



**POTENSI APLIKASI NANOPARTIKEL TiO_2 SEBAGAI
BAHAN PELAPIS GENTENG TANAH LIAT YANG
BERSIFAT *SELF CLEANING* DAN *THERMAL REDUCING***

SKRIPSI

Oleh

**Maulida Rahayu
NIM 151810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**POTENSI APLIKASI NANOPARTIKEL TiO_2 SEBAGAI
BAHAN PELAPIS GENTENG TANAH LIAT YANG
BERSIFAT *SELF CLEANING* DAN *THERMAL REDUCING***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

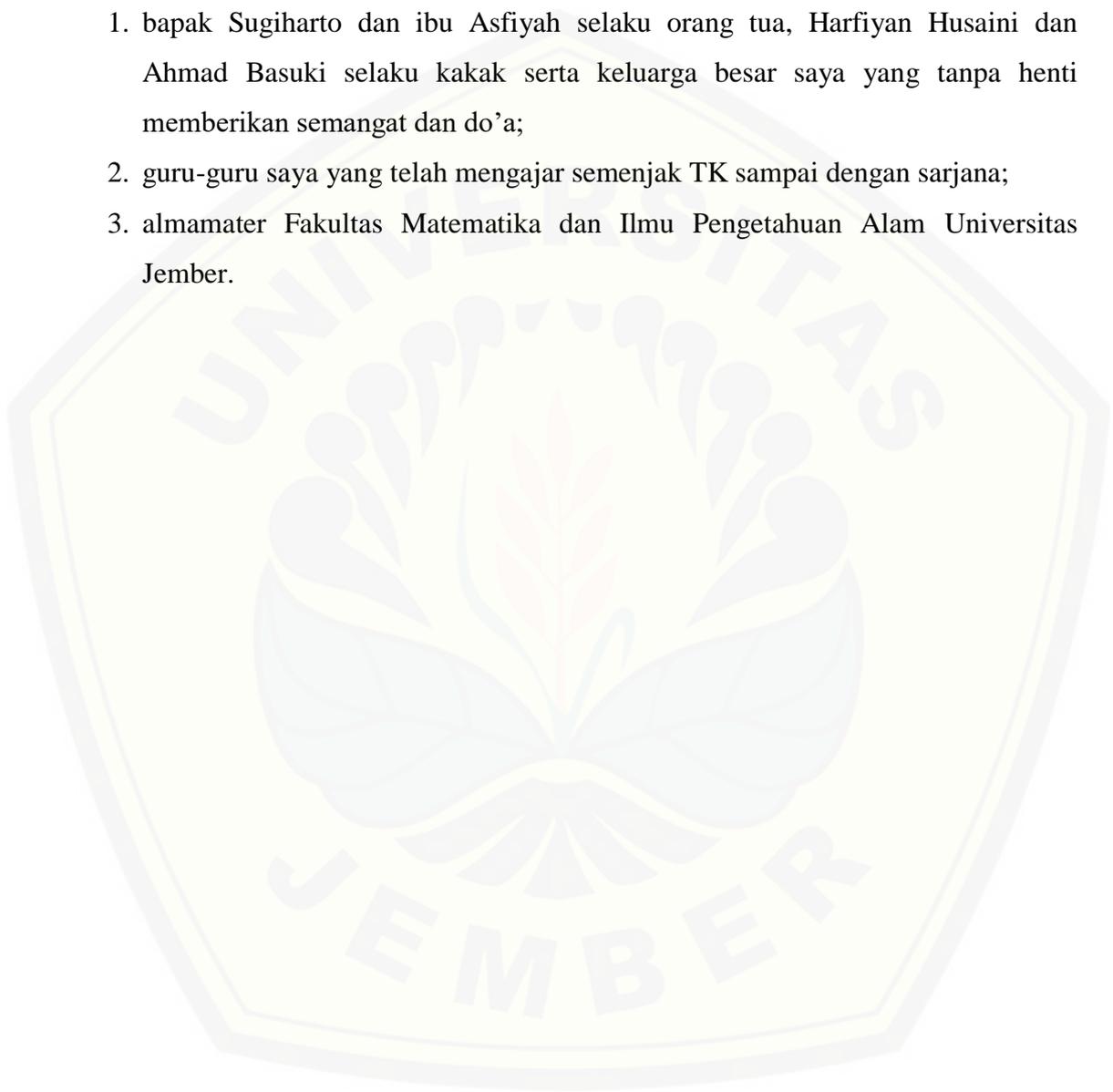
**Maulida Rahayu
NIM 151810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. bapak Sugiharto dan ibu Asfiah selaku orang tua, Harfiyan Husaini dan Ahmad Basuki selaku kakak serta keluarga besar saya yang tanpa henti memberikan semangat dan do'a;
2. guru-guru saya yang telah mengajar semenjak TK sampai dengan sarjana;
3. almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman! Jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya
Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu.”

(QS. Muhammad [47]: 07)



Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. *Mushaf Al Qur'an dan Terjemahannya*.
Jakarta: CV. Pustaka Al-Kautsar.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulida Rahayu

NIM : 151810201038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Potensi Aplikasi Nanopartikel TiO₂ sebagai Bahan Pelapis Genteng Tanah Liat yang Bersifat *Self Cleaning* dan *Thermal Reducing*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2020

Yang menyatakan,

Maulida Rahayu

NIM 151810201038

SKRIPSI

**POTENSI APLIKASI NANOPARTIKEL TiO₂ SEBAGAI
BAHAN PELAPIS GENTENG TANAH LIAT YANG
BERSIFAT *SELF CLEANING* DAN *THERMAL REDUCING***

Oleh

Maulida Rahayu
NIM 151810201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sutisna, S.Pd, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Sujito, Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Potensi Aplikasi Nanopartikel TiO₂ sebagai Bahan Pelapis Genteng Tanah Liat yang Bersifat *Self Cleaning* dan *Thermal Reducing*” karya Maulida Rahayu, NIM 151810201038 telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.
NIP 197301152000031001

Drs. Sujito, P.hD.
NIP 196102041987111001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.
NIP 197208201998021001

Supriyadi, S.Si., M.Si.
NIP 198204242006041003

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah M.Sc, Ph.D
NIP 195910091986021001

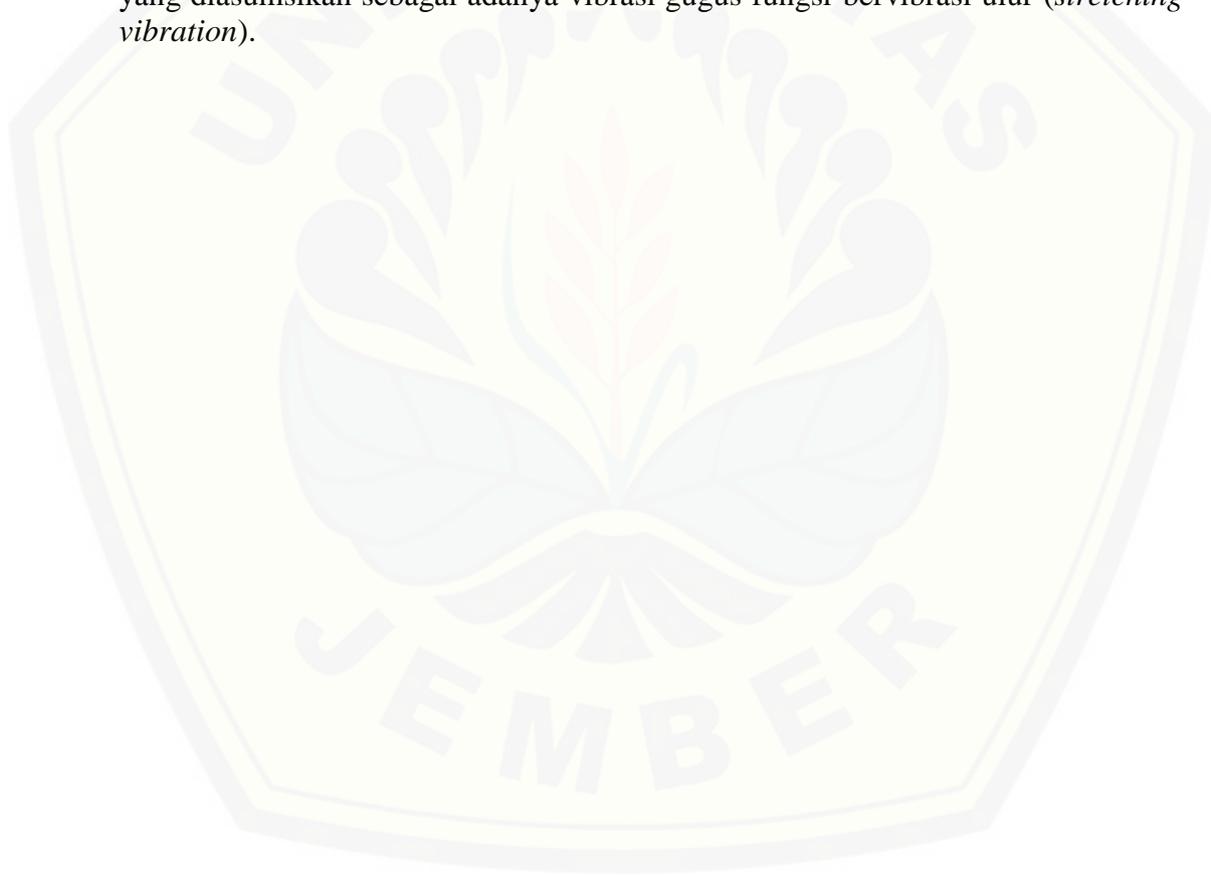
RINGKASAN

Potensi Aplikasi Nanopartikel TiO₂ sebagai Bahan Pelapis Genteng Tanah Liat yang Bersifat *Self Cleaning* dan *Thermal Reducing*; Maulida Rahayu, 151810201038; 2020; 78 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Atap merupakan unsur terpenting dari sebuah bangunan. Pertimbangan dalam memilih bahan material atap sebuah bangunan adalah kemampuannya dalam menyerap atau bahkan memantulkan panas dimana fungsi utama atap yaitu menaungi dan melindungi bagian di bawahnya dari hujan dan panas matahari. Pemilihan jenis atap yang kurang tepat dapat mengakibatkan suhu di dalam ruangan menjadi meningkat akibat panas tidak mampu ditahan atau diteruskan oleh bahan penutup atap tersebut. Selain permasalahan panas yang ditimbulkan oleh atap, seringkali suatu material atap terkontaminasi karena letaknya di bagian luar sehingga mudah dijangkau oleh debu/kotoran. Debu/kotoran yang menempel akan mengurangi nilai guna dan nilai estetis bahkan dapat merusak permukaan material atap. Berbagai penelitian aktual yang berkaitan dengan permasalahan atap tersebut telah banyak dilakukan namun masih kurang praktis dan tidak ekonomis apabila diaplikasikan. Oleh karena itu perlu adanya upaya lain untuk mengurangi panas yang diakibatkan sinar matahari dan menghilangkan kotoran/debu yang selalu menempel pada atap genteng yaitu dengan cara melapisi genteng dengan nanopartikel Titanium Dioksida (TiO₂), dimana material yang dilapisi TiO₂ akan memiliki sifat *self cleaning* dan *thermal reducing*.

Dalam penelitian ini, nanopartikel TiO₂ telah berhasil dilapiskan pada genteng tanah liat yang selanjutnya disebut dengan genteng titania. Lapisan TiO₂ pada genteng titania dibuat dengan mendispersikan TiO₂ dalam air suling dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Pelapisan ini dilakukan dengan menggunakan metode *spray coating* dengan 5 variasi jumlah pelapisan dan 1 sampel sebagai kontrol eksperimen dimana sampel-sampel tersebut kemudian diuji sifat *self cleaning* dan *thermal reducing*. Pengujian sifat *self cleaning* dari genteng titania dilakukan terhadap senyawa zat warna metilen biru yang dilapiskan ke permukaan genteng titania dan kemudian disinari dengan sinar UV selama 6 jam, kemudian diamati degradasi warna yang terjadi. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa jumlah pelapisan TiO₂ mempengaruhi aktivitas fotokatalitik genteng titania. Semakin banyak jumlah lapisan akan semakin baik aktivitas fotokatalitiknya, hal ini ditunjukkan pada genteng dengan jumlah pelapisan 3x, 4x, dan 5x. Performa terbaik dalam uji *self cleaning* adalah sampel genteng dengan jumlah pelapisan 3x. Pengujian sifat *thermal reducing* dari genteng titania dilakukan dengan cara menjemur secara langsung genteng titania di bawah sinar matahari dan kemudian diukur temperatur permukaannya. Hasil pengujian sifat *thermal reducing* menunjukkan bahwa genteng titania terbukti mampu mereduksi panas matahari sekitar 2°C dibandingkan dengan genteng tanah liat murni (tanpa

TiO₂). Berdasarkan hasil ini maka genteng titania mempunyai potensi aplikasi sebagai genteng tanah liat dengan tambahan fungsionalnya yaitu dapat membersihkan dirinya sendiri dan juga mampu mereduksi panas yang ditimbulkan matahari. Selanjutnya dilakukan beberapa uji karakterisasi meliputi XRD, FTIR dan SEM-EDX. Pola XRD menunjukkan bahwa TiO₂ yang digunakan dalam penelitian memiliki struktur anatase dan struktur kristalin yang berukuran nano. Hal ini dapat dilihat dari pola difraktogram XRD yang menunjukkan bahwa ukuran kristalin TiO₂ yang digunakan dalam penelitian ini berkisar antara 15-86 nm. Keberadaan TiO₂ pada permukaan genteng titania telah ditunjukkan oleh hasil karakterisasi SEM-EDX yang memperlihatkan morfologi dengan adanya butiran partikel-partikel TiO₂ dan juga komposisi unsur yang menunjukkan adanya senyawa TiO₂ pada permukaan genteng titania. Bukti ini juga diperkuat dengan hasil analisa FTIR genteng titania yang memperlihatkan adanya puncak serapan Ti-O pada bilangan gelombang 654 cm⁻¹, dan 2360 cm⁻¹ yang diasumsikan sebagai adanya vibrasi gugus fungsi bervibrasi ulur (*stretching vibration*).



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Potensi Aplikasi Nanopartikel TiO₂ sebagai Bahan Pelapis Genteng Tanah Liat yang Bersifat *Self Cleaning* dan *Thermal Reducing*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

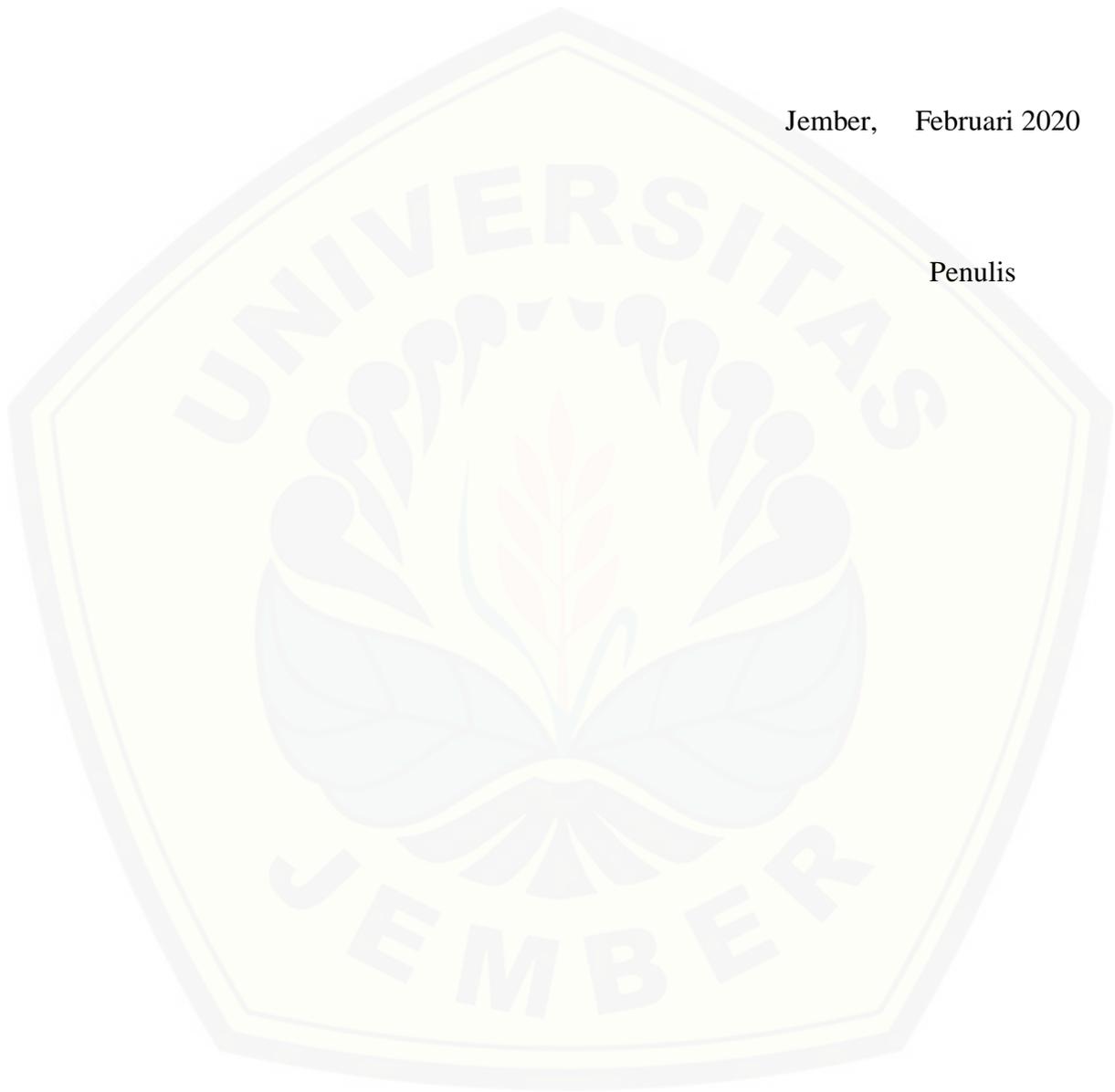
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Sujito, P.hD., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaigus Dosen Penguji II yang telah membimbing dan memberikan nasehat serta kritik dan saran untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini;
3. Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan nasehat serta kritik dan saran untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini;
4. keluarga besar yang telah memberikan dorongan semangat dan do'a demi terselesaikannya skripsi ini;
5. saudara seperjuangan angkatan 2015 : Aisyah Qusnul Khotimah, Ilma Eka Nur Rokhmawati, Nuril Laelatul Hayyinah, Ami Retno Larasati, Suci Aulia Rahmawati, Masruratur Rifqi, Jamilatul Wardah, Ismel Hosna, Prayunda Setya Prameswari, Dini Ayu Kusumawardhani yang telah berjuang bersama-sama selama masa penelitian dan perkuliahan;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan di bidang Fisika maupun bidang lainnya.

Jember, Februari 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Genteng Tanah Liat	6
2.2 Semikonduktor TiO₂	8
2.3 Reaksi Fotokatalisis TiO₂	11
2.4 Penggunaan TiO₂ sebagai Bahan Pelapis	13
2.5 Karakterisasi Nanopartikel TiO₂	15
2.5.1 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	15
2.5.2 <i>Fourier Transformed Infrared (FTIR)</i>	17
2.5.3 <i>Difraksi Sinar-X (XRD)</i>	18

BAB 3. METODE PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian	22
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran	22
3.3.1 Operasional Variabel.....	22
3.3.2 Skala Pengukuran.....	23
3.4 Kerangka Penyelesaian Masalah	23
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	23
3.4.2 Pelapisan TiO ₂ pada Genteng Tanah Liat.....	24
3.4.3 Karakteristik Hasil Pelapisan TiO ₂	24
3.5 Metode Analisis Data	25
3.5.1 Uji <i>Self Cleaning</i>	25
3.5.2 Uji <i>Thermal Reducing</i>	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil	27
4.1.1 Pelapisan Genteng Tanah Liat dengan TiO ₂	27
4.1.2 Uji Fungsional Genteng	29
4.1.3 Karakterisasi Material.....	33
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Pelapisan Genteng Tanah Liat dengan TiO ₂	38
4.2.2 Kemampuan <i>Self Cleaning</i>	38
4.2.3 Kemampuan <i>Thermal Reducing</i>	40
4.2.4 Karakteristik Kristalinitas TiO ₂	42
4.2.5 Karakteristik Gugus Fungsi	43
4.2.6 Karakteristik Morfologi dan Komposisi Unsur.....	45
BAB 5. PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Jenis material atap yang paling banyak digunakan di Indonesia	7
2.2 Kelebihan dan kekurangan genteng tanah liat	8
2.3 Karakteristik sifat dari struktur kristal TiO ₂ <i>anatase</i> dan TiO ₂ <i>rutile</i>	12
2.4 Pita serapan inframerah	17
4.1 Perbandingan TiO ₂ (penelitian) dengan TiO ₂ referensi	34
4.2 Hasil analisis FTIR	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Energi celah pita semikonduktor	9
2.2 Proses eksitasi elektron	9
2.3 Struktur kristal TiO ₂	10
2.4 Mekanisme fotokatalisis.....	12
2.5 Skema prinsip kerja SEM.....	16
3.1 Rancangan penelitian secara umum.....	21
3.2 Diagram <i>fishbone</i> kerangka penyelesaian masalah.....	23
3.3 Proses pelapisan TiO ₂ pada genteng tanah liat	24
3.4 Skema uji <i>self cleaning</i> pada genteng tanah liat dan genteng titania.....	26
3.5 Skema uji reduksi panas pada genteng tanah liat dan genteng titania	26
4.1 Urutan langkah pada proses pelapisan sampel genteng dengan TiO ₂	28
4.2 Genteng tanah liat dengan variasi jumlah pelapisan.....	28
4.3 Kondisi sampel genteng saat uji <i>self cleaning</i>	29
4.4 Foto permukaan sampel genteng saat pengujian sifat <i>self cleaning</i>	30
4.5 Kondisi pengujian sifat <i>thermal reducing</i> dari sampel genteng	31
4.6 Grafik temperatur genteng pada uji <i>thermal reducing</i> hari pertama.....	32
4.7 Grafik temperatur genteng pada uji <i>thermal reducing</i> hari kedua.....	32
4.8 Grafik temperatur genteng pada uji <i>thermal reducing</i> hari ketiga.....	33
4.9 Perbandingan XRD TiO ₂ (penelitian) dan TiO ₂ Anatase standar.....	34
4.10 Spektrum IR untuk genteng tanah liat murni	35
4.11 Spektrum IR untuk serbuk TiO ₂	35
4.12 Spektrum IR untuk genteng titania	35
4.13 Morfologi genteng tanah liat murni dengan menggunakan SEM.....	36
4.14 Spektrum EDX dan komposisi unsur pada genteng tanah liat murni	37
4.15 Morfologi genteng titania dengan menggunakan SEM	37
4.16 Spektrum EDX dan komposisi unsur pada genteng titania	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.1. Hasil analisis XRD dan Difaktogram TiO ₂	56
Lampiran 1.2. Difraktogram standar TiO ₂ JCPDS 21-1272	58
Lampiran 1.3. Perhitungan ukuran kristalin TiO ₂	58
Lampiran 1.4. Hasil spektra EDX pada genteng tanah liat murni	59
Lampiran 1.5. Hasil spektra EDX pada genteng titania.....	60
Lampiran 1.6. Hasil spektra FTIR pada TiO ₂ , genteng tanah liat murni dan genteng titania.....	61
Lampiran 1.7. Data hasil <i>thermal reducing</i>	61
Lampiran 2.1. Proses pencucian genteng tanah liat.....	62
Lampiran 2.2. Proses pengeringan genteng tanah liat utuh.....	62
Lampiran 2.3. Hasil pelapisan TiO ₂ pada genteng	62
Lampiran 2.4. Proses pelarutan dispersi TiO ₂ dengan aquades	62
Lampiran 2.5. Proses uji <i>self cleaning</i> genteng.....	62

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Atap merupakan salah satu bagian penting dari sebuah bangunan. Pertimbangan dalam memilih bahan material atap sebuah bangunan adalah kemampuannya dalam menyerap atau bahkan memantulkan panas dimana fungsi utama atap yaitu menaungi dan melindungi bagian di bawahnya dari hujan dan panas matahari. Pemilihan jenis atap yang kurang tepat dapat mengakibatkan suhu di dalam ruangan menjadi meningkat akibat panas tidak mampu ditahan atau diteruskan oleh bahan penutup atap tersebut. Hal ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan penghuni yang berada di dalamnya (Arismunandar, 1995; Prasetyo, 2017). Selain permasalahan panas yang ditimbulkan oleh atap, seringkali suatu material atap terkontaminasi karena letaknya di bagian luar sehingga mudah dijangkau oleh debu/kotoran. Debu/kotoran yang menempel akan mengurangi nilai guna dan nilai estetis bahkan dapat merusak permukaan material atap.

Ada berbagai pilihan yang dapat digunakan sebagai bahan material atap sebuah bangunan yaitu genteng tanah liat, genteng beton, genteng metal, genteng aspal, genteng polikarbonat, genteng sirap, dan asbes. Bangunan berbentuk rumah biasanya yang paling banyak digunakan sebagai atap adalah genteng tanah liat. Genteng tanah liat memiliki keunggulan karena tahan lama dan memiliki nilai estetis tersendiri yang tidak dimiliki oleh jenis atap yang lain.

Berbagai inovasi terus dikembangkan untuk memberikan nilai tambah pada genteng tanah liat, diantaranya adalah dengan memberikan cat pelapis genteng. Cat pelapis genteng diproduksi secara khusus untuk memberikan lapisan pelindung sehingga genteng menjadi tahan air hujan, sinar matahari, lumut dan jamur serta membuat genteng rumah tampak mengkilap dan berkilau indah. Meskipun demikian, harga cat genteng tersebut tidaklah murah sehingga sangat tidak ekonomis. Penelitian tentang cat sebagai pelapis genteng pernah dilakukan oleh Haryo *et al* (2012) dan Carneiro *et al* (2012) yang memadukan cat akrilik dengan material *self-cleaning* seperti TiO_2 sehingga dihasilkan genteng yang bersifat *self-cleaning*. Namun, TiO_2 yang dicampurkan dengan cat pelapis genteng dapat

menyebabkan aktivitas fotokatalitik dari TiO_2 menjadi kurang maksimal. Hal ini disebabkan karena permukaan TiO_2 akan tertutup oleh molekul cat pelapis genteng.

Selain itu, penelitian mengenai upaya untuk menurunkan panas yang ditimbulkan dari atap bangunan sudah cukup banyak dilakukan. Salah satunya dilakukan oleh Kaamin *et al* (2013) yang melakukan penelitian tentang pengaruh pemberian aliran air pada jenis atap *zinc*. Penelitian tersebut diperoleh hasil yaitu dengan memberi aliran air ternyata mampu menurunkan suhu ruangan berkisar 3°C sampai dengan 5°C . Namun terdapat kelemahan dari metode ini yakni membutuhkan energi yang lebih untuk menyirkulasi air sehingga menjadi sangat tidak ekonomis apabila digunakan secara terus-menerus. Usaha lain untuk meniasasi panas yang bersumber dari material atap ialah dengan pemberian aluminium foil (Sudarmadji, 2014). Panas matahari yang jatuh ke material atap akan terbagi menjadi dua yaitu ada yang dipantulkan dan ada pula yang diserap sehingga ruangan di bawahnya menjadi panas. Pemakaian aluminium foil yang memiliki daya pantul tinggi dan daya serap rendah akan menjadi penahan panas yang baik bagi atap. Meskipun demikian, harga aluminium foil yang mahal menyebabkan cara ini tidaklah ekonomis. Berdasarkan dari beberapa penelitian tersebut terlihat bahwa proses yang dilakukan tidaklah praktis dan masih cukup merepotkan ketika diaplikasikan. Oleh karena itu perlu adanya upaya lain untuk mengurangi panas yang diakibatkan sinar matahari dan menghilangkan kotoran/debu yang selalu menempel pada atap genteng yaitu dengan cara melapisi genteng dengan nanopartikel Titanium Dioksida (TiO_2).

Nanopartikel TiO_2 atau biasa disebut titania adalah material semikonduktor dengan lebar celah pita energi (*bandgap*) sekitar (3-3,2) eV. Material ini dapat menyerap cahaya UV dan cahaya lain dengan frekuensi di atasnya untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Titania merupakan material fotokatalis yang memiliki tiga fasa kristal, yaitu *anatase*, *brookite*, dan *rutile*. Diantara ketiga fasa kristal tersebut, TiO_2 fasa *anatase* memiliki aktivitas fotokatalis yang paling tinggi dan paling banyak digunakan.

Aplikasi fotokatalis titania dalam bidang lingkungan merupakan bidang riset yang banyak menarik para ilmuwan. Selain kemampuannya mendegradasi polutan

organik, baik yang berfase cair (Dhermendra *et al*, 2008; Siddique *et al*, 2011; Mahne *et al*, 2012; Sutisna *et al*, 2017) maupun fase gas (Ramirez *et al*, 2010; Chen *et al*, 2011; Folli *et al*, 2012), material ini juga dapat bersifat sebagai desinfektan yang dapat membunuh mikroorganisme seperti bakteri dan sejenisnya (La Russa *et al*, 2014). Sifat fisis yang paling dikenal dari nanopartikel TiO₂ adalah sifat superhidrofiliknya, dimana di bawah radiasi UV dia akan sangat mengikat air. Dengan begitu, material yang permukaannya dilapisi dengan TiO₂ akan mampu membersihkan sendiri kotoran yang menempel padanya, sifat ini sering disebut dengan kemampuan *self cleaning* (atau swabersih) (Chen *et al*, 2011; Folli *et al*, 2012; Zeng *et al*, 2015; Li *et al*, 2016). Berbagai sifat dari TiO₂ tersebut hanya muncul ketika nanopartikel TiO₂ diaktivasi dengan cahaya UV dan frekuensi di atasnya, yang juga terdapat pada spektrum matahari. Berdasarkan letak geografis Indonesia, maka material ini memiliki potensi yang sangat besar untuk diaplikasikan dalam skala besar/lapangan. Werle *et al* (2016) juga melaporkan bahwa suatu permukaan yang dilapisi dengan TiO₂ dapat meningkatkan kemampuan refleksi terhadap cahaya dan panas yang diradiasikan matahari atau bisa disebut dengan kemampuan *thermal reducing*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis melakukan penelitian tentang potensi aplikasi nanomaterial TiO₂ sebagai bahan pelapis pada genteng tanah liat. Genteng yang diproduksi dengan melapiskan nanopartikel TiO₂ atau selanjutnya disebut dengan genteng titania, diharapkan dapat memiliki fungsi tambahan diantaranya adalah bersifat *self cleaning* dan *thermal reducing*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi terobosan baru dalam industri pembuatan genteng. Cakupan dari penelitian ini meliputi: pelapisan nanopartikel TiO₂ pada model genteng tanah liat dengan metode *spray coating* serta pengujian sifat *self-cleaning* menggunakan zat pengotor warna metilen biru dan pengujian sifat *thermal reducing* pada genteng yang berlapisan TiO₂.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Bagaimanakah karakteristik morfologi permukaan dan komposisi unsur dari genteng titania?
2. Bagaimanakah karakteristik gugus fungsi dari genteng titania?
3. Bagaimanakah karakteristik kristal material TiO_2 (fase dan ukuran kristalin) yang digunakan dalam penelitian ini?
4. Apakah genteng titania memiliki kemampuan *self cleaning*?
5. Apakah genteng titania memiliki kemampuan *thermal reducing*?
6. Apakah genteng titania berpotensi untuk diaplikasikan sebagai genteng dengan sifat *self cleaning* dan *thermal reducing*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Genteng tanah liat murni adalah genteng tanah liat press yang diperoleh dari UD Mukti Jaya dengan ukuran sampel $29,5 \times 20 \text{ cm}^2$ dan ketebalan 1,3 cm.
2. TiO_2 yang digunakan dalam penelitian adalah TiO_2 komersil dengan jenis CAS-No : 13453-67-7.
3. Genteng titania (TiO_2) adalah genteng tanah liat yang berlapis Titanium Dioksida.
4. Genteng titania hanya diuji dengan kemampuan sifat *self cleaning* secara kualitatif dan sifat *thermal reducing* secara kuantitatif.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji potensi aplikasi dari nanomaterial TiO_2 sebagai material pelapis genteng tanah liat. Kajian meliputi sifat *self cleaning* dan *thermal reducing* dari genteng yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan wawasan tentang potensi dari aplikasi nanopartikel TiO_2 sebagai

bahan pelapis genteng tanah liat.

2. Memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama berkaitan dengan pengembangan rekayasa material untuk aplikasi lingkungan.
3. Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini dapat meningkatkan nilai ekonomis dari genteng tanah liat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Genteng Tanah Liat

Atap merupakan salah satu bagian rumah yang paling terlihat dari luar dan sangat menentukan penampilan suatu rumah. Atap bangunan memiliki peran yang sangat penting baik secara fungsional maupun secara estetis. Secara fungsional atap merupakan bagian paling besar perannya dalam memberikan perlindungan terhadap cuaca dan iklim karena merupakan bagian bangunan yang paling banyak terpapar oleh panas dan hujan (Soegijanto, 1998; Satwiko, 2005; Prianto, 2013). Sedangkan secara estetis, atap merupakan elemen yang sangat menentukan ciri atau karakter suatu bangunan misalnya bentuk rumah gadang dan joglo paling mudah dikenali dari bentuk atapnya (Ranti, 1997; Prianto, 2013).

Satwiko (2004) menyatakan ada 5 (lima) penyebab meningkatnya udara panas dalam ruangan :

1. Tingkat aktivitas penghuni di dalam ruangan. Semakin banyak kegiatan seseorang dalam ruangan maka makin cepat panas ruangan tersebut.
2. Penggunaan alat-alat elektronik dalam rumah tangga penyebab panas seperti setrika, kompor, televisi, lemari es, lampu.
3. Kalor udara (panas) dari luar yang masuk dalam ruangan.
4. Transfer panas dari selubung bangunan (dinding dan atap) yang terkena sinar matahari langsung.
5. Panas akibat pancaran sinar matahari langsung yang masuk dalam ruangan.

Uraian di atas menjelaskan bahwa apabila sumber panas tersebut terakumulasi maka udara dalam ruangan menjadi panas. Panas masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi pada material bangunan khususnya melalui atap meskipun terkadang melalui dinding. Hasil survei pada tahun 2008 terkait kecenderungan penggunaan bahan atap pada rumah di Indonesia yaitu genteng dan seng seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis material atap yang paling banyak digunakan di Indonesia

No	Jenis Atap	Jumlah
1	Beton	15
2	Genteng Tanah Liat	1517
3	Sirap	61
4	Seng	1491
5	Asbes	38
6	Ijuk/rumbia	714

(Sumber: Yayasan Cipta Sarana Mandiri, 2008)

Ada banyak material bahan yang dapat dipilih sebagai atap bangunan sebuah rumah. Produk baru selalu bermunculan untuk menggantikan material lama dengan material baru agar bisa memenuhi kriteria bangunan yang lebih unggul. Jenis material atap yang sering digunakan yaitu genteng tanah liat, genteng keramik, genteng beton, genteng sirap, asbes, seng, genteng metal, atap ijuk dan lain sebagainya. Namun material atap yang sering digunakan pada rumah di Indonesia seperti terlihat pada Tabel 2.1 yaitu genteng tanah liat.

Material tanah liat sudah dikenal jauh sebelum abad ke-19. Namun awal mula perkembangan genteng baru pesat di Indonesia pada tahun 1920-an. Genteng merupakan penutup atap yang biasa digunakan dan tanah liat termasuk salah satu bahan dalam membangun rumah. Genteng tanah liat merupakan salah satu dari jenis genteng rumah yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan jenis genteng lainnya.

Menurut Nathalia (2017), genteng tanah liat merupakan genteng yang dibuat dengan cara tradisional dimana genteng ini terbuat dari bahan tanah liat yang dicetak kemudian dibakar pada tungku tradisional. Proses pembuatan genteng secara tradisional inilah yang membuat genteng memiliki kualitas cukup baik dengan harga yang terjangkau. Berbagai ukuran genteng bisa dipilih dari ukuran kecil hingga ukuran besar sesuai dengan kebutuhan dalam mendirikan sebuah bangunan khususnya rumah. Seperti halnya semua genteng, genteng tanah liat juga memiliki kelebihan dan kekurangan yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan genteng tanah liat

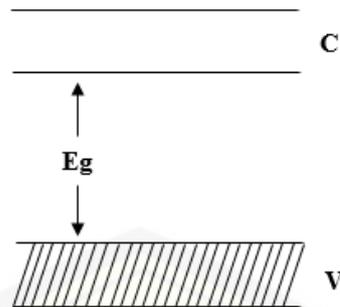
No	Kelebihan	Kekurangan
1	Harga terjangkau	Rawan terhadap kebocoran
2	Memiliki berat cukup ringan dan daya tahan yang lama	Warna cepat pudar apabila terkena panas dan hujan secara terus-menerus
3	Struktur tekan yang kuat	Mudah berlumut dan berjamur

(Sumber:Nathalia, 2017)

Berbagai ide-ide cemerlang terus dikembangkan untuk memberikan nilai tambah pada genteng tanah liat, diantaranya adalah dengan memberikan cat pelapis genteng. Cat genteng diproduksi khusus untuk memberikan lapisan pelindung pada genteng sehingga genteng menjadi tahan air hujan, sinar matahari, lumut dan jamur serta membuat genteng rumah tampak mengkilap dan indah. Beberapa penelitian aktual mengenai material penutup atap yang dilapisi pun terbukti cukup mampu melindungi atap dari sinar ultraviolet dan menurunkan panas dari sinar inframerah, dimana penghematan energinya berkisar 20%-50% (Poonia *et al*, 2011). Prasetiyo (2017) melakukan penelitian terkait pengaruh pemberian lapisan cat pada bahan penutup atap seng dan genteng yang menghasilkan suhu/temperatur permukaan atap yang diberi lapisan cat lebih rendah dibandingkan dengan permukaan atap tanpa lapisan cat. Perbedaan suhu rata-rata berkisar 5°C sampai dengan 10 °C pada permukaan bagian luar atap dan 5°C sampai dengan 7°C pada bagian dalam ruangan. Meskipun demikian, harga cat genteng tersebut tidaklah murah sehingga sangat tidak ekonomis.

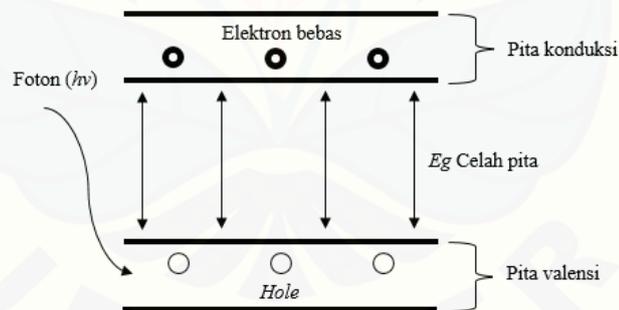
2.2 Semikonduktor TiO₂

Semikonduktor adalah suatu material dengan daya hambat listrik antara isolator dengan konduktor yang biasanya dicirikan oleh struktur pita energi. Semikonduktor memiliki celah pita antara 0,5-5,0 eV. Pita yang mempunyai energi tertinggi disebut pita konduksi dan pita energi terendah yang terisi elektron disebut pita valensi yang keduanya dipisahkan oleh celah pita energi (Kaneko, 2002). Celah pita energi semikonduktor diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Celah pita energi semikonduktor (Kaneko, 2002)

Suatu elektron dalam melakukan proses eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi memerlukan energi minimum yang sering disebut energi celah pita. Apabila celah pita semakin lebar maka energi yang diperlukan semakin besar. Semikonduktor yang memiliki celah pita cukup lebar tidak akan mampu mengalami eksitasi. Namun dengan adanya energi yang berasal dari luar seperti foton akan membuat elektron mampu tereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Proses eksitasi tersebut akan menghasilkan *hole* (h^+) pada pita valensi dan elektron (e^-) pada pita konduksi (Ningsih, 2012). Proses eksitasi elektron diilustrasikan pada Gambar 2.2.

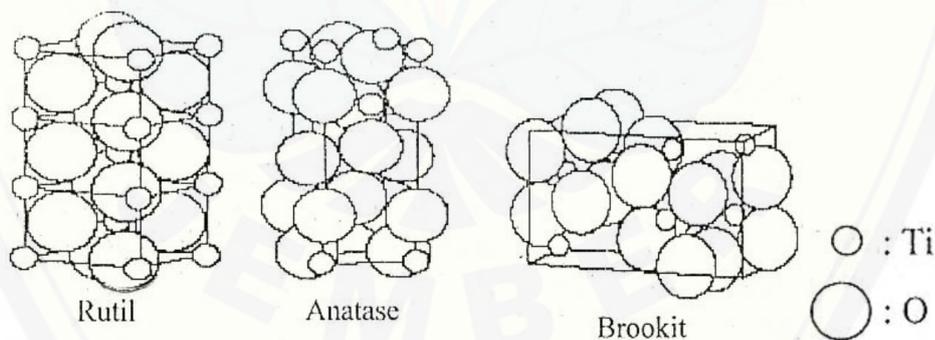


Gambar 2.2 Proses eksitasi elektron (Ningsih, 2012)

Berbagai kajian mengenai TiO_2 telah menarik minat banyak pihak baik pada kajian sintesis, karakteristik struktur maupun aplikasinya. Fotokatalisis dengan TiO_2 juga salah satu metode yang sangat efisien untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik dalam fase cair maupun gas. Selain itu, TiO_2 banyak digunakan dalam aplikasi komersial seperti pemurnian air, unit pembersih udara, pelapis antimikroba, pelapis logam antikorosi, pelapis anti UV dan pelapis kaca *self-cleaning*.

Titanium dioksida adalah salah satu material semikonduktor oksida dari titanium (IV) oksida yang dikenal juga dengan nama titania dengan rumus molekul TiO_2 . TiO_2 memiliki berat molekul 79,90 g/mol dan densitas 4,26 g/cm³. Titania memiliki keunggulan yaitu dapat digunakan pada level tinggi fotokonduktivitas, tingkat toksisitasnya rendah, inert dan harganya murah dengan aktivitas dan efisiensi fotokatalis tinggi (Chen, 2007). TiO_2 mempunyai energi celah pita yang nilainya lebih kecil dari energi sinar UV matahari sehingga TiO_2 mampu diaplikasikan di bawah sinar ultra violet (UV) dari cahaya matahari untuk proses fotokatalisis (Saravanan, 2009). Energi celah pita dari TiO_2 (*anatase* : 3,2 eV, *rutile* : 3,03 eV) adalah lebih kecil dibandingkan dengan semikonduktor lain seperti ZnO (3,35 eV) dan SnO₂ (3,6 eV) (Schiavello, 1997).

Tiga jenis bentuk kristal yaitu *rutile*, *anatase* dan *brookite* dari TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 2.3. Diantara ketiganya yang paling umum digunakan adalah titania yang berada pada fase *rutile* dan *anatase* dimana keduanya berstruktur tetragonal. Namun apabila dilihat dari tingkat kestabilan, fase anatase lebih stabil daripada fase *rutile*. Fasa *anatase* mulai muncul pada rentang suhu 120–500°C dan cenderung bertransformasi menjadi rutil pada suhu 700°C (Afrozi, 2010).



Gambar 2.3 Struktur kristal TiO_2 (Ardhiarisca, 2013)

Senyawa TiO_2 dalam fase *anatase* merupakan semikonduktor yang paling sering digunakan dalam proses fotokatalisis karena ekonomis, memiliki *band gap energy* cukup lebar yaitu 3,2 eV, memiliki stabilitas kimia dalam jangka waktu panjang, ramah lingkungan dan aktivitas fotokatalis yang tinggi. Kelebihan TiO_2 dibandingkan dengan material semikonduktor lain ialah tidak bersifat toksik (Choi

et al, 2009), ketersediaannya cukup melimpah (Smith *et al*, 2010) dan dapat digunakan berulang kali tanpa kehilangan aktivitas fotokatalitiknya (Fatimah, 2009). Selain itu, fotokatalis terbilang mampu memanfaatkan cahaya matahari untuk mengubah senyawa-senyawa yang bersifat toksik menjadi senyawa yang tidak berbahaya (Tian, 2009).

Material TiO₂ dewasa ini telah banyak dipelajari dalam bidang material sains. TiO₂ telah menarik perhatian karena aplikasinya yang luas di berbagai bidang seperti dapat menurunkan berbagai polusi lingkungan dari bahan organik dan anorganik, sel surya (Hariyadi, 2010), memiliki aktivitas fotokatalisis yang tinggi (Smith *et al*, 2010; Chen *et al*, 2012; Pang *et al*, 2012; Habib *et al*, 2013), memiliki permukaan yang cukup luas (Chen *et al*, 2012; Pang *et al*, 2012) dan ramah lingkungan (Hsu *et al*, 2010) serta pigmentasi cat (Gratzel, 2003).

2.3 Reaksi Fotokatalisis TiO₂

Fotokatalisis merupakan proses kombinasi antara proses fotokimia dan katalisis yaitu suatu proses secara kimiawi dengan menggunakan energi foton dari cahaya matahari sebagai pemicu dan material katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut (Bere, 2013). Apabila pencahayaan sinar UV maupun sinar matahari mengenai material semikonduktor oksida seperti TiO₂ akan teraktivasi dan memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Teknik fotokatalisis yang efektif adalah penggunaan semikonduktor yang berukuran nano, dimana material tersebut memiliki keistimewaan karena luas permukaan yang lebih tinggi sehingga memberikan laju reaksi permukaan yang lebih tinggi selama degradasi bahan organik berlangsung.

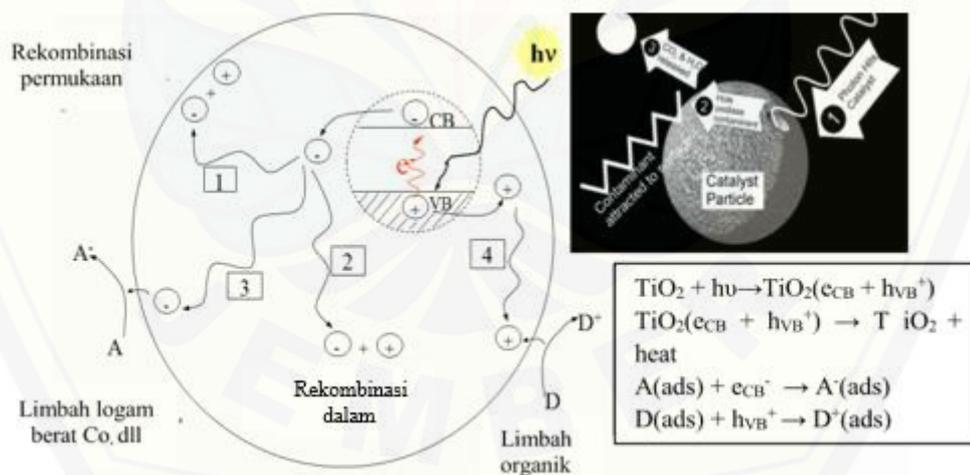
Proses fotokatalisis fasa *rutile* maupun anatase sama-sama dapat digunakan, sedangkan *brookite* jarang sekali digunakan. Namun dalam pengaplikasiannya, anatase memiliki potensi paling besar untuk digunakan sebagai fotokatalis karena memiliki struktur kisi sesuai dengan aktivitas fotokatalisis yang tinggi. Struktur *anatase* lebih stabil pada suhu rendah dan struktur *rutile* pada suhu tinggi. Perbedaan struktur kristal TiO₂ anatase, *rutile* dan *brookite* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik sifat dari struktur kristal anatase, *rutile* dan *brookite*

Faktor Perbedaan	Anatase	Rutile	Brookite
Band gap energy (Eg), Ev	3,2	3,0	3,3
Massa jenis (ρ), g/cm ³	3,79	4,13	3,99
Jarak Ti-Ti, Å	3,97 dan 3,04	3,57 dan 2,96	3,52 dan 2,76
Jarak Ti-O, Å	1,934 dan 1,980	1,949 dan 1,980	1,95 dan 1,980
Parameter kisi Å	a = 3,784 b = 3,784 c = 9,515	a = 4,593 b = 4,593 c = 2,959	a = 9,184 b = 5,447 c = 5,145

(Sumber : Sellapan, 2013)

Tahap mekanisme fotokatalisis ditunjukkan pada Gambar 2.4. Proses fotokatalisis diawali dengan terbentuknya pasangan elektron-hole dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron-hole* ini akan berdifusi ke permukaan partikel semikonduktor dan menyebabkan proses reduksi-oksidasi polutan yang terdapat di dalam medium. Gambar 2.4 menjelaskan pada nomor (1) dan (2) merupakan proses rekombinasi *electron-hole* pada permukaan, nomor (3) reduksi akseptor elektron dan nomor (4) oksidasi donor elektron.



Gambar 2.4 Mekanisme fotokatalisis (Banarjee *et al*, 2006).

Energi yang ditimbulkan dari absorpsi foton akan mengakibatkan proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga menyebabkan transfer elektron ke molekul oksigen yang akan membentuk ion radikal superoksida (*O₂) dan transfer elektron dari molekul air ke *hole* pita valensi akan membentuk radikal hidroksil (*OH). Radikal hidroksil merupakan spesi yang sangat reaktif menyerang

molekul-molekul organik dan mendegradasinya menjadi CO₂ dan H₂O (Arutanti, 2009). Pada material konduktif seperti logam maka pembawa muatan yang dihasilkan akan berekombinasi. Sedangkan untuk material semikonduktor, sebagian dari pasangan elektron-hole yang tereksitasi akan berdifusi dan terjebak di permukaan partikel katalis kemudian akan mengalami reaksi kimia dengan donor absorber (D) atau molekul akseptor (A).

2.4 Penggunaan TiO₂ sebagai Bahan Pelapis

Perkembangan bahan fotokatalis TiO₂ telah banyak mengalami kemajuan yang cukup signifikan dikarenakan bahan tersebut sangat efektif, efisien dan praktis untuk berbagai aplikasi terutama dalam penanganan limbah organik maupun limbah anorganik. Penanganan limbah organik seperti zat warna yang berasal dari limbah industri tekstil atau batik seperti *methylene blue* dan *methylene orange* dengan menggunakan bahan nanofotokatalis banyak dilakukan dan mampu memberikan hasil yang optimal dan memuaskan (Niu *et al*, 2014, Wardiyati *et al*, 2016).

Menurut Siregar *et al* (2011), selain memiliki sifat fotokatalis, TiO₂ juga mempunyai sifat hidrofilik (suka air) dan hidrofobik (anti air) sesuai dengan struktur atau morfologinya. Sifat hidrofilik dan hidrofobik dari material yang dilapisi oleh TiO₂ ini mulai ditemukan pada tahun 1990-an dan berbagai jenis material fungsional mulai dikembangkan secara bertahap dan berkelanjutan. Kedua sifat tersebut ditandai dengan terjadinya sudut kontak pada permukaan material. Permukaan yang bersifat hidrofilik memiliki sudut kontak di bawah 90°, sedangkan permukaan yang bersifat hidrofobik mempunyai ukuran sudut kontak di atas 90° dimana apabila keduanya diterapkan pada material bahan akan memiliki sifat *self cleaning*.

Self cleaning adalah kemampuan suatu permukaan material yang dapat membersihkan dirinya sendiri. Material bahan yang diberi lapisan TiO₂ akan terlihat selalu bersih dengan sendirinya. Hal ini dikarenakan sifat *self cleaning* pada material tersebut bekerja secara optimal. Mekanisme *self cleaning* dari permukaan material yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik didasarkan pada kemampuannya dalam membersihkan diri dari kotoran dan debu yang menempel. Teknologi *self*

cleaning telah banyak digunakan sebagai bahan pelapis permukaan untuk berbagai fungsi seperti kaca, logam, bangunan, tekstil, keramik, dan lain sebagainya. Teknologi ini telah terbukti ampuh dalam mempermudah perawatan sehingga sangat ekonomis (Banarjee, 2015).

Pengembangan material *self cleaning* dalam dunia tekstil ditandai dengan adanya pakaian/baju steril (anti-kotor) yang pernah dilakukan oleh Moafi (2011). Pakaian/baju steril menggunakan kain yang dilapisi dengan nano-TiO₂ untuk menghasilkan material bahan yang memiliki sifat *self cleaning*. Selain itu, Yu *et al* (2008) telah melakukan pelapisan nanopartikel TiO₂ pada pakaian, dengan menggunakan *polivinilpirolidon* (PVP) sebagai pengikat partikel TiO₂ pada kain. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi kadar TiO₂ pada kain maka semakin besar absorpsi sinar UV pada kain tersebut. Komalasari (2013) juga telah melakukan sintesis nanopartikel TiO₂ pada bahan kapas sebagai aplikasi untuk tekstil anti-UV. Penelitian ini memberikan hasil dari sintesis dan karakterisasi TiO₂ pada bahan kapas mampu digunakan sebagai bahan anti-UV.

Material *self cleaning* di bidang industri kini mulai dikembangkan dalam produk cat (Adiati, 2014). Tak bisa dipungkiri faktor cuaca dan faktor debu sangat dominan untuk kondisi seperti di Indonesia. Permukaan pada lapisan cat yang mengering akan menjadi kotor dan kusam dengan mudah karena debu/kotoran yang menempel sehingga sangat diperlukan cat yang memiliki kemampuan anti kotor untuk melindungi atap atau dinding dari debu/kotoran dalam mengatasi kendala tersebut. Menurut Haryo *et al* (2012), proses pengeringan yang cepat dari suatu cat menyebabkan permukaan material lebih rentan terhadap kotoran dan debu yang dibawa oleh udara bebas. Pembersihan cat yang menggunakan alat seperti sikat dikhawatirkan akan merusak permukaan dinding cat sehingga sangat dibutuhkan metode lain yang lebih aman untuk proses tersebut. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah mencampur dengan material *self cleaning* seperti TiO₂. Atap atau dinding dengan lapisan cat *self cleaning* membuat kotoran tidak akan menempel di permukaan atap atau dinding. Hasil penelitian Carneiro *et al* (2012) tentang *self cleaning* pada permukaan cat akrilik yang diuji dengan zat pengotor. Pencucian dengan air mengalir secara berkelanjutan dapat menurunkan retensi kotoran.

Kemampuan *self cleaning* TiO₂ dipadukan dengan kemampuan hidrofobik dari SiO₂ menyebabkan pengotor tidak dapat merusak kualitas dari permukaan cat.

Penelitian lain mengenai TiO₂ yang memiliki sifat hidrofobik dan hidrofilik yang dimanfaatkan untuk melapisi kaca sehingga kaca akan bersifat anti *fogging* dan *self cleaning*. Pravita (2013) melapiskan semikonduktor TiO₂ pada substrat kaca yang dilakukan menggunakan metode *dip coating* dengan memanfaatkan larutan TiCl₄ dan pelarut etanol. Hasil menunjukkan bahwa variasi pencelupan dan suhu mempengaruhi potensi substrat kaca untuk sifat *self cleaning* dan anti *fogging*. Selain digunakan pada kaca, material ini dapat juga diaplikasikan sebagai atap transparan anti UV dan *self cleaning*. Apabila energi foton lebih besar dari *energy gap* material tersebut maka terjadi absorpsi dan apabila lebih kecil dari *energy gap* maka akan ditransmisikan. Siregar *et al* (2011) juga melakukan preparasi dan karakterisasi lapisan tipis TiO₂ pada permukaan logam menggunakan metode sol-gel dan didapatkan hasil bahwa semakin tinggi suhu pemanasan semakin merata partikel TiO₂ serta dilihat dari hasil uji korosi terlihat bahwa logam yang tidak dilapisi laju korosinya lebih cepat dibandingkan dengan logam yang dilapisi TiO₂.

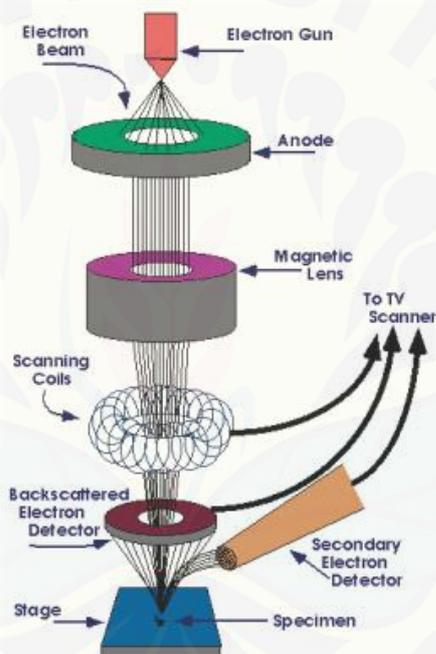
2.5 Karakterisasi Nanopartikel TiO₂

Riset nanomaterial, khususnya bidang eksperimen tidak bisa lepas dari kegiatan karakterisasi. Karakterisasi memberikan informasi tentang sifat-sifat fisis maupun kimiawi nanomaterial tersebut. Berikut adalah beberapa karakterisasi nanomaterial yang sering digunakan yaitu :

2.5.1 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) pada dasarnya adalah salah satu jenis mikroskop yang digunakan untuk melihat struktur mikro atau morfologi dan untuk mengetahui kandungan unsur bahan dengan menggunakan berkas elektron sebagai “sinar”. Sebagai alat untuk mengamati benda, prinsipnya dengan memanfaatkan sinar-X karakteristik yang dihasilkan sampel atau objek yang terkena oleh tumbukan elektron. Informasi kandungan unsur dapat diperoleh melalui energi atau panjang gelombang sinar-X yang dipancarkan.

Menurut Gustaman (2016), cara kerja sebuah SEM adalah elektron yang dihasilkan *electron gun* dipercepat oleh tegangan tinggi antara anode dan katode yang kemudian menumbuk sampel. Elektron difokuskan menggunakan lensa magnetik dan dipindai (*scanned*) menggunakan koil pemindai (*scanning coils*). Elektron yang menumbuk sampel akan menghasilkan elektron sekunder (*secondary electron/ SE*). SE ini ditangkap oleh detektor SE dan diteruskan ke layar CRT atau TV. Elektron yang menumbuk sampel menghasilkan elektron BSE (*Back Scattered Electron*) yang selanjutnya ditangkap dengan detektor BSE dan diteruskan ke CRT atau TV. Skema Prinsip kerja SEM ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Skema prinsip kerja SEM (Gustaman, 2016)

Dalam aplikasinya saat ini SEM dipadu dengan EDX (*Energy Dispersive X-Rays*) yaitu suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi unsur-unsur yang terkandung pada sampel yang diuji dan memberikan gambaran kemurnian suatu sampel. Pada prinsipnya EDX mendeteksi unsur dalam sampel melalui densitas atau berat molekulnya. Setiap atom memiliki densitas yang berbeda yang akan dikarakterisasi EDX yang akan memberikan informasi jenis atom tersebut. Densitas yang lebih besar akan memantulkan lebih banyak elektron sehingga tampak lebih cerah dari atom berdensitas rendah.

2.5.2 Fourier Transformed Infrared (FTIR)

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat instrumentasi yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi dan mengidentifikasi senyawa. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari bilangan gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10 cm^{-1} . Berdasarkan bilangan gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), IR sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) dan IR jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$). Analisis suatu senyawa biasanya dilakukan pada daerah IR sedang sebab berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus fungsi dalam molekul tersebut (Schechter, 1997).

Identifikasi pita serapan khas yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar analisa spektrum inframerah. Puncak serapan yang terdapat dalam sebuah spektrum inframerah menunjukkan bahwa gugus fungsi tertentu terdapat dalam suatu senyawa. Demikian pula, tidak adanya puncak dalam sebuah spektrum inframerah berarti bahwa gugus fungsi yang menyerap pada daerah itu tidak ada. Pita serapan inframerah sangat perlu diketahui guna mengidentifikasi gugus fungsi dan senyawa seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Pita serapan inframerah

No	Senyawa	Pita Serapan (cm^{-1})	Intensitas	Keterangan
1	Alkana	2850-3000	Kuat	C-H ulur
		1450-1470	Kuat	C-H tekuk
2	Alkena	3020-3140	Lemah	=C-H ulur
		1640-1670	Lemah	C=C ulur
3	Alkohol	3300-3400	Kuat	O-H ulur
		1035-1205	Medium	C-O ulur
4	Eter	1010-1075 dan	Medium	=C-O-C simetris
		1200-1275	Kuat	dan asimetris ulur
5	Aromatik	1450-1600	Medium	C=C ulur

Sumber : www.unm.edu

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan material bahan. Awalnya *Infrared* melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa

infrared diserap oleh sampel dan lainnya akan ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang muncul kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Thermo, 2001).

2.5.3 Difraksi Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar X (*X-ray Diffractometer*) terjadi saat sinar-X yang jatuh mengenai kristal bahan tertentu dihamburkan oleh kristal tersebut. Sinar-X yang dihamburkan oleh kristal ada yang saling menguatkan sehingga menghasilkan puncak dan ada yang saling melemahkan sehingga tidak menghasilkan puncak. Pola-pola yang terbentuk karena penghamburan tersebut biasanya dinamakan dengan pola difraksi (Gustaman, 2016).

Karakteristik XRD digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non kristalit dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Metode difraksi sinar X memberikan informasi mengenai orientasi bidang dari suatu kristal dalam material dan distribusi ukuran partikel yang dianalisis berdasarkan bentuk pola puncak spektra yang dimiliki oleh material tersebut (Arryanto dan Hermawan, 2009). Prinsip dari XRD adalah difraksi gelombang sinar X yang mengalami penghamburan setelah bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur kristal yang dapat menentukan parameter kisi, ukuran kristal dan identifikasi fasa kristalin (Khaidir, 2011).

Hukum Bragg menyatakan bahwa jika berkas sinar X ditembakkan pada permukaan kristal pada sudut θ , maka beberapa akan dipantulkan dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya sedangkan sisanya diteruskan.

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.1)$$

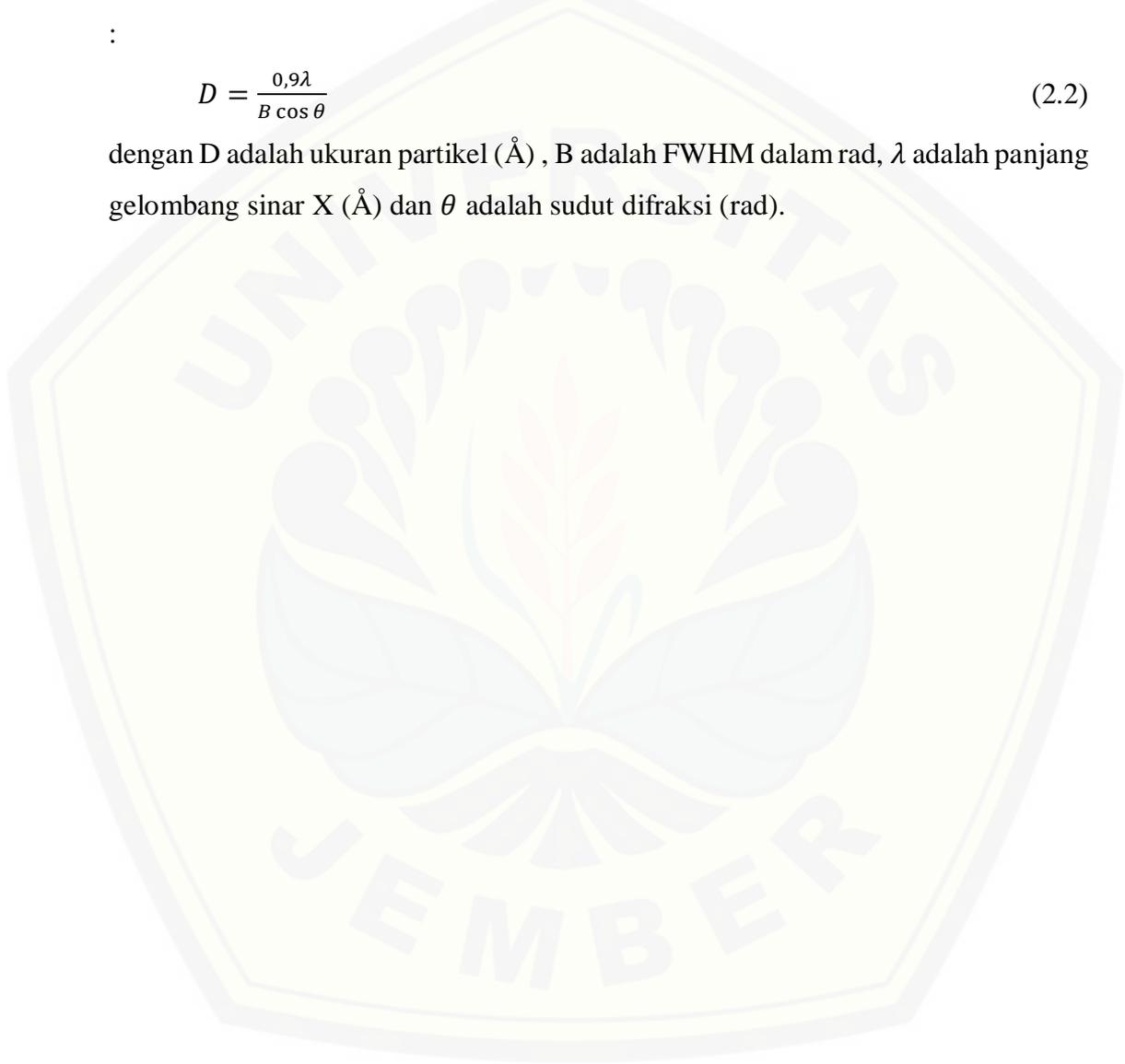
dengan λ : panjang gelombang sinar X, n : bilangan yang mewakili orde puncak difraksi, d : jarak antar bidang dan θ : sudut difraksi.

Berdasarkan persamaan Bragg tersebut, apabila berkas sinar X dijatuhkan pada kristal, maka bidang kristal itu akan menghamburkan sinar X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi kristal tersebut. Detektor akan menangkap sinar X yang dihamburkan dan menerjemahkannya sebagai puncak difraksi sehingga setiap material akan memberikan pola difraksi yang berbeda.

Difraksi sinar-X juga dapat digunakan untuk menghitung ukuran kristalit (*crystallite size*) dengan menggunakan persamaan *Debye Scherrer*. Hasil analisis XRD akan diperoleh nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) sehingga dapat diketahui ukuran kristalit dengan menggunakan persamaan *Debye Scherrer*. Menurut Ravikumar *et al* (2015), Persamaan *Debye Scherrer* ditulis sebagai berikut :

$$D = \frac{0,9\lambda}{B \cos \theta} \quad (2.2)$$

dengan D adalah ukuran partikel (Å) , B adalah FWHM dalam rad, λ adalah panjang gelombang sinar X (Å) dan θ adalah sudut difraksi (rad).

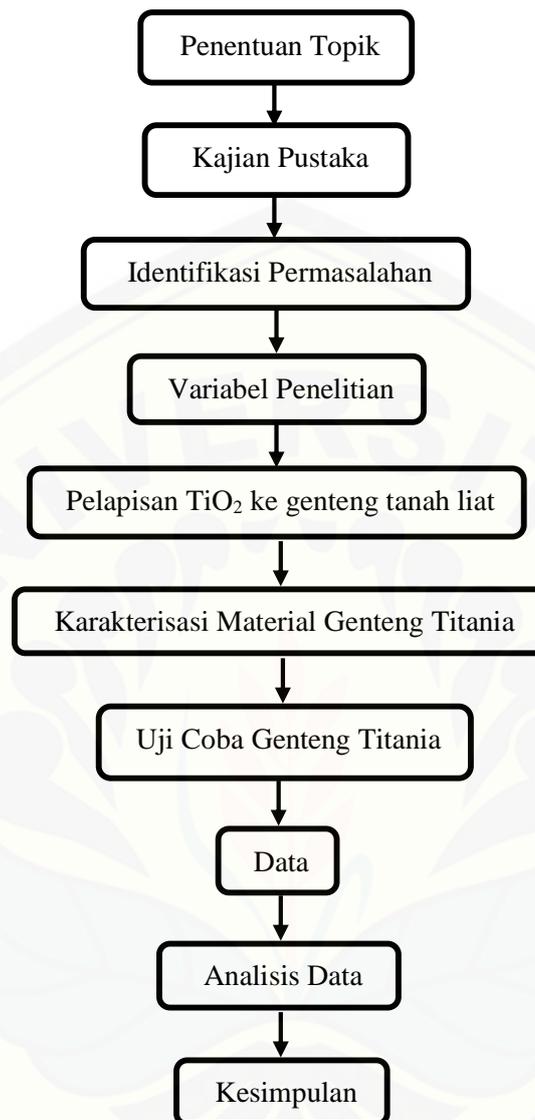


BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian. Pada bagian ini terdapat rancangan penelitian, jenis dan sumber data penelitian, definisi variabel operasional dan skala pengukuran, kerangka penyelesaian masalah serta metode analisis data.

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian diawali dengan penentuan topik yang akan diambil, kemudian berlanjut studi pustaka dari berbagai sumber yang merupakan langkah observasi untuk penelitian yang dilaksanakan. Bersumber dari hasil observasi diperoleh identifikasi permasalahan yaitu banyaknya pengguna atap yang memilih melapisi permukaan genteng dengan cat pelapis agar genteng dapat menyerap atau bahkan memantulkan panas yang berakibat suhu di dalam ruangan terjadi pengurangan sehingga dapat memberikan kenyamanan penghuni di dalamnya. Namun dapat diketahui bahwa cat pelapis genteng tidaklah ekonomis sebab harganya terbilang cukup mahal. Oleh karena itu, perlu adanya inovasi baru genteng tanah liat agar bisa memberikan perlindungan dan kenyamanan penghuni yang berada di dalamnya yaitu dengan melapisi permukaan genteng dengan semikonduktor TiO_2 . Penentuan variabel penelitian dilakukan setelah mengidentifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan dilakukannya penelitian yang terdiri dari beberapa tahap yaitu pelapisan semikonduktor TiO_2 ke permukaan genteng tanah liat serta dilakukan karakterisasi dan uji kemampuan material bahan. Data yang diperoleh dari kegiatan penelitian, selanjutnya dianalisis sehingga memberikan informasi penting yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Berdasarkan analisis data yang diperoleh kemudian ditarik kesimpulan akhir penelitian. Rancangan dalam penelitian ini secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Rancangan penelitian secara umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari aplikasi nanopartikel TiO₂ sebagai bahan pelapis genteng tanah liat yang dilakukan di tiga tempat berbeda. Proses pelapisan TiO₂ pada genteng tanah liat dilakukan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Universitas Jember. Sementara untuk beberapa karakteristik seperti karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Jember dan karakteristik XRD serta SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik dan LPPM Institut Teknologi Sepuluh Noverber. Pelaksanaan kegiatan penelitian dimulai dari bulan Juli sampai Oktober 2019.

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental yaitu pelapisan, uji coba material genteng dan karakterisasi pada permukaan sampel genteng. Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian yaitu jenis data kualitatif dan kuantitatif serta sumber data primer karena data tersebut termasuk jenis yang dapat diukur dan dihitung secara langsung oleh peneliti dari sumber objek penelitian, kemudian dapat dinyatakan dalam bentuk angka-angka. Data-data yang diperoleh dari penelitian yaitu temperatur/suhu, waktu penyinaran, data hasil karakterisasi XRD, FTIR dan SEM-EDX (data pendukung).

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

3.3.1 Operasional Variabel

Variabel merupakan faktor-faktor yang berpengaruh dalam penelitian dan nilainya dapat berubah atau diubah. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap bahan yang diteliti. Variabel bebas dalam penelitian dalam mengamati sifat *self cleaning* adalah jumlah pelapisan TiO₂, sedangkan untuk mengamati sifat *thermal reducing* adalah waktu penyinaran.

b. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang akan diamati dan diukur dalam penelitian untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari perlakuan yang diberikan oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian untuk mengamati sifat *self cleaning* adalah degradasi zat warna metilen biru, sementara untuk mengamati sifat *thermal reducing* adalah temperatur genteng.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor

luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian untuk mengamati sifat *self cleaning* adalah temperatur dan intensitas cahaya UV, sementara dalam penelitian untuk mengamati sifat *thermal reducing* adalah jumlah pelapisan TiO₂.

3.3.2 Skala Pengukuran

Skala Pengukuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu skala pengukuran rasio. Skala pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan data yang diperoleh. Penelitian ini akan membandingkan antara genteng tanah liat biasa dengan genteng tanah liat yang dilapisi nanopartikel TiO₂ terhadap uji *self cleaning* dan uji *thermal reducing*.

3.4 Kerangka Penyelesaian Masalah

Kerangka penyelesaian masalah pada penelitian ini dijelaskan dalam beberapa tahapan kegiatan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian disajikan dalam diagram *fishbone* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram *Fishbone* kerangka penyelesaian masalah

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *beaker glass*, *magnetic stirrer*, tabung *spray gun*, *power supply* 6 A, kompresor angin, neraca analitik, gelas ukur, pengaduk, oven, termometer laser, stopwatch, UV-Vis Box, lampu UV,

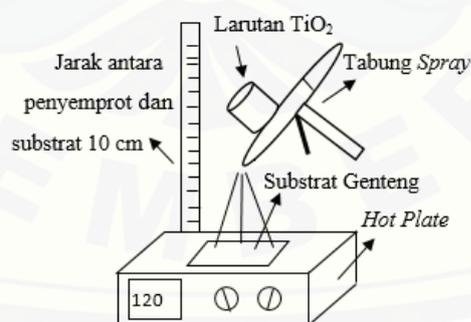
serta seperangkat FTIR merk Luminar 3070, XRD dan SEM-EDS merk Carl Zeiss Evo MA 10.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah genteng tanah liat, TiO_2 , air suling, kertas label, $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$ (metilen biru).

3.4.2 Pelapisan TiO_2 pada Genteng Tanah Liat

Proses pelapisan nanopartikel TiO_2 di atas substrat genteng tanah liat menggunakan metode *spray coating* mengikuti langkah yang dilakukan oleh Sistesya (2013) dengan sedikit modifikasi. Sebelum proses pelapisan, larutan TiO_2 dibuat dengan melarutkan 3 gram TiO_2 dan 100 ml air suling yang diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam dengan kecepatan 400 rpm. Selanjutnya, substrat genteng tanah liat dibersihkan dan dicuci terlebih dahulu dengan air suling selama 8 menit kemudian dikeringkan.

Substrat genteng tanah liat yang telah kering dipanaskan dengan suhu 150°C selama 15 menit, kemudian dengan suhu yang sama disemprot dengan larutan TiO_2 secara merata di atas permukaan genteng. Setelah proses pelapisan, lapisan dipanaskan kembali pada suhu 150°C selama 15 menit untuk jumlah pelapisan yang berbeda dan akhirnya lapisan didiamkan dalam suhu kamar. Proses pelapisan TiO_2 pada genteng tanah liat secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses pelapisan TiO_2 pada genteng tanah liat

3.4.3 Karakteristik Hasil Pelapisan TiO_2

Sampel TiO_2 , sampel genteng tanah liat murni dan sampel genteng titania dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDX dan FTIR. Karakterisasi XRD

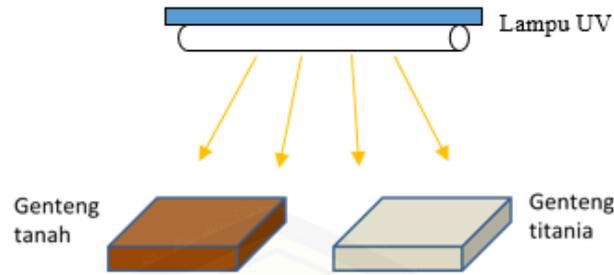
dilakukan untuk menentukan struktur dan ukuran kristalin dengan menggunakan sinar X. SEM-EDX memberikan informasi pendukung mengenai morfologi permukaan dan komposisi unsur pada sampel genteng. Karakterisasi FTIR akan memberikan informasi tentang gugus fungsional dari material bahan dan spektrum transmitansi dari sampel serbuk TiO₂, genteng tanah liat dan genteng titania.

3.5 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif dan kualitatif. Upaya mempermudah dalam melakukan analisis data kuantitatif yang diperoleh, dibuatlah grafik dengan bantuan software microsoft excel. Data-data tersebut selanjutnya dianalisis untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik dari bahan yang diteliti.

3.5.1 Uji *Self Cleaning*

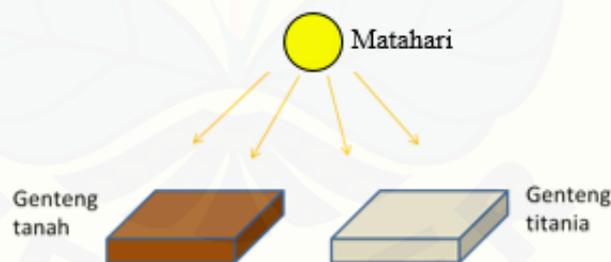
Data hasil uji *self cleaning* berupa data waktu penyinaran dan degradasi zat warna pada bahan sehingga didapatkan informasi tentang berapa lama penyinaran yang diperlukan agar bisa mendegradasi sejumlah zat warna. Mula-mula sampel genteng dipanaskan pada suhu 150°C selama 10 menit, kemudian dibuat larutan metilen biru dengan komposisi metilen biru 0,15 gram dan air suling 100 ml. Selanjutnya genteng hasil pelapisan *dispray* dengan zat warna metilen biru selama 5 detik dan dilakukan uji *self cleaning* terhadap pengotor zat warna metilen biru dengan disinari menggunakan cahaya lampu UV selama 6 jam. Setiap 30 menit dilakukan pengukuran serapan UV-Vis dari zat warna metilen biru sebagai indikator degradasi warna. Hasilnya dibandingkan antara genteng tanah liat murni dengan genteng tanah liat berlapisan TiO₂ (dengan variasi jumlah pelapisan TiO₂) dalam mendegradasi zat warna tersebut. Percobaan ini akan didapatkan genteng titania dengan jumlah lapisan TiO₂ berapa yang akan mendegradasi zat warna secara optimal. Percobaan ini menggunakan intensitas lampu UV-Vis yang konstan. Skema uji *self cleaning* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema uji *self cleaning* genteng tanah liat dan genteng titania

3.5.2 Uji *Thermal Reducing*

Data hasil uji *thermal reducing* berupa data temperatur permukaan atas dan permukaan bawah sehingga dapat diketahui kemampuannya dalam menahan panas yang dipancarkan oleh matahari. Mula-mula genteng tanah liat murni dan genteng titania dipanaskan di bawah terik matahari selama 1 jam dengan pengulangan di hari yang berbeda, selanjutnya diukur temperatur permukaan atas dan permukaan bawah permukaan genteng untuk setiap pengamatan dengan interval waktu 2 menit. Data temperatur dari kedua bahan dibandingkan sehingga dapat diketahui potensi genteng titania dalam menahan panas. Skema uji *thermal reducing* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skema uji *thermal reducing* genteng tanah liat murni dan genteng titania

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

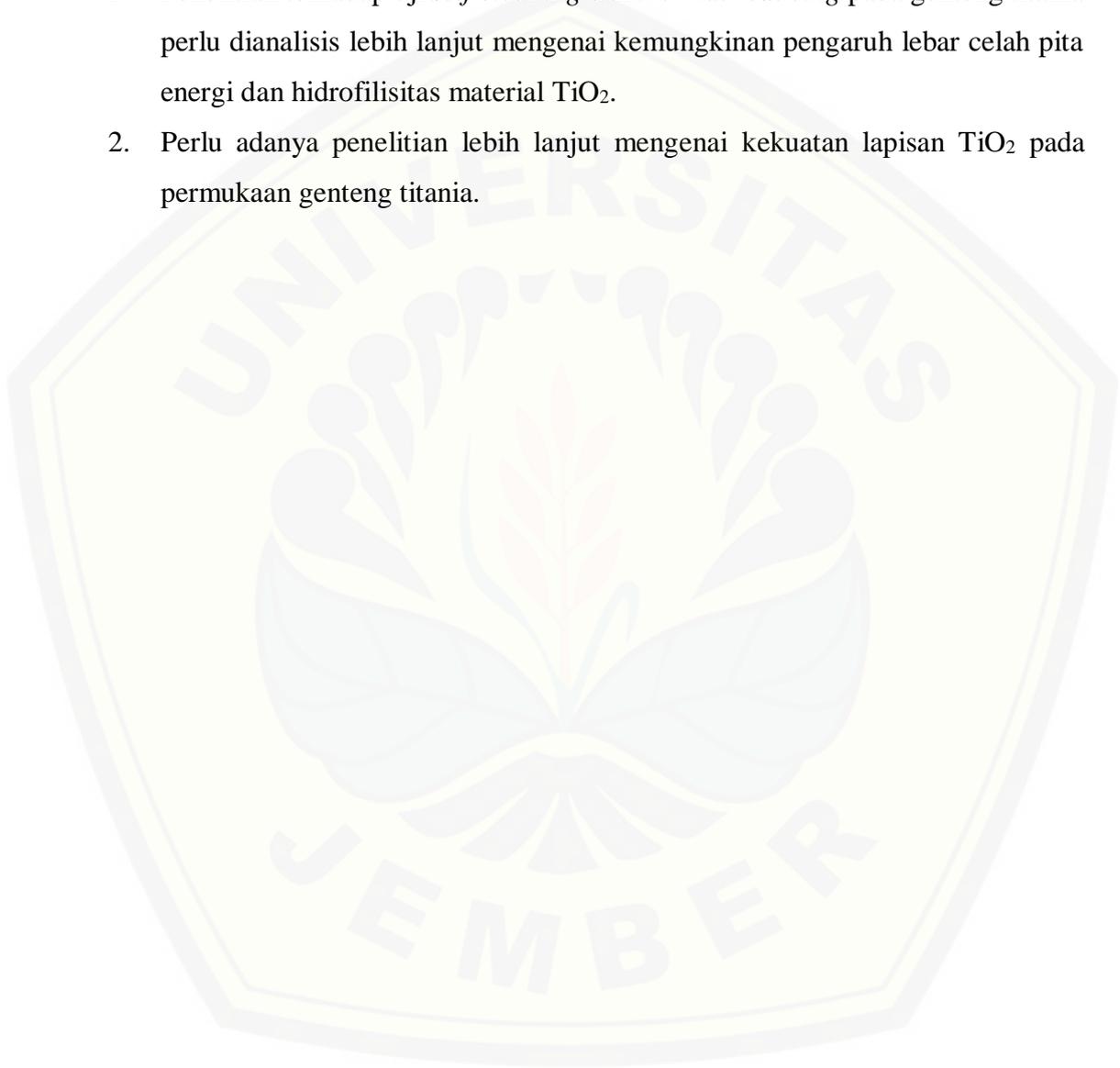
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada genteng titania, partikel-partikel TiO_2 tersebar di seluruh permukaan genteng, dengan prosentase 25,75%. Terdapat aglomerasi partikel TiO_2 di beberapa lokasi permukaan genteng TiO_2 yang dapat menyebabkan ketebalan lapisan TiO_2 menjadi tidak seragam. Keberadaan TiO_2 pada genteng titania diperkuat dalam analisis EDX dimana unsur penyusun terbanyak adalah Titanium dan Oksigen.
2. Hasil analisis gugus fungsi ikatan pada sampel genteng titania memperlihatkan adanya ikatan Ti-O-Ti pada serapan bilangan gelombang 654 dan 2360 cm^{-1} yang menunjukkan TiO_2 sudah menempel pada permukaan genteng.
3. Hasil analisis kristalinitas mengindikasikan bahwa senyawa TiO_2 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki fase anatase dengan ukuran kristalin sekitar 15-86 nm dan tidak ada fase lainnya yang terdeteksi.
4. Genteng titania dengan variasi jumlah pelapisan memiliki kemampuan *self cleaning* yang lebih baik dibandingkan dengan genteng tanah liat murni. Genteng titania dengan jumlah pelapisan 3x memiliki kemampuan *self cleaning* yang paling baik dibandingkan sampel lainnya.
5. Kemampuan *thermal reducing* pada genteng titania ditunjukkan dengan kemampuannya menurunkan temperatur berkisar antara $1-7^\circ\text{C}$ dan ternyata genteng titania lebih mampu menyerap panas di permukaan atas genteng sebesar $1-2^\circ\text{C}$ sehingga temperaturnya lebih rendah apabila dibandingkan genteng tanah liat murni.
6. Berdasarkan hasil yang diperoleh, genteng titania memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai genteng dengan dua fungsi tambahan yaitu bersifat *self cleaning* dan *thermal reducing*.

5.2 Saran

Berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran antara lain:

1. Penelitian terhadap uji *self cleaning* dan *thermal reducing* pada genteng titania perlu dianalisis lebih lanjut mengenai kemungkinan pengaruh lebar celah pita energi dan hidrofilisitas material TiO₂.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kekuatan lapisan TiO₂ pada permukaan genteng titania.



DAFTAR PUSTAKA

- Adiati. R.F, N. Nurfadilah, C. C. Febiola, I. Taufan, dan N. Fadhilah. 2014. Pengaruh Dispersant Terhadap Nanopartikel TiO₂ Sebagai Optimasi Dirt-Free Paint,” *Program Kreat. Mhs.-Penelit.*
- Afrozi, A. S., 2010. Sintesis dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania untuk Produksi Hidrogen dari Gliserol dan Air. *Tesis.* Jakarta: Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, hal.31.
- Anonim, 2016. Tanah Liat : Pengertian, Proses, Ciri-ciri dan Jenisnya. <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/tanah-liat>. Diakses pada tanggal 5 Oktober 2019
- Ardhiarisca, O. 2013. Karakterisasi Optik dan Struktur Kristal Film Tipis TiO₂ : Au ditumbuhkan dengan Metode Spin Coating. *Skripsi.* FMIPA UNEJ
- Arismunandar, W. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya.* Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Arryanto, Y., Hermawan, P. 2009. Karkterisasi Material Berpori dengan Adsorbsi Gas. *Material Canggih; Rekayasa Material Berbasis Sumber Daya Alam Silika-Alumina.* Yogyakarta : Kelompok Minat Material Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gajah Mada.
- Arutanti, Osi. 2009. Penjernihan air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada permukaan Titanium Dioksida (TiO₂). *Journal Nanosains Nanoteknologi.* Edisi Khusus: 2-4
- Banarjee S, Gopal J dan Muraleedharan P. 2006. Physics And Chemistry Of Photocatalytic Titanium Dioxide: Visualization Of Bactericidal Activity Using Atomic Force Microscopy. *Curr Sci* 90:1378-1383
- Banarjee, Swagata; Dionysios D Dionysiou dan Suresh C. Pillai. 2015. Self-Cleaning Applications Of Tio₂ By Photo-Induced Hydrophilicity And Photocatalysis. *Applied Catalysis B: Environmental.* Institute of Technology Sligo, Ireland
- Bere, F. 2013. Pengaruh Ion Logam Cu (II) terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru Terkatalis TiO₂. *Skripsi.* Yogyakarta : Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Carneiro, C., Vieira, R., Mendes, M.A dan Magalhaes, D.F. 2012. Nanocomposite Acrylic Paint with SelfCleaning Action. *Journal Coating Technology*, 9(6): 687-691

- Chen., Xiaobo dan Samuel S.M. 2007. Titanium Dioxide Nanomaterials: Syntesis, Properties, Modifications and Applications. *Chemical Reviews*. 107.p.2891-2959.
- Chen, J., Kou, S dan Poon, C. 2011. Photocatalytic Cement-Based Materials: Comparison of Nitrogen Oxides and Toluene Removal Potentials and Evaluation of Self-Cleaning Performance, *Building and Environment* , 46, 1827-1833.
- Chen, Daimei; Qian Zhu; Fengsan Zhou dan Xutao Deng; Fatang Li. 2012. Synthesis And Photocatalytic Performances Of The TiO₂ Pillared Montmorillonite: *A Article Elsevier Journal of Hazardous Materials*. 235-236. 186– 193.
- Choi, J., Park, H., dan Hofmann, M.R. 2009. Combinatorial Doping of TiO₂ with Platinum (Pt), Chromium (Cr), Vanadium (V) and Nikel (Ni) to Achieve Enhanced Photocatalytic Activity with Visible Light Irradiation. *Journal Materials*, 25: 149-158
- Dhermendra, K., Tiwari, J dan Behari, Sen, P. 2008. Application of Nanoparticles in Waste Water Treatment. *World Applied Sciences Journal*, 3 (3), 417-433.
- Fatimah, I. 2009. Dispersi TiO₂ kedalam SiO₂-Montmorillonit : Efek Jenis Prekursor. *Journal Penelitian Saintek*. Vol.14. p. 41-58.
- Folli, A., Pade, C., Hansen, T. B., De Marco, T dan Macphee, D. E. 2012. TiO₂ Photocatalysis in Cementitious Systems: Insights Into Self-Cleaning and Depollution Chemistry. *Cement and Concrete Research*, 42, 539–548.
- Gratzel, M. 2003. Review: Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. Vol. 4. pp. 145-153.
- Gustaman, D.S. 2016. *Nanopartikel Dan Nanofluida Perpindahan Panas Sintesis, Karakterisasi dan Aplikasi*. Jakarta selatan : BATAN Press.
- Hariyadi, H. 2010. Pengaruh Ukuran Partikel TiO₂ terhadap Efisiensi Sel Surya Jenis DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). *Skripsi*. Semarang : Jurusan Fisika FMIPA Univ Diponegoro.
- Haryo, W.S., Hangga, A., Gusena, W. Kurniawan, T dan Sawitri, D. 2012. Aplikasi Partikel TiO₂ Sebagai Self-Cleaning pada Cat Minyak. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. Serpong. Hal. 47-50. ISSN 1411-2213
- Hsu, T.F; T.L. Hsiung; James Wang; C.H. Huang dan H. Paul Wang. 2010. In Situ XANES Studies Of TiO₂/Fe₃O₄ During Photocatalytic Degradation Of

Trichloroethylene: A Article Elsevier Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 619. 98–101.

Kaamin, Masiri; Ab Rahman, Rosdi; Suwandi, Amir Khan; Kesot dan Mohd Jahaya. 2013. Kajian Alternatif Mengurangkan Suhu Rumah Beratap Zink Di Waktu Tengah Hari. *Proceeding of the International Conference on Social Science Research*. Penang, Malaysia.

Kaneko, M dan Okura, I. 2002. *Photocatalysis Science and Technology*. Japan : Springer

Khaidir. 2011. Modifikasi Zeolit Alam sebagai Material Sieve dan Aplikasinya pada Proses Dehidrasi Bioetanol. *Tesis*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Komalasari, Maya dan B. Sunendar. 2013. Penggunaan TiO₂ Partikel Nano Hasil Sintesis Berbasis Air Menggunakan Metoda Sol-Gel Pada Bahan Kapas Sebagai Aplikasi Untuk Tekstil Anti UV. *Balai Besar Tekstil Bandung*

La Russa, M. F., Macchia, A., Ruffolo, S. A., De Leo, F., Barberio, M., Barone, P., Crisci, G. M., Urzì, C. 2014. Testing The Antibacterial Activity of Doped TiO₂ for Preventing Biodeterioration of Cultural Heritage Building Materials, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 96, 87-96.

Li, Q., Liu, Q., Peng, B., Chai, L dan Liu, H. 2016. Self-Cleaning Performance of TiO₂-Coating Cement Materials Prepared Based on Solidification/Stabilization of Electrolytic Manganese Residue. *Construction and Building Materials*, 106, 236–242.

Mahne, D., Stangar, U. L., Trebse, P dan Bulc, T. G. 2012. TiO₂-Based Photocatalytic Treatment of Raw and Contructed-Wetland Pretreated Textile Wastewater, *International Journal of Photoenergy*, Vol. 2012.

Moafi. H.F, A. F. Shojaee, dan M. A. Zanjanchi. 2011. Photocatalytic Self-Cleaning Of Wool Fibers Coated With Synthesized Nano-Sized Titanium Dioxide. *Int. J. Polym. Mater.*, vol. 60, no. 8, pp. 591– 602

Nathalia. 2017. *Kelebihan dan Kekurangan Genteng Tanah Liat Untuk Material Rumah*. <https://rumahlia.com/desain/kelebihan-dan-kekurangan-genteng-tanah-liat>. Diakses pada senin 1 April 2019 00.49

Ningsih, T.S. 2012. Sintesis dan Karakteristik Fotokatalis Ni²⁺-ZnO Berbasis Zeolit Alam. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.

Niu, H., Q. Wang, H. Liang, M. Chen, C. Mao, J. Song, S. Zhang, Y. Gao, dan C. Chen. 2014. Visible-Light Active And Magnetically Recyclable

- Nanocomposites For The Degradation Of Organic Dye. *Materials* 7 (5) : 4034-4044
- Pang, Suh Cem; Sze Yun Kho dan Suk Fun Chin. 2012. Fabrication Of Magnetite/Silica/Titania Core-Shell Nanoparticles: A Article Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Nanomaterials*. 1-6.
- Poonia, S; Jethoo, A.S; Poonia, M.P. 2011. A Short Review On Energy Conservation In Buildings Using Roof Coating Materials For Hot and Dry Climates. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, Vol.1, Issue 3:247-252
- Prasetyo, A.W. 2017. Pengaruh Pemberian Lapisan Cat Pada Bahan Penutup Atap Seng Dan Genteng. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11 Universitas Tarumanegara* MTR 123-130
- Pravita, A.S. dan Dahlan, D. 2013. Analisis Sifat Hidrofobik dan Sifat Optik Lapisan Tipis TiO₂. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, hal. 163-165.
- Prianto, Edi dan A. Dwiyanto. 2013. Profil penutup Atap Genteng Beton dalam Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Skala Rumah Tinggal. *Modul Vol.13 No.1*. ISSN:0853-2877
- Ramirez, A. M, Demeestere, K., De Belie, N., Mantyla, T dan Levanen E. 2010. Titanium Dioxide Coated Cementitious Materials for Air Purifying Purposes: Preparation, Characterization and Toluene Removal Potential, *Building and Environment*, 45, 832–838.
- Ravikumar, H. Nagabhushana, S.C. Sharma, Y.S. Vidya, K.S. Anantharaju. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 136 (2015) pp.1027–1037.
- Ranti, S. 1997. *Rumah Tropis Cetakan Kelima*. Jakarta : Djambatan
- Rina, S. A. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fotokatalis TiO₂ Anatase dan Rutil dengan Zeolit Alam Teraktivasi serta Uji Aktivitasnya pada Reaksi Esterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. Malang : Universitas Maulana Malik Ibrahim
- Saravanan, P., Pakshirajan, K.P dan Saha, J. 2009. Degradation of Phenol by TiO₂-based Heterogeneous Photocatalysts in Presence of Sunlight. *Journal of Hydro-environment Research*, 3: 45-50
- Satwiko, P. 2004. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta : Andi

- Satwiko, P. 2005. *Arsitektur Sadar Energi*. Yogyakarta : Andi
- Schechter, I. Barzilai, I.L., dan Bulatov, V. (1997). *Online Remote Prediction of Gasoline Properties by Combined Optical Method*, *Ana.Chim.Acta*, 339. Hal 193-199.
- Schiavello. 1997. *Heterogeneous Photocatalysis*. Palermo : Palermo University Press.
- Sellapan, R. 2013. *Mechanisms of Enhanced Activity of Model TiO₂/Carbon and TiO₂/Metal Nanocomposite Photocatalysts*. Goteborg: Department of Applied Physics Chalmers University, Goteborg, Sweden.
- Siddique, M., Farooq, R dan Shaheen, A. 2011. Removal of Reactive Blue 19 from Wastewaters by Physicochemical and Biological Processes-A Review, *J.Chem.Soc.Pak.*, Vol. 33, No. 2.
- Siregar A.M., Harahap M.H dan Ritonga, W. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis TiO₂ pada Permukaan Logam dan Kaca Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Penelitian Sainika Jurusan Fisika Unimed*, 11 (2): 67-75
- Sistesya, Dilla dan Heri Sutanto. 2011. Sifat Optis Lapisan ZnO:Ag yang dideposisi diatas substrat kaca menggunakan metode chemical solution deposition(CSD) dan aplikasinya pada degradasi zat warna methylene blue. *Youngster Physics Journal*. Vol. 1, No. 4.71-80
- Smith, Wilson; Shun Mao; Ganhua Lu; Alexis Catlett; Junhong Chen dan Yiping Zhao. 2010. The Effect Of Ag Nanoparticle Loading On The Photocatalytic Activity Of TiO₂ Nanorod Arrays: A Article Elsevier *Chemical Physics Letters*. 485. 171–175.
- Soegijanto. 1998. *Bangunan Di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta : Departemen pendidikan dan kebudayaan
- Sudarmadji. 2014. Analisa Sisi Positif Dan Negatif Pemilihan Bentuk Atap Berpenutup Genteng Untuk Rumah Tinggal. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, Volume 10, No. 1. Palembang.
- Sutisna, Rokhmat, M., Wibowo, E., Khairurrijal dan Abdullah, M. (2017): Coating TiO₂ Nanoparticles on the Surface of Transparent Plastic Granules Using Combined Electrostatic and Heating Methods for the Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants in Water. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 8, 1–10.

- Thermo Nicolet. (2001). Introduction to FTIR Spectrometry. Thermo Nicolet Inc: Madison, USA.
- Tian, J. 2009. Photocatalyst of TiO₂/ZnO Nanocomposite Film : Preparation, Characterization and Photodegradation Activity of Methyl Orange. *Surface and Coating Technology*, 204: 205-214
- Venckatesh, R., Kartha, B., Rajeshwari, S., 2012. Synthesis and characterization of nano TiO₂ /SiO₂ /PVA composite a novel route. International Nano Letters a Spingers Journal. 2012.
- Wardiyati, Siti; Wisnu A. Adi dan Didin S. Winatapura. 2016. Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ pada Degradasi Methylene Blue. *Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, BATAN Gedung 42, Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan*
- Widyandari, H dan M. Budiman. 2004. *Berkala Fisika*. 7(1) : 28-34.
- Werle, A. P., de Souza, M. L., Loh, K., Ando, R., dan John, V. M. 2016. The Performance of A Self-Cleaning Cool Cementitious Surface. *Energy and Buildings*, 114, 200–205.
- www.unm.edu/~orgchem. Diakses pada tanggal 13 November 2019.
- Yayasan Cipta Sarana Mandiri. (2008). Survei Sumber Daya dan Infrastruktur Desa 2008. The World Bank. <http://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/1806/datafile/F56/V704>. Diakses : 15 April 2019.
- Yu, Q- Z&Shen, A. 2008. Anti-Ultraviolet Treatment for Cotton Fabrics by Dyeing and Finishing in One Bath and Two Steps. *JFBI. Vol.1, No.1*, pp 65 - 72
- Zeng, C; Hongxia Wang; Hua Zhou dan Tong Lin. 2015. Self-cleaning, Superhydrophobic Cotton Fabrics with Excellent Washing Durability, Solvent Resistance and Chemical Stability Prepared from an SU-8 Derived Surface Coating. *RSC Adv. 5(75), 61044-61050*

Lampiran 1

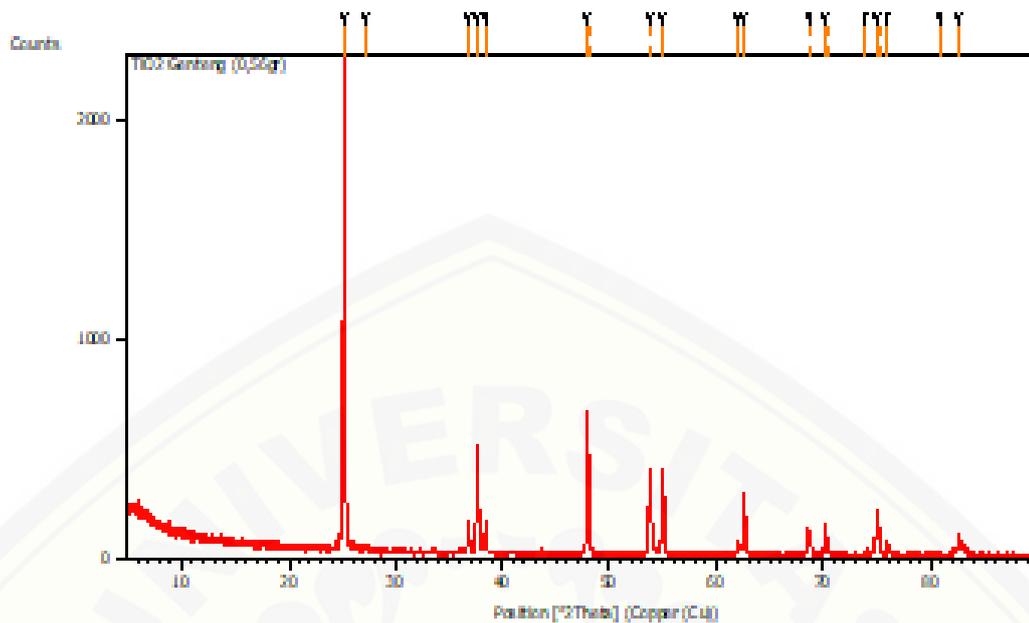
1.1 Hasil analisis XRD dan Difaktogram TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	TiO ₂ Genteng (0,56gr)
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2019\Oktober\Aisyah\TiO ₂
Genteng (0,56gr)\TiO ₂ Genteng (0,56gr).rd	
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
Measurement Date / Time	10/4/2019 3:23:00 PM
Raw Data Origin	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	89.9744
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1500
Scan Type	Continuous
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	0.2500
Specimen Length [mm]	10.00
Receiving Slit Size [mm]	12.7500
Measurement Temperature [°C]	-273.15
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Goniometer Radius [mm]	200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	Yes

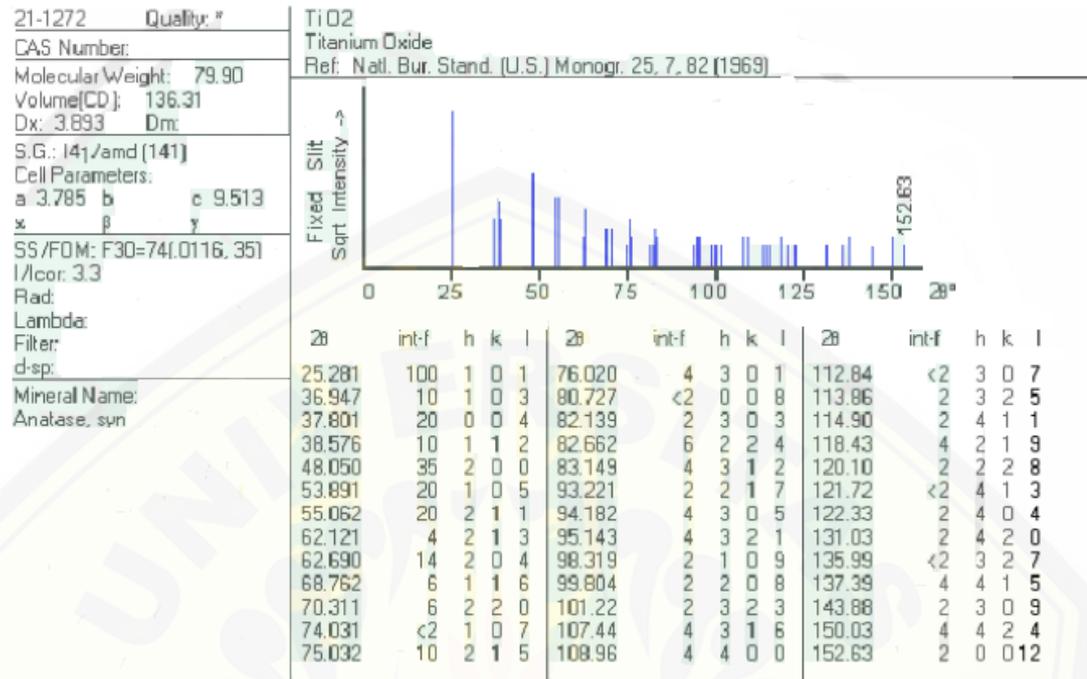
Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.2254	2200.14	0.2007	3.53058	100.00
27.2601	13.50	0.4015	3.27150	0.61
36.8635	139.22	0.1171	2.43832	6.33
37.7119	492.08	0.1004	2.38540	22.37
38.4450	135.63	0.2007	2.34158	6.16
47.9311	629.47	0.1020	1.89641	28.61
48.0988	294.15	0.1020	1.89489	13.37
53.7990	386.86	0.1632	1.70259	17.58
53.9486	195.57	0.1020	1.70244	8.89
54.9820	380.97	0.1428	1.66872	17.32
62.0094	57.86	0.2040	1.49541	2.63
62.5861	282.72	0.1836	1.48301	12.85
68.6543	104.25	0.2040	1.36598	4.74
68.8741	68.09	0.1224	1.36554	3.09
70.1933	130.07	0.1632	1.33975	5.91
70.4217	58.99	0.1224	1.33928	2.68
73.9525	12.17	0.2448	1.28066	0.55
74.9581	193.77	0.1020	1.26596	8.81
75.1897	91.04	0.0816	1.26577	4.14
75.9374	49.50	0.1020	1.25205	2.25
80.7390	9.52	0.4896	1.18926	0.43
82.5827	84.38	0.1224	1.16732	3.84

1.2 Difaktogram standar TiO₂ Anatase JCPDS 21-1272



1.3 Perhitungan ukuran kristalin TiO₂

No.	Pos. [°2Th.]	FWHM [°2Th.]	Crystallite size D (nm)	Standar Error Rata-rata (%)
1	25,2254	0,2007	38,62770548	
2	36,8635	0,1171	64,36169552	
3	37,7119	0,1004	74,87999694	
4	38,445	0,2007	37,37604521	
5	47,9311	0,0836	86,83505574	
6	53,799	0,1338	52,95013962	
7	54,982	0,1171	60,18143927	
8	62,0094	0,1673	40,7008315	4,46374
9	62,5861	0,1506	45,07681592	
10	68,6543	0,1673	39,21483263	
11	70,1933	0,1338	48,57910975	
12	74,9478	0,1673	37,68577764	
13	75,9324	0,1338	46,80918821	
14	80,739	0,4015	15,07501972	
15	82,5827	0,1224	48,76675581	

1.4 Hasil Spektra EDX pada genteng tanah liat murni

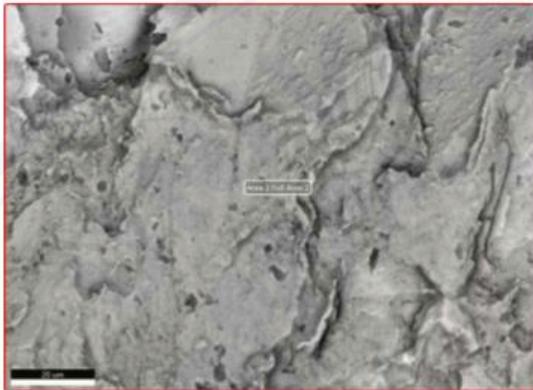
EDAX APEX

Page 1

04102019

Author: Teknik Mesin ITS
 Creation: 10/04/2019 3:03:08 PM
 Sample Name: Genteng

Area 1

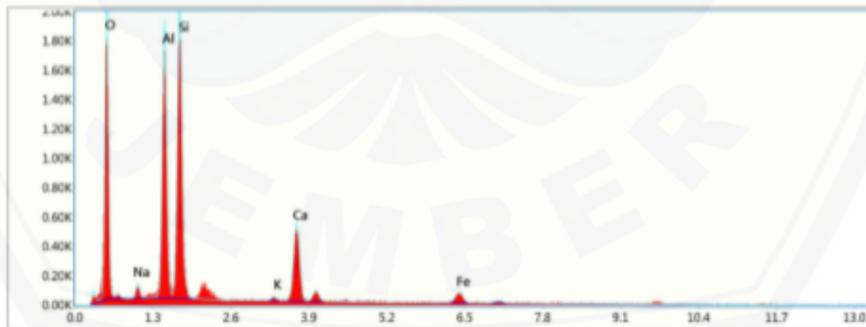


EDAX APEX

Page 2

Full Area 1

kV:20 Mag:1000 Takeoff: 30 Live Time(s): 100 Amp Time(µs): 3.84 Resolution:(eV)133.6



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	48.24	63.61	150.34	9.34	0.1314	1.0693	0.2572	1.0000
NaK	1.75	1.61	7.09	16.20	0.0056	0.9633	0.3294	1.0023
AlK	17.19	13.44	163.31	5.62	0.1030	0.9440	0.6316	1.0044
SiK	19.99	15.02	185.46	5.92	0.1155	0.9649	0.5975	1.0023
K K	0.41	0.22	3.16	29.58	0.0034	0.8951	0.8930	1.0259
CaK	9.47	4.99	64.08	3.87	0.0812	0.9115	0.9292	1.0123
FeK	2.94	1.11	11.54	10.07	0.0250	0.8131	0.9947	1.0519

1.5 Hasil Spektra EDX pada genteng titania

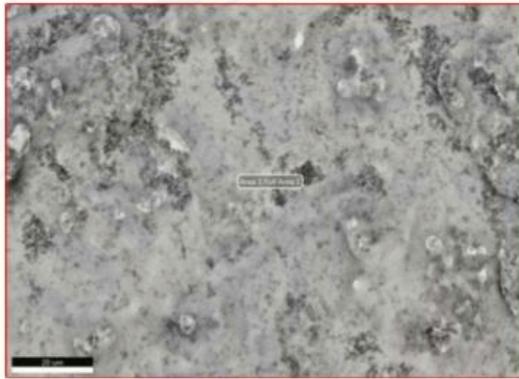
EDAX APEX

Page 1

04102019

Author: Teknik Mesin ITS
 Creation: 10/04/2019 2:59:32 PM
 Sample Name: Genteng TiO2

Area 1

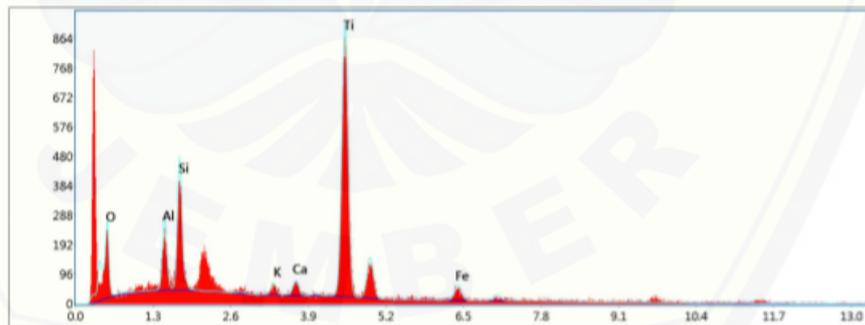


EDAX APEX

Page 2

Full Area 1

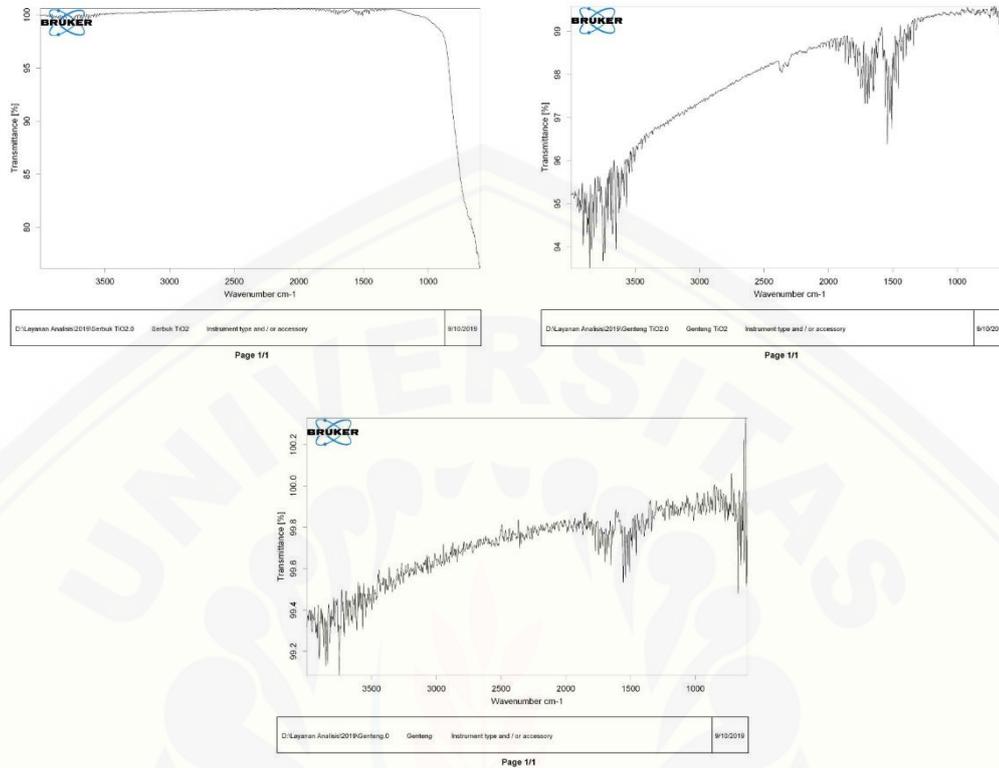
kV:20 Mag:1000 Takeoff: 30 Live Time(s): 100 Amp Time(μs): 3.84 Resolution:(eV)133.6



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	30.88	53.26	16.83	13.20	0.0378	1.1380	0.1076	1.0000
AlK	6.39	6.54	20.64	9.89	0.0335	1.0176	0.5127	1.0034
SiK	9.99	9.81	38.87	7.79	0.0623	1.0407	0.5965	1.0041
K K	1.36	0.96	4.63	20.81	0.0127	0.9677	0.9245	1.0388
CaK	1.89	1.30	5.71	20.81	0.0186	0.9859	0.9490	1.0519
TiK	44.70	25.75	114.33	2.70	0.3947	0.8945	0.9798	1.0083
FeK	4.79	2.37	7.23	11.67	0.0404	0.8817	0.9390	1.0172

1.6 Hasil Spektra FTIR pada TiO₂, genteng titania dan genteng tanah liat murni



1.7 Data Hasil Uji Thermal Reducing

Waktu Lihat	Temperatur (°C)											
	Hari Pertama				Hari Kedua				Hari Ketiga			
	Genteng		Genteng titania		Genteng		Genteng titania		Genteng		Genteng titania	
	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah	Bagian Atas	Bagian Bawah
10.30	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29
10.32	39	36	39	36	39	34	39	34	39	35	39	35
10.34	44	40	42	39	46	39	45	38	41	37	40	36
10.36	47	43	46	42	49	43	48	42	44	39	42	38
10.38	49	46	47	44	51	44	50	44	46	41	44	40
10.40	51	47	49	45	52	47	51	46	47	43	46	42
10.42	52	49	50	47	53	47	52	46	49	45	47	43
10.44	52	51	51	47	54	50	53	48	51	47	49	45
10.46	53	51	51	48	54	50	53	48	52	49	51	47
10.48	54	51	52	49	55	51	53	48	54	50	52	49
10.50	52	52	49	48	48	48	46	45	50	49	49	47
10.52	53	51	52	48	43	43	42	41	52	48	51	47
10.54	49	49	48	47	49	43	47	41	53	49	52	48
10.56	53	49	51	47	51	46	49	42	54	51	53	50
10.58	54	50	52	48	52	47	50	43	54	51	53	49
11.00	54	50	52	48	53	48	51	44	50	49	49	47
11.02	54	51	53	50	48	48	47	44	48	47	48	45
11.04	54	51	53	50	51	47	49	43	49	46	47	45
11.06	54	51	53	50	52	47	50	42	52	48	50	46
11.08	55	52	53	51	53	48	51	44	53	50	52	49
11.10	55	52	53	51	53	49	51	44	55	52	53	51
11.12	56	53	54	52	53	50	51	44	56	53	54	52
11.14	57	53	56	53	54	51	51	46	54	53	53	51
11.16	57	54	56	53	54	52	52	48	51	50	50	49
11.18	57	54	56	53	55	52	53	47	53	49	52	48
11.20	56	54	55	53	56	52	54	49	54	50	53	49
11.22	57	54	56	53	56	53	55	50	54	50	53	50
11.24	57	54	56	53	57	54	56	53	55	51	54	50
11.26	57	54	56	53	57	54	56	53	56	53	55	51
11.28	57	54	56	52	57	54	56	52	56	53	55	51
11.30	57	54	56	52	57	54	56	52	57	54	56	52

Lampiran 2



2.1 Proses pencucian genteng tanah liat



2.4 Proses pelarutan dispersi TiO_2 dengan aquades



2.2 Proses pengeringan genteng tanah liat utuh



2.3 Hasil pelapisan TiO_2 pada genteng



2.5 Proses uji *self cleaning* genteng