



## Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Karakteristik Nanopartikel Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) Pada Lapisan Kaca dengan Metode Sol - Gel Spin Coating

Risna Wati Hasibuan Dan Karya sinulingga

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
[risnahasibuan07@gmail.com](mailto:risnahasibuan07@gmail.com), [karyasinulinggakarya@yahoo.co.id](mailto:karyasinulinggakarya@yahoo.co.id)

Diterima: Desember 2022. Disetujui: Januari 2023. Dipublikasikan: Februari 2023.

### ABSTRAK

Telah berhasil dilakukan pelapisan kaca dengan menggunakan larutan  $\text{TiO}_2$  dengan variasi suhu  $150^\circ$ ,  $250^\circ$ , dan  $350^\circ$ , yang bertujuan untuk mengetahui cara mensintesis  $\text{TiO}_2$  pada lapisan kaca, Mengetahui karakterisasi lapisan  $\text{TiO}_2$  pada kaca menggunakan SEM dan XRD. yang dibuat dengan menggunakan metode Solid Gelation (Sol-Gel) dengan teknik Spin Coating. Lapisan Kaca tersebut lalu dikarakterisasi dengan menggunakan pengujian SEM, XRD dan UV-Vis Spektrometer. Hasil karakterisasi menunjukkan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  dengan pengaruh variasi suhu. Dengan ukuran kristal terbesar pada variasi suhu  $150^\circ\text{C}$  dan terkecil yaitu  $250^\circ\text{C}$ . Lapisan  $\text{TiO}_2$  telah berhasil dilakukan pada substrat kaca dengan variasi suhu  $150^\circ\text{C}$ ,  $250^\circ\text{C}$  dan  $350^\circ\text{C}$  dilihat dari karakterisasi XRD bahwa struktur kristal yang terbentuk pada lapisan tipis ini adalah anatase.

**Kata Kunci:** Nanopartikel,  $\text{TiO}_2$ , FTO, Pelapisan Kacada Sol-Gel Spin Coating

### ABSTRACT

*Glass coating has been successfully carried out using a solution of  $\text{TiO}_2$  with temperature variations of  $150^\circ$ ,  $250^\circ$ , and  $350^\circ$ , which aims to find out how to synthesize  $\text{TiO}_2$  on a glass layer, to know the characterization of a  $\text{TiO}_2$  layer on glass using SEM and XRD. made using the Solid Gelation (Sol-Gel) method with the Spin Coating technique. The glass layer was then characterized by using SEM, XRD and UV-Vis Spectrometer tests. The characterization results show the size of  $\text{TiO}_2$  crystals with the influence of temperature variations. With the largest crystal size at a temperature variation of  $150^\circ\text{C}$  and the smallest at  $250^\circ\text{C}$ .  $\text{TiO}_2$  coating has been successfully carried out on glass substrates with temperature variations of  $150^\circ\text{C}$ ,  $250^\circ\text{C}$  and  $350^\circ\text{C}$  seen from the XRD characterization that the crystal structure formed in this thin layer is anatase.*

**Keywords:** Nanoparticles,  $\text{TiO}_2$ , FTO, Glass Coating and Sol-Gel Spin Coating

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat pada saat ini merupakan hasil dari sebuah pemikiran inovatif dan ekonomis yang dikembangkan oleh manusia. Perkembangan teknologi tersebut memacu manusia agar dapat

memanfaatkan sumber daya alam untuk keberlangsungan hidup. Kaca merupakan salah satu produk industri kimia berupa gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir

serta berbagai penyusun lainnya (Wibowo, dkk, 2013).

Berbagai cara dilakukan untuk memodifikasi material kaca tersebut untuk mempermudah pekerjaan manusia, salah satunya dengan teknologi rekayasa permukaan. Adapun pelapisan permukaan yang gencar dilakukan saat ini yaitu pelapisan menggunakan senyawa  $TiO_2$ .  $TiO_2$  merupakan material yang bersifat fotokatalis dan fotodegradasi serta memiliki banyak keuntungan lainnya. Ukuran sudut kontak air dengan lapisan  $TiO_2$  mengalami penurunan apabila mendapat penyinaran matahari sehingga lapisan bersifat hidrofilik (suka air) dan ukuran sudut kontak tersebut meningkat ketika tidak mendapat penyinaran lagi maka lapisan bersifat hidrofobik (anti air), sehingga material yang diberi lapisan  $TiO_2$  akan terlihat selalu bersih dengan sendirinya (Tuti, 2006).

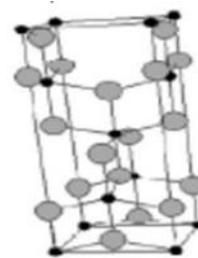
Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Alkhafi, Mukti dan Winsyahputra (2011) Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis  $TiO_2$  Pada Permukaan Logam dan Kaca Menggunakan Metode Sol-Gel didapat hasil bahwa suhu pembakaran sangat berpengaruh terhadap sudut kontak rata-rata yang besarnya 97,33 derajat, 112,33 derajat dan 130 derajat. Semakin tinggi temperatur pemanasan semakin merata partikel  $TiO_2$  dan mulai terbentuk lembah-lembah yang beraturan pada struktur lapisan  $TiO_2$  sehingga hampir menyerupai struktur daun lotus. Dari penelitian tersebut yang digunakan untuk melapisi permukaan kaca ialah  $TiO_2$  yang memiliki sifat fisis, yaitu air tidak terserap ke dalam lapisan sehingga tidak terjadi kontak dengan kaca. Dalam penelitian ini akan dilakukan teknik pelapisan Titanium dalam bentuk liquid atau cair yang berwarna bening ( $TiCl_3$ ) pada permukaan kaca agar kaca yang telah dilapisi tetap bening, untuk mendapatkan lapisan yang merata, dan memiliki daya adhesi yang kuat sehingga lapisan ini akan melindungi permukaan kaca. Suhu pembakaran divariasikan pada suhu 1500 , 2500 dan 3500 . Titanium dioksida ( $TiO_2$ ) merupakan Kristal berwarna putih dengan indeks bias sangat tinggi dan titik lebur  $1855^\circ C$ . Kristal ini bersifat asam dan tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alcohol, tetapi dapat larut dalam asam sulfat pekat dan asam fluoride,  $TiO_2$  memiliki sifat listrik yang cukup

menarik,yaitu memiliki dielektrik yang cukup besar, bersifat fotoelektrik dan memiliki sifat katalitik,  $TiO_2$  merupakan senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun(Rusli, 2012).

$TiO_2$  merupakan senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun (Tussa'adah,2015). Titanium dioksida ( $TiO_2$ ) merupakan bahan semikonduktor yang banyak digunakan sebagai fotokatalis, sel surya, sensor biologis dan gas, serta pigmen cat. Diantara semikonduktor yang ada,  $TiO_2$  merupakan semikonduktor yang banyak digunakan karena tidak beracun (non toxic), memiliki stabilitas termal cukup tinggi, tahan korosi, dan ketersediaan di alam melimpah dan juga harganya relatif murah (Wardiyati, 2014).

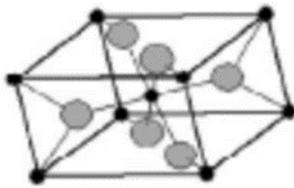
$TiO_2$  memiliki 11 tipe struktur, tiga diantaranya terdapat di alam dalam bentuk mineral yang stabil yaitu anatase, rutil, dan brookite. Tipe struktur anatase memiliki energy celah pita 3,2 eV; Rutil 3,0 eV; dan brookite 3,4 eV. Anatase dan rutil memiliki struktur kristal tetragonal, sedangkan brookite memiliki struktur kristal orthorombik. Massa jenis anatase, rutil dan brookite secara berturut-turut adalah 3,90 g/cm<sup>3</sup>; 4,13 g/cm<sup>3</sup>; dan 4,27 g/cm<sup>3</sup> (Mu'izayanti, 2017).

Anatase merupakan salah satu material titanium dioksida. Anatase selalu ditemukan Jurnal Einstein 5 (3) (2022) : 1 - 7 3 dalam keadaan kristal kecil dan terisolasi. Seperti layaknya rutil, anatase juga lebih sering dimodifikasi dari titanium dioksida, dan struktur kristalnya tetragonal (Sianturi, 2012).



Gambar 1. Strukur Anatase (Byranvand,2013)

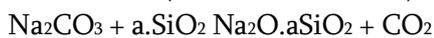
Rutil berasal dari bahasa Latin “rutileus” yang berarti merah. Rutil berwarna merah, merah kehitaman hingga hitam. Struktur Kristal dari rutil adalah tetragonal (Sianturi,2012).



Gambar 2. Struktur Rutile (Byranvand,2013)

Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa organik yang mana telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silika (Setiawan, 2006). Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Sifat sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silica (SiO<sub>2</sub>) dan proses pembentukannya.

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO<sub>2</sub>) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan dibawah ini (Wibowo dkk, 2013).



## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>

Lapisan TiO<sub>2</sub> dibuat dengan melapiskan larutan sol-gel diatas kaca preparat dengan metode spin coating. Untuk larutan sol-gel TiO<sub>2</sub> , mencampurkan 1 ml Titanium (III) klorida (TiCl<sub>3</sub>) dengan 10 ml etanol, diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu kamar selama 1 jam 30 menit dengan laju 3500 rpm. Larutan yang telah tercampur kemudian ditetaskan Etilen Glikol sebanyak 1 ml kemudian diaduk kembali menggunakan magnetic stirrer pada suhu kamar selama 6 jam.

### Proses Pelapisan (*Coating*) dan Pembakaran (*Firing*)

Pelapisan atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *coating*, pada dasarnya merupakan suatu proses untuk melapisi suatu bahan dasar (*substrate*) dengan maksud dan tujuan tertentu. Tujuan penerapan lapisan mungkin dekoratif, fungsional, atau keduanya.

Pelapisan terdiri dari 2 jenis, yaitu liquid coating dan concrete coating. Liquid coating biasanya berupa *painting* (pengecatan), sedangkan *concrete coating* adalah pelapisan dengan menggunakan beton. Tingkat proteksi dari pelapisan tergantung pada sistem keseluruhan dari jenis pelapisan, substrat logam dan preparasi permukaan (Afandi, 2015).

Setelah lapisan TiO<sub>2</sub> berhasil maka dilakukan pelapisan. Pelapisan dilakukan menggunakan teknik spin coating yaitu larutan sol ditetaskan di atas substrat kaca dan diputar selama 90 detik. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang telah terbentuk, dikeringkan di atas hot plate dengan suhu 100°C. untuk tahap selanjutnya yaitu pemanasan dengan memvariasikan suhu, yaitu mulai dari 150°C, 250°C, dan 350°C . Pelapisan dilakukan dengan menggunakan furnace selama 1 jam.

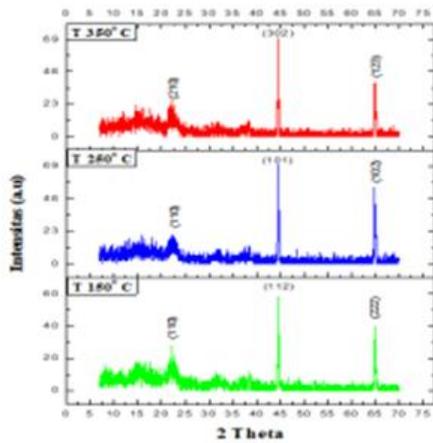
### Analisis Data

Analisis data yang digunakan berdasarkan data dari 2 alat pengujian sampel, yaitu SEM dan XRD. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu instrumen yang paling serbaguna untuk pemeriksaan dan analisis morfologi mikro serta karakteristik komposisi kimia (Anggraeni,2008). XRD mendifraksi cahaya melalui celah kristal pada difraktogram melalui sudut yang telah ada pada sistem XRD. Pengujian XRD dilakukan pada serbuk setelah hasil sintering sebanyak sampel yang diujikan (Harahap, 2013).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD)

*X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk melihat adanya struktur kristal yang telah terbentuk dan untuk melihat ukuran kristal. Menik, S., (2010).. Hal ini dapat dilihat dengan adanya peak pada spectra. Sudut yang diambil pada pengujian ini berada pada rentang "00 - 700". Untuk hasil pengujian XRD dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini. Gambar 3. Pola difraksi pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub>



Gambar 3. Pola difraksi pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub>

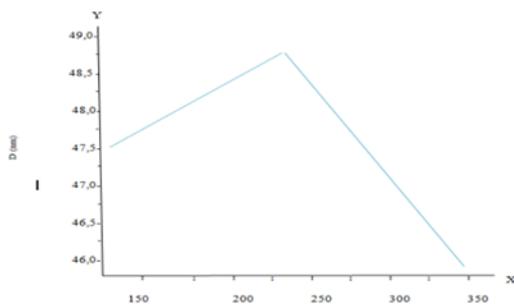
Dari gambar di atas dapat dilihat adanya puncak yang signifikan tinggi pada rentang sudut  $2\theta$  “20-65”. Untuk mengidentifikasi sistem kristal pada sampel menggunakan software *Match 3*. Struktur kristal yang terbentuk pada lapisan tipis ini adalah anatase.

Perhitungan pengukuran kristal yang terbentuk pada sampel lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dapat dihitung menggunakan persamaan Deybe Scharrer. Nilai FWHM (*Full width Half Maximum*) atau lebar spektrum XRD berpengaruh terhadap ukuran kristal. Hasil perhitungan dari ukuran kristal dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Ukuran Kristal Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>

Sampel Lapisan Tipis TiO <sub>2</sub>	Posisi Puncak (2θ)	FWHM (Degree)	D (nm)
T 150° C	44.48	0.1919	47
T 250° C	44.49	0.1771	49
T 350° C	44.48	0.1872	46

Berdasarkan tabel di atas maka hubungan antara variasi suhu yang diberikan pada kaca dengan ukuran kristal dapat dilihat pada gambar 4. berikut

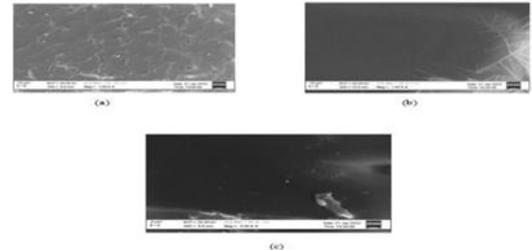


Gambar 4. Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Ukuran Kristal

Dari gambar 4 perubahan ukuran kristal tidak beraturan atau tidak efisien.

### Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Uji SEM digunakan untuk melihat morfologi permukaan dari lapisan tipis. Hasil pengujian lapisan tipis dapat dilihat pada gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Morfologi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> (a). Pada Suhu 150°C, (b). Pada Suhu 250° C, Dan (c). Pada Suhu 350° C.

Dari gambar 5 menunjukkan bentuk morfologi pada lapisan tipis berbeda antara satu dengan lainnya. Sampel dengan pembakaran 150° C seperti yang terlihat pada gambar (a) struktur morfologi dari lapisan tipis TiO<sub>2</sub> berupa retak-retakan kasar pada semua sisi permukaan kaca. Dari pengamatan bahwa pada pembakaran 150°C menghasilkan morfologi permukaan lapisan TiO<sub>2</sub> yang partikel-partikelnya tersebar hampir merata pada substrat. Sampel pada gambar (b) dengan pembakaran 250° C dimana permukaannya berupa retakan halus di sebagian sisi dan pada gambar (c) dengan pembakaran 350° C dapat kita lihat bahwa pada permukaan hampir tidak ada lagi retakan ini diakibatkan temperatur panasnya semakin tinggi karena semakin tinggi suhu yang diberikan maka partikel TiO<sub>2</sub> semakin merata. Dari hasil pengamatan bahwa struktur lapisan tipis TiO<sub>2</sub> mengalami perubahan saat dilakukan proses pembakaran. Dari ke tiga sampel permukaan terbaik berada pada sampel yang suhu pemanasannya paling tinggi yaitu pada suhu 350° ditandai dengan hampir tidak ada lagi retakan pada permukaan ini disebabkan karena tingginya suhu yang diberikan dan lapisan TiO<sub>2</sub> sudah terdistribusi secara merata. Sedangkan pada suhu 150° dan 250° lapisan TiO<sub>2</sub> sudah terdistribusi secara merata tetapi

karena perlakuan panas kurang tinggi sehingga terdapat retakan-retakan pada morfologinya.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Lapisan TiO<sub>2</sub> telah berhasil dilakukan pada substrat kaca dengan variasi suhu 150°C, 250°C dan 350°C dilihat dari karakterisasi XRD bahwa struktur kristal yang terbentuk pada lapisan tipis ini adalah anatase. Pada suhu 150° C sudut anatasenya terbentuk pada sudut  $2\theta = 23.52^\circ$ ,  $44.4873^\circ$ , dan  $64.81^\circ$  yang masing-masing memiliki nilai hkl (110), (112), (222) dengan intensitas 126 cst, 857,2 cst dan 645,4 cst. Pada suhu 250° C sudut anatasenya terdapat pada puncak sudut  $2\theta = 22.25^\circ$ ,  $44.38^\circ$ , dan  $64.80^\circ$  dengan nilai hkl (110), (101), (102) dengan intensitas 145,1 cst, 738,7 cst dan 536,7 cst. Untuk suhu 350° sudut anatasenya terdapat pada sudut  $2\theta = 23.67^\circ$ ,  $44.63^\circ$ , dan  $64.80^\circ$  dengan nilai hkl (210), (302), (123) dengan intensitas 176,7 cst, 716,3 cst dan 358,8 cst. Dari hasil uji karakterisasi menggunakan SEM bahwa permukaan terbaik berada pada sampel yang suhu pemanasannya paling tinggi yaitu pada suhu 350° ditandai dengan hampir tidak ada lagi retakan pada permukaan ini disebabkan karena tingginya suhu yang diberikan dan lapisan TiO<sub>2</sub> sudah terdistribusi secara merata. Sedangkan pada suhu 150° dan 250° lapisan TiO<sub>2</sub> sudah terdistribusi secara merata tetapi karena perlakuan panas kurang tinggi sehingga terdapat retakan-retakan pada morfologinya.

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu: Pada Penelitian selanjutnya diharapkan variasi suhunya dinaikkan agar pengaplikasian serta hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan. Diharapkan agar peneliti lebih memperhatikan pelapisannya merata dengan baik supaya dapat dihasilkan kualitas serta kuantitas yang baik

### DAFTAR PUSTAKA

Afandi, Y.K., Arief, I.S., dan Amiadji, (2015), Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating, Jurnal Teknik ITS, 4(1):1-5

Anggraeni, N.D., (2008), Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite, Seminar Nasional VII, 50-56

Byranvand, M.M., Kharat, A.N., Fatholahi, L., Beiranvand, Z.M., (2013), A Review On Synthesis Of Nano- TiO<sub>2</sub> Via Different Methods, JNS, 3:1-9

Menik, S., (2010). Karakterisasi Cangkang Kerang Menggunakan XRD & X-Ray Physic Basic Unit. Jurnal Neutrino, 3 (1): 32-43.

Mu'izayanti, V.A., dan Sutrisno, H., (2017), Application Of Agcl Sensitized TiO<sub>2</sub> In Base Condition As Antihazy Material, Jurnal Kimia Dasar, 6(1):27:34

Pataya, Stefanie Amni, dkk, (2016), Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating Diatas Substrat Kaca. Jurnal Ilmu Fisika, 3(1) : 1-8

Setiawan, Budi. 2006. Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.

Sianturi, N., (2012), Pengujian Struktur Morfologi Lapisan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Sebagai Anti Korosi Pada Permukaan Logam Dengan Menggunakan Metode Spin Coating, Skripsi, FMIPA, Unimed, Medan

Siregar Alkhafi Maas, Harahap Mukti Hamjah, Ritonga Winsyahputra, (2011), Preparasi Dan Karakterisasi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> Pada Permukaan Logam Dan Kaca Menggunakan Metode Sol-Gel, jurnal FMIPA : Universitas Negeri Medan

Ridlwani, M., (2006), Proses Pelapisan Baja Dengan Metode Semburan Kawat Las Oksi-Asitilen, Jurnal TEKNOIN, 11(3):211-217

Rofik Usman, M. 2013. Kinetika Fotokatalisis Diazinon Dengan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

- Rosi, H dan Kalyanasundaram,S., (2018), Synthesis, Characterization, Structural And Optical Properties Of TitaniumDioxide Nanoparticles Using Glycosmis Cochinchinensis Leaf Extract And Its Photocatalytic Evaluation And Antimicrobial Propertie, World News NaturalSciences, 17:1-15
- Sidiq,M.F., (2013), Analisa Korosi Dan Pengendaliannya, Jurnal Foundry, 3(1):25-30
- Timuda,G.E., (2010), Sintesis Partikel Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> Untuk Aplikasi Sel Surya Menggunakan Metode Sonokimia, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV Jateng dan DIY, Semarang, 104-109
- Tussa'adah,R., dan Astuti, (2015), Sintesis Material Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Untuk Penjernihan
- Limbah Tekstil, Jurnal Fisika Unand, 3(1):91-96
- Utomo,B., (2009), Jenis Korosi Dan Penanggulangnya, KAPAL, 6(2):138-141
- Wahyuni,T., Syamsudin,Ab., (2014), Pemanfaatan Tanin Ekstrak Daun Jambu Biji Terhadap Laju Korosi Besi Dalam Larutan NaCl 3% (W/V),Konversi, 3(1):45-52
- Wardiyari,S., Fisli,A., dan Yusuf,S., (2012), Sintesis Nanokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase Dalam Larutan Elektrolit Dengan Metode Sol Gel, Jurnal Sains Materi Indonesia, 15(3):153-157
- Wibowo, Levin. 2013. Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta: UAJY.
- Yanuar,A.P.,Herman,P.,dan Harmin,S.T., (2016), Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan, Jurnal Teknik ITS, 5(2):297-302