

**PREPARASI DAN PELAPISAN  
SOL TITANIUM TETRAISOPROPOKSIDA-  
OKTILTRIMETOKSISILAN PADA BATU ANDESIT DAN  
KAJIAN SIFAT *REVERSIBLE WETTABILITY***

**SKRIPSI**



**DITA MEILIA PRIHATININGRUM**

**PROGRAM STUDI S-1 KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
2022**

**PREPARASI DAN PELAPISAN  
SOL TITANIUM TETRAISOPROPOKSIDA- OKTILTRIMETOKSISILAN  
PADA BATU ANDESIT DAN KAJIAN SIFAT *REVERSIBLE*  
*WETTABILITY***

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang  
Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Dita Mcilia Prihatiningrum  
NIM. 081811533030

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

  
Dr. Alfa Akustia Widati, M.Si.  
NIP. 198505052012122003

Pembimbing II,

  
Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198608312016113101

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI**

**Judul** : Preparasi dan Pelapisan Sol Titanium Tetraisopropoksida -  
Oktiltrimetoksisilan pada Batu Andesit dan Kajian Sifat  
*Reversible Wettability*

**Penyusun** : Dita Meilia Prihatiningrum

**NIM** : 081811533030

**Tanggal Ujian** : 26 Juli 2022

Disetujui oleh:

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**

  
Dr. Alfa Akustia Widati, M.Si.  
NIP. 198505052012122003

  
Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198608312016113101

Mengetahui,  
Ketua Departemen Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga



  
Mochamad Zakki Fahmi, S.Si, M.Si., Ph.D.  
NIP. 198307022009121005

### **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

### PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dita Meilia Prihatiningrum  
NIM : 081811533030  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi yang berjudul:

**“Preparasi dan Pelapisan Sol Titanium Tetraisopropoksida-Oktiltrimetoksisilan pada Batu Andesit dan Kajian Sifat *Reversible Wettability*”**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah diterapkan.

Surabaya, 05 Agustus 2022



Dita Meilia Prihatiningrum

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya sehingga penulis dapat memperoleh dorongan untuk menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“Preparasi dan Pelapisan Sol Titanium Tetraisopropoksida-Oktiltrimetoksisilan pada Batu Andesit dan Kajian Sifat *Reversible Wettability*”**. Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini tidak dapat dilakukan sendiri. Oleh karena itu, di dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Alfa Akustia Widati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan nasehatnya selama penyelesaian naskah skripsi ini.
2. Bapak Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan nasehatnya selama penyelesaian naskah skripsi ini.
3. Bapak Drs. A. Budi Prasetyo, M.T. selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi, nasehat, serta saran yang membangun.
4. Bapak Mochamad Zakki Fahmi, S.Si, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Kimia atas didikan, dukungan, bantuan, kritik, saran serta ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis.
6. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara moril maupun materi.
7. Teman-teman : Winanda Rizky Febrianti, Shafira Ayuningtyas, Novi Wahyuningsih, Chumaira Ifada, Elly Noer Amrya, Nurul Anisa, Hanifah Wulandari, dan Reni Lusinta yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi.
8. Teman-teman mahasiswa kimia Universitas Airlangga angkatan 2018 (HIBRID) yang senantiasa memberi dukungan.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari naskah skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan karenanya penulis minta maaf dan mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada pihak – pihak yang telah membantu penulis. Demikian kiranya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat penulis harapkan sebagai upaya peningkatan kualitas dari naskah skripsi ini, serta penulis berharap semoga naskah skripsi ini dapat membantu dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 05 Agustus 2022  
Penulis,

Dita Meilia Prihatiningrum

**Prihatiningrum, Dita Meilia, 2022, Preparasi dan Pelapisan Sol Titanium Tetraisopropoksida-Oktiltrimetoksisilan pada Batu Andesit dan Kajian Sifat Reversible Wettability, SKRIPSI, dibawah bimbingan Dr. Alfa Akustia Widati, S.Si., M.Si., dan Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.**

---

### ABSTRAK

Candi adalah salah satu warisan budaya yang harus dilindungi. Batuan rentan mengalami kerusakan dan pelapukan karena keberadaan air. Pelapisan dengan sifat permukaan reversibel dari hidrofobik menjadi hidrofilik atau sebaliknya merupakan salah satu cara dalam mengatasi pelapukan pada batuan. Pada penelitian ini dilakukan preparasi material *reversible wettability* berbasis sol titanium tetraisopropoksida (TTIP) dan oktiltrimetoksisilan (OTMS) sebagai pelapis batu andesit. Pelapisan dilakukan dengan teknik *dip coating* secara *layer by layer* (LBL) dan komposit. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah sudut kontak dengan variasi mol TTIP dan OTMS serta waktu *dip coating*. Mol optimum TTIP dan OTMS pada pelapisan LBL yaitu 3,75 dan 0,75 mmol sedangkan pada pelapisan komposit yaitu 1,5 dan 0,75 mmol. Waktu *dip coating* optimum pada pelapisan LBL dan komposit adalah 30 menit dengan sudut kontak yang dihasilkan sebesar 142,32° dan 139,68°. Sol TTIP, OTMS, dan TTIP-OTMS pada kondisi optimum dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR. Batu andesit yang dilapisi TiO<sub>2</sub> amorf/OTMS dan TiO<sub>2</sub> amorf-OTMS tidak bersifat *reversible wettability*. Batu andesit yang dilapisi TiO<sub>2</sub> anatase/OTMS bersifat *reversible wettability* setelah disinari UV dan dipanaskan pada suhu 150°C. Batu andesit yang dilapisi dengan TiO<sub>2</sub> amorf dan TiO<sub>2</sub> anatase tidak bersifat *reversible wettability* saat diletakkan di ruangan terbuka.

**Kata Kunci:** *reversible wettability* , sol titanium tetraisopropoksida (TTIP), sol oktiltrimetoksisilan (OTMS), radiasi UV

**Prihatiningrum, Dita Meilia, 2022, Preparation and Coating of Titanium Tetraisopropoxide–Octyltrimethoxysilane Sol on Andesite Stone and Study of Reversible Wettability, This script is supervised by Dr. Alfa Akustia Widati, S.Si., M.Si., and Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D., Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.**

---

## ABSTRACT

Temples are one of the cultural heritages that must be protected. Rocks are susceptible to damage and weathering due to the presence of water. Coating with reversible surface properties from hydrophobic to hydrophilic or vice versa is one way to overcome weathering in rocks. In this study, preparation of reversible wettability material based on titanium tetraisopropoxide (TTIP) and octyltrimethoxysilane (OTMS) sols was carried out as coating solution on andesite stone. The method that was used is dip-coating technique. The coating used layer-by-layer (LBL) and composite (TTIP-OTMS). The measurements in this study were the contact angle with variations in moles of TTIP and OTMS as well as dip coating time. The optimum moles of TTIP and OTMS on the LBL coating were 3.75 and 0.75 mmol, while for the composite coating they were 1.5 and 0.75 mmol. The optimum dip coating time for LBL and composite coatings is 30 minutes with the resulting contact angles of 142.32° and 139.68°. The sols (TTIP, OTMS, and TTIP-OTMS) at optimum conditions were characterized by XRD and FTIR. Andesite stone coated with amorphous TiO<sub>2</sub>/OTMS and amorphous TiO<sub>2</sub>-OTMS did not show reversible wettability. Andesite stone coated with TiO<sub>2</sub> anatase/OTMS showed reversible wettability after UV irradiation and heated at a temperature of 150°C. Andesite stone coated with amorphous TiO<sub>2</sub> and anatase TiO<sub>2</sub> did not show reversible wettability when placed in open area.

**Keywords:** reversible wettability, titanium tetraisopropoxide (TTIP) sol, octyltrimethoxysilane (OTMS) sol, UV radiation

## DAFTAR ISI

|                                                                   | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------|---------|
| LEMBAR JUDUL.....                                                 | i       |
| LEMBAR PERNYATAAN .....                                           | ii      |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                                            | iii     |
| LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....                            | iv      |
| LEMBAR_PERNYATAAN ORISINALITAS.....                               | v       |
| KATA PENGANTAR.....                                               | vi      |
| ABSTRAK .....                                                     | vii     |
| ABSTRACT .....                                                    | viii    |
| DAFTAR ISI .....                                                  | ix      |
| DAFTAR TABEL .....                                                | xii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                               | xiii    |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                             | xv      |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                           | 1       |
| 1.1 Latar Belakang.....                                           | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                          | 5       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                       | 5       |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                      | 6       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                      | 7       |
| 2.1 Self Cleaning.....                                            | 7       |
| 2.2 <i>Reversible Wettability</i> .....                           | 8       |
| 2.3 Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....                    | 10      |
| 2.4 Silan .....                                                   | 12      |
| 2.5 Metode Sol-Gel.....                                           | 13      |
| 2.6 Metode Dip Coating.....                                       | 15      |
| 2.7 Karakterisasi Material.....                                   | 16      |
| 2.7.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i> .....                        | 16      |
| 2.7.2 <i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> ..... | 18      |
| 2.7.3 Uji sudut kontak.....                                       | 21      |

|                                |                                                               |    |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.4                          | <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....               | 22 |
| 2.7.5                          | <i>Uji kekerasan vickers hardness</i> .....                   | 24 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... |                                                               | 26 |
| 3.1                            | Tempat dan Waktu Penelitian.....                              | 26 |
| 3.2                            | Bahan dan Alat Penelitian.....                                | 26 |
| 3.2.1                          | Bahan penelitian .....                                        | 26 |
| 3.2.2                          | Alat penelitian.....                                          | 26 |
| 3.3                            | Diagram Alir Penelitian .....                                 | 27 |
| 3.4                            | Prosedur Penelitian .....                                     | 28 |
| 3.4.1                          | Preparasi sol TTIP .....                                      | 28 |
| 3.4.2                          | Preparasi sol OTMS.....                                       | 28 |
| 3.4.3                          | Preparasi Sol TTIP-OTMS .....                                 | 29 |
| 3.4.4                          | Karakterisasi XRD dan FTIR .....                              | 29 |
| 3.4.4.1                        | Karakterisasi XRD .....                                       | 29 |
| 3.4.4.2                        | Karakterisasi FTIR.....                                       | 30 |
| 3.4.5                          | Pengaruh mol TTIP dan OTMS pada pelapisan substrat.....       | 30 |
| 3.4.5.1                        | Pengaruh mol TTIP .....                                       | 30 |
| 3.4.5.2                        | Pengaruh mol OTMS .....                                       | 31 |
| 3.4.5.3                        | Pengaruh waktu <i>dip coating</i> .....                       | 31 |
| 3.4.6                          | Preparasi TiO <sub>2</sub> anatase .....                      | 32 |
| 3.4.7                          | Uji <i>reversible wettability</i> .....                       | 32 |
| 3.4.8                          | Uji pengaruh sudut kontak batu andesit di ruangan terbuka.... | 33 |
| 3.4.9                          | Pengukuran sudut kontak air.....                              | 33 |
| BAB IV PEMBAHASAN .....        |                                                               | 37 |
| 4.1                            | Hasil Preparasi Sol TTIP .....                                | 37 |
| 4.2                            | Hasil Preparasi Sol OTMS.....                                 | 38 |
| 4.3                            | Hasil Preparasi Sol TTIP-OTMS .....                           | 39 |
| 4.4                            | Hasil Preparasi Substrat .....                                | 40 |
| 4.5                            | Karakterisasi XRD dan FTIR .....                              | 40 |
| 4.5.1                          | Karakterisasi XRD .....                                       | 40 |

|                                  |                                                                                    |    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.2                            | Karakterisasi FTIR.....                                                            | 41 |
| 4.6                              | Pengaruh mol TTIP terhadap Hidrofobisitas Batu Andesit .....                       | 43 |
| 4.7                              | Pengaruh mol OTMS terhadap Hidrofobisitas Batu Andesit .....                       | 45 |
| 4.8                              | Pengaruh Waktu <i>Dip Coating</i> terhadap Hidrofobisitas Substrat .....           | 46 |
| 4.9                              | Hasil Uji <i>Reversible Wettability</i> TiO <sub>2</sub> Amorf dan Sol OTMS .....  | 47 |
| 4.10                             | Pengaruh Sudut Kontak TiO <sub>2</sub> Amorf dan Sol OTMS .....                    | 49 |
|                                  | di Ruangan Terbuka                                                                 |    |
| 4.11                             | Hasil Preparasi TiO <sub>2</sub> Anatase .....                                     | 51 |
| 4.12                             | Hasil Uji <i>Reversible Wettability</i> TiO <sub>2</sub> Anatase dan Sol OTMS..... | 52 |
| 4.13                             | Pengaruh Sudut Kontak TiO <sub>2</sub> Anatase dan Sol OTMS .....                  | 53 |
|                                  | di Ruangan Terbuka                                                                 |    |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... |                                                                                    | 55 |
| 5.1                              | Kesimpulan .....                                                                   | 55 |
| 5.2                              | Saran .....                                                                        | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA.....              |                                                                                    | 57 |
| LAMPIRAN                         |                                                                                    |    |

**DAFTAR TABEL**

| Nomor | Judul Tabel                                                                                                  | Halaman |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3.1   | Variasi komposisi volume TTIP                                                                                | 28      |
| 3.2   | Variasi komposisi volume OTMS                                                                                | 28      |
| 3.3   | Variasi komposisi volume TTIP dan OTMS                                                                       | 29      |
| 4.1   | Data spektra FTIR dari sol TTIP, OTMS,<br>dan TTIP-OTMS                                                      | 41      |
| 4.2   | Sudut kontak batu sebelum dan sesudah diberi sinar UV                                                        | 48      |
| 4.3   | Perubahan sudut kontak batu yang terlapisi<br>TiO <sub>2</sub> amorf-OTMS di ruangan terbuka                 | 50      |
| 4.4   | Perubahan sudut kontak batu yang terlapisi<br>TiO <sub>2</sub> amorf/OTMS di ruangan terbuka                 | 51      |
| 4.5   | Pengaruh sinar UV, penempatan diruang gelap,<br>dan pemanasan terhadap TiO <sub>2</sub> anatase dan sol OTMS | 53      |
| 4.6   | Perubahan sudut kontak batu yang terlapisi<br>TiO <sub>2</sub> anatase dan sol OTMS di ruangan terbuka       | 54      |

## DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul Gambar                                                                                                                                     | Halaman |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Mekanisme <i>self-cleaning</i> pada permukaan kasar dan halus pada lapisan hidrofobik                                                            | 8       |
| 2.2   | Skema permukaan dan perubahan ikatan permukaan yang dilapisi TiO <sub>2</sub> sebelum dan sesudah penyinaran UV                                  | 10      |
| 2.3   | Skema efek fotokatalisis TiO <sub>2</sub>                                                                                                        | 11      |
| 2.4   | Skema interaksi organosilan dengan permukaan hidrofilik (a) kondisi sebelum pelapisan (b) kondisi setelah pelapisan                              | 12      |
| 2.5   | Skema proses sol-gel                                                                                                                             | 14      |
| 2.6   | Skema pelapisan dip coating                                                                                                                      | 15      |
| 2.7   | Skema pancaran sinar-X dari atom-atom pada lapisan pertama dan kedua                                                                             | 16      |
| 2.8   | Pola difraksi (a) TiO <sub>2</sub> ; (b) T-S 0,25; (c) T-S 0,5 dan (d) T-S 0,75                                                                  | 17      |
| 2.9   | Difraktogram (a) TiO <sub>2</sub> amorf (b)TiO <sub>2</sub> anatase                                                                              | 18      |
| 2.10  | Skema instrumen FTIR (Dole et al., 2011)                                                                                                         | 19      |
| 2.11  | Spektra FTIR (a) OTMS (b) Sol SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , MTMS, SiO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> -MTMS yang dipanaskan pada suhu 70° | 20      |
| 2.12  | Skema hubungan antara tegangan permukaan dan sudut kontak                                                                                        | 21      |
| 2.13  | Kondisi pembasahan hidrofilik dan hidrofobik                                                                                                     | 22      |
| 2.14  | Skema instrumen SEM                                                                                                                              | 23      |
| 2.15  | Hasil analisis SEM permukaan batu andesit (a) tanpa pelapisan dan (b) dengan pelapisan TiO <sub>2</sub> –SiO <sub>2</sub>                        | 24      |
| 2.16  | Instrumen vickers hardness                                                                                                                       | 24      |
| 2.17  | Skema indentor intan                                                                                                                             | 25      |
| 4.1   | Sol TTIP metode sol-gel                                                                                                                          | 37      |
| 4.2   | Gambar Sol OTMS metode sol-gel                                                                                                                   | 38      |

|      |                                                                                                     |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3  | Sol TTIP-OTMS metode sol-gel                                                                        | 39 |
| 4.4  | Spektra XRD $\text{TiO}_2$ , $\text{SiO}_2/\text{C}_8$ , dan $\text{SiO}_2/\text{C}_8\text{-TiO}_2$ | 40 |
| 4.5  | Spektra FTIR sol TTIP, OTMS, dan TTIP-OTMS                                                          | 42 |
| 4.6  | Pengaruh variasi mol TTIP terhadap sudut kontak batu andesit                                        | 43 |
| 4.7  | Batu andesit sebelum dan sesudah dilapisi oleh sol TTIP                                             | 44 |
| 4.8  | Pengaruh variasi mol OTMS terhadap sudut kontak batu andesit                                        | 45 |
| 4.9  | Pengaruh variasi waktu dip coating terhadap sudut kontak batu andesit                               | 47 |
| 4.10 | Kondisi sudut kontak batu sebelum dan sesudah diberi sinar UV                                       | 48 |
| 4.11 | Pengaruh sudut kontak batu yang terlapisi $\text{TiO}_2$ amorf-OTMS di ruangan terbuka              | 50 |
| 4.12 | Pengaruh sudut kontak batu yang terlapisi $\text{TiO}_2$ amorf/OTMS di ruangan terbuka              | 51 |
| 4.13 | Sol $\text{TiO}_2$ anatase sebelum dan sesudah ultrasonikasi                                        | 52 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

| Nomor | Judul Lampiran                                |
|-------|-----------------------------------------------|
| 1.    | Perhitungan volume OTMS                       |
| 2.    | Perhitungan volume TTIP                       |
| 3.    | Data pengukuran sudut kontak                  |
| 4.    | Spektra XRD sol TTIP, OTMS, TTIP-OTMS         |
| 5.    | Spektra FTIR sol TTIP, OTMS, TTIP-OTMS        |
| 6.    | Data cuaca dan indeks UV BMKG                 |
| 7.    | Contoh perhitungan panjang gelombang maksimum |