Buildings*, 40, 10, (2008) 1911-1916 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.04.017>
- [4] Müslüm Arıcı, Hasan Karabay, Determination of optimum thickness of double-glazed windows for the climatic regions of Turkey, *Energy and Buildings*, 42, 10, (2010) 1773-1778 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.013>
- [5] M. A. Shameri, M. A. Alghoul, K. Sopian, M. Fauzi M. Zain, Omkalthum Elayeb, Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving,

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 3, (2011) 1468-1475 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.016>

- [6] Ratih Kartika Dewi, Lempung Fe₂O₃/TiO₂ sebagai Fotokatalis dalam Proses Degradasi Fotokatalitik Rhodamin B, Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang
- [7] J. Kopecký, *Organic Photochemistry: A Visual Approach*, Wiley, 1991.
- [8] Akira Fujishima, Xintong Zhang, Titanium dioxide photocatalysis: present situation and future approaches, *Comptes Rendus Chimie*, 9, 5, (2006) 750-760 <https://doi.org/10.1016/j.crci.2005.02.055>
- [9] D. M. Tobaldi, A. Tucci, G. Camera-Roda, G. Baldi, L. Esposito, Photocatalytic activity for exposed building materials, *Journal of the European Ceramic Society*, 28, 14, (2008) 2645-2652 <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2008.03.032>
- [10] A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, *TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications*, BKC, 1999.
- [11] Xing-zhao Ding, Fu-min Zhang, Hui-min Wang, Li-zhi Chen, Xiang-huai Liu, Reactive ion beam assisted deposition of a titanium dioxide film on a transparent polyester sheet, *Thin Solid Films*, 368, 2, (2000) 257-260 [https://doi.org/10.1016/S0040-6090\(00\)00777-X](https://doi.org/10.1016/S0040-6090(00)00777-X)
- [12] Amaresh C. Pradhan, Satyabadi Martha, S. K. Mahanta, K. M. Parida, Mesoporous nanocomposite Fe/Al₂O₃-MCM-41: An efficient photocatalyst for hydrogen production under visible light, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 20, (2011) 12753-12760 <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.07.002>
- [13] K. Wirman, K. M. Irmira, Analisis Termal Dan Studi Transformasi Fase Sistem Badan Keramik Lempung Batu Kumbung Lombok, Feldspar, *Jurnal Akta Kimia Indonesia*, 3, 1, (2007) 43-48
- [14] R. Susetyaningsih, E. Kusmolo, T. Basuki, R., Pengaruh Penambahan MgO pada Peningkatan Kualitas Lempung Kasongan Untuk Immobilisasi Lumpur Limbah Pb Menggunakan Teknologi Keramik, *Jurnal Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, (2008).
- [15] W. G. Budiyanto, Sugiharto, R. Sulistyia, F. Prasudi, Taufiq, Kriya Keramik, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- [16] N. M. Bobkova, I. A. Levitskii, R. N. Milevskaya, Influence of titania additions on the properties of opaque glazes, *Glass and Ceramics*, 40, 10, (1983) 522-526 [10.1007/bf00776293](https://doi.org/10.1007/bf00776293)
- [17] Jarnuzi Gunlazuardi, Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya, *Seminar Nasional Kimia Fisika II*, (2001).
- [18] Karna Wijaya, Iqmal Tahir, Nanik Haryanti, Synthesis of Fe₂O₃ -Montmorillonite and Its Application as a Photocatalyst for Degradation of Congo Red Dye, *2010*, 5, 1, (2010) 7 <http://dx.doi.org/10.22146/ijc.21837>
- [19] L. E. Brus, Electron-electron and electron-hole interactions in small semiconductor crystallites: The size dependence of the lowest excited electronic

state, *The Journal of Chemical Physics*, 80, 9, (1984)
4403-4409 <http://dx.doi.org/10.1063/1.447218>

- [20] Donald A. Neamen, *Microelectronics Circuit Analysis and Design*, McGraw-Hill Higher Education, 2006.
- [21] R. N. Clark, Reflectance Spectra, in: T.J.A. (Ed.) (Ed.) *Rock Physics & Phase Relations*, 1995.