

**PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR
NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT
ANTI ULTRAVIOLET**

(Skripsi)

Oleh

HUSNA AMALIA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT ANTI ULTRAVIOLET

Oleh

HUSNA AMALIA

Telah dilakukan penelitian pengaruh ketebalan nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan penambahan nanotitania pada plastik polietilena terhadap sinar UV. Variasi nano TiO₂ yang digunakan adalah sebesar 0,5; 0,10; 0,15; 0,20; dan 0,25 g yang dicampurkan dengan polietilena seberat 3 g. Nanokomposit nanotitania-polietilena dibuat dengan metode pecampuran dengan ketebalan yang digunakan adalah sebesar 6, 12, dan 25 µm. Pengukuran intensitas sinar UV dengan menggunakan alat UV Light Meter model UV340B. Hasil pengukuran intensitas sinar UV menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya ketebalan dan penambahan nanotitania maka sifat anti ultraviolet menjadi semakin meningkat. Hal ini meningkatkan kemampuan plastik polietilena dalam melindungi dari paparan radiasi sinar UV.

Kata Kunci: Nanotitania, Polietilena, anti UV.

ABSTRACT

EFFECT OF THICKNESS AND CONTENT OF NANOTITANIA-POLYETHYLENE ON ANTI-ULTRAVIOLET PROPERTIES

By

HUSNA AMALIA

Research has been conducted on the effect of nanotitania-polyethylene thickness on anti-ultraviolet properties. This study aims to determine the effect of thickness and the addition of nanotitania on polyethylene plastic against anti-UV rays. The variation of nano TiO₂ used is 0.5; 0.10; 0.15; 0.20; and 0.25 g mixed with 3 g of polyethylene. Nanotitania-polyethylene nanocomposites were prepared by mixing method with thicknesses of 6, 12, and 25 μm . Measurement of UV light intensity using UV Light Meter model UV340B. The results of measuring the intensity of UV light show that as the thickness increases and the addition of nanotitania, the anti-ultraviolet properties increase. This increases the ability of polyethylene plastic to protect against UV irradiation.

Keywords: Nanotitania, Polyethylene, Anti-UV

**PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR
NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT
ANTI ULTRAVIOLET**

Oleh

Husna Amalia

Skripsi

**Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR
NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP
SIFAT ANTI ULTRAVIOLET**

Nama Mahasiswa : **Husna Amalia**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1717041043

Program Studi : Fisika

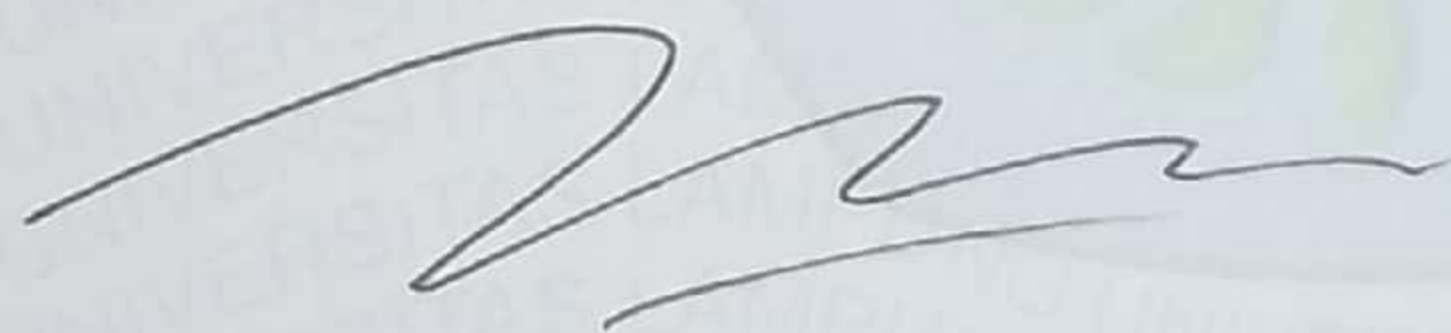
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

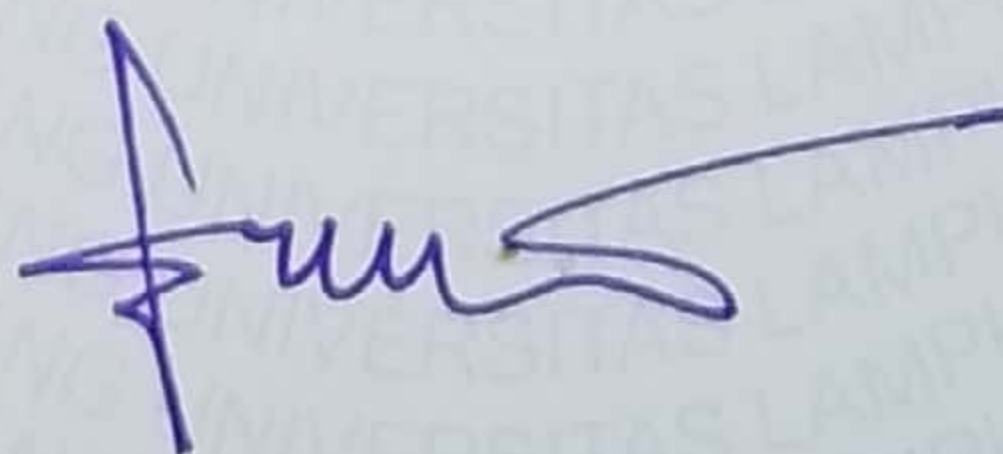


Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.
NIP 195903081991031001



Suprihatin, S.Si., M.Si.
NIP 197304141997022001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila



Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

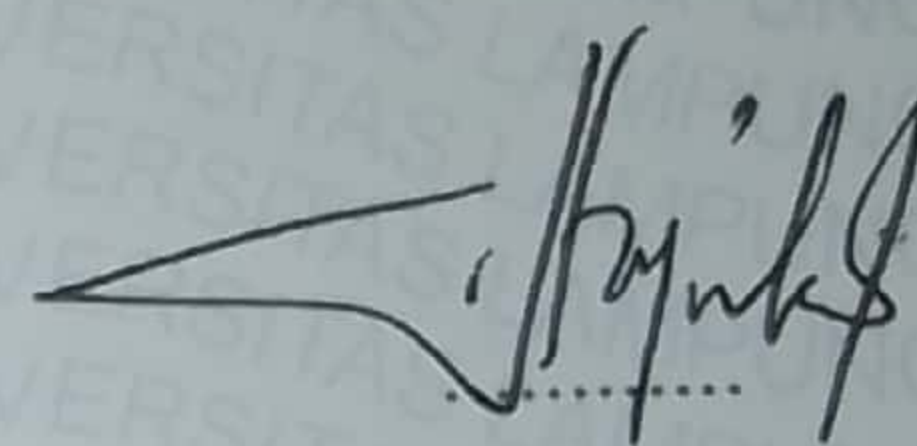
Ketua

: Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.



Sekretaris

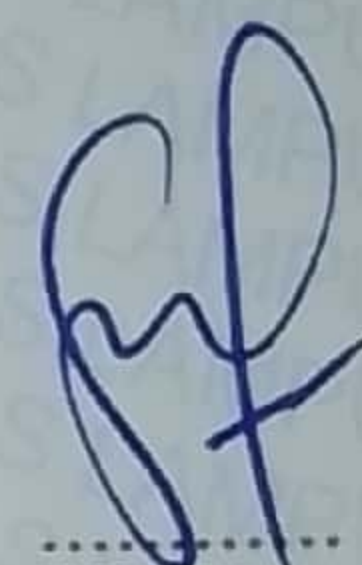
: Suprihatin, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP 197110012005011002


Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “**PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT ANTI ULTRAVIOLET**” tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juli 2024



Husna Amalia

NPM 1717041043

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Husna Amalia dilahirkan di Pekondoh, Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung pada tanggal 23 Desember 1998. Beliau merupakan anak pertama yang lahir dari pasangan Bapak Jamaluddin dan Ibu Maisaroh (almh). Ia menempuh pendidikan di TK Al Amin Bandar Lampung tahun 2004-2005, SD Negeri 4 Kaliawi pada tahun 2005-2011, SMP Negeri 1 Cukuh Balak pada tahun 2011-2014, dan SMAS Islam Cendikia Bandar Lampung pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil kelompok keilmuan bidang Fisika Material. Penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian dengan menjabat sebagai anggota pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) Jurusan Fisika FMIPA Unila tahun 2018-2019. Pada tahun 2021 penulis mengikuti program KKN di Desa Negri Sakti, Gedong Tataan, Pesawaran. Kemudian tahun 2021, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA Unila. Selanjutnya, pada bulan September 2021 penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul “PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT ANTI ULTRAVIOLET” yang bertempat di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA Universitas Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada tuhanmulah engkau berharap.”

(QS : Al- Insyirah : 1-8)

“Adakalahnya semangat naik dan turun, teruslah menapaki jalan yang sudah dipilih, insya Allah ada masa berganti.”

(Husna Amalia)

“Bagi dunia mungkin kamu hanya seseorang. Tapi bagi seseorang kamu mungkin dunianya. Oleh karena itu, hargai dirimu dan hargai orang yang menghargaimu.”

(Husni Mubarak)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, penulis mempersembahkan karya ini kepada

Siti Haidatina dan Sidi H. Yusuf Syukur

Terima kasih karena selalu mendoakan, memberikan dukungan baik secara moril dan materil. Terima kasih telah menjadi orang tua yang sangat baik, mensupport utamanya di bidang pendidikan, mendorong untuk terus belajar hingga mencapai sarjana.

Bapak-Ibu Dosen

Terima kasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan, semoga dapat bermanfaat dan menjadi amal untuk Bapak-Ibu Dosen.

Suami dan anakku tercinta.

Terima kasih telah mendukung, menemani dalam suka maupun duka. Terima kasih telah bekerja sama dengan baik.

Orang Tua dan Keluarga besar H. Yusuf Syukur

Terima kasih selalu mendukung baik secara moril dan materil, terima kasih memberikan nasihat untuk terus menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Teman-teman Seperjuangan Fisika FMIPA Unila 2017

Dan

Almamater tercinta
Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT ANTI ULTRAVIOLET**”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat menempuh mata kuliah skripsi untuk menyelesaikan program sarjana.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam isi maupun penyajian skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun penyempurnaan skripsi ini. Semoga ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 12 Juli 2024

Husna Amalia

NPM 1717041043

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran, berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH KETEBALAN DAN KADAR NANOTITANIA-POLIETILENA TERHADAP SIFAT ANTI ULTRAVIOLET”**. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., sebagai pembimbing utama yang telah memberikan waktu, ilmu, dan arahan dalam penelitian ini.
2. Ibu Suprihatin S.Si., M.Si. sebagai pembimbing kedua yang membantu dan memberi masukan dalam penelitian ini.
3. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembahas yang telah memberikan saran dalam penulisan skripsi ini agar lebih baik lagi.
4. Kepala Laboratorium Fisika Material yang telah membantu penelitian yang dilakukan di lapangan.
5. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Ibu Suprihatin S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
7. Kedua orang tua dan keluarga besar H. Yusuf Syukur yang telah mendoakan dan memberikan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. T. Joanhari sebagai suami yang telah mendukung, menjaga dan bekerja sama dengan baik.

Berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala dapat membalas seluruh kebaikan dan mempermudah segala urusannya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2024

Penulis

Husna Amalia

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Nanomaterial Titanium Dioksida (TiO ₂)	5

2.2. Polietilena.....	7
2.3. Sinar Ultraviolet (UV).....	9
2.4. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	10
2.5. <i>UV Light Meter</i> UV340b.....	12
2.6. Koefisien Atenuasi	14
III. METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Alat dan Bahan	15
3.3. Prosedur Penelitian.....	15
3.3.1. Pembuatan Sampel Lapisan Tipis Nanotitania-polietilena	16
3.3.2. Uji Intensitas Sinar UV	17
3.4. Diagram Alir.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1. Hasil Lapisan Tipis Nanotitania-polietilena	20
4.2. Pengukuran Intensitas sinar UV	23
4.3. Analisis Morfologi Nanotitania-polietilena dengan SEM.....	26
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1. Kesimpulan.....	28
5.2. Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Mekanisme semi konduktor TiO ₂	5
Gambar 2.2. Struktur kristal TiO ₂ (a) anatase (b) rutil Pemodelan kristal menggunakan VESTA.....	6
Gambar 2.3. Polimerisasi etilena menjadi polietilena (Smith, 1996).	8
Gambar 2.4. Nomor kode plastik (UNEP, 2009).	8
Gambar 2.5. Skema mikroskop elektron (Sumber: https://www.research-get.net/figure/266462759_fig10_Figure-51Schematic-diagram-of-a-scanning-electron-microscope-11	10
Gambar 2.6. SEM dari nanokomposit TiO ₂ /poliakrilat, (a) 0 wt% nano TiO ₂ , (b) 1,5 wt% nanoTiO ₂ (Wang et al., 2016).....	11
Gambar 2.7. SEM dari nanokomposit PVA (a dan b) murni, dan PVA/TiO ₂ 10 wt% (c)–(f) dengan pembesaran berbeda (Mallakpour, 2011)	12
Gambar 2.8. Alat UV light meter UV340b.....	13
Gambar 3.1. Lampu UV yang telah dirancang	19
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4.1. Hasil sampel variasi nanotitania dan ketebalan (a) larutan polietilena (b) nanotitania (c) larutan campuran nanotitania dan polietilena (d) hasil penipisan dengan bar coater	21
Gambar 4.2. Sampel lembaran tipis polietilena tanpa nanotitania (a) Sampel A00 (b) Sampel B00 (c) Sampel C00.....	22
Gambar 4.3. Hasil sampel lembaran tipis nanotitania-polietilena ketebalan 6µm (a) sampel A05 (b) sampel A10 (c) sampel A15 (d) sampel A20 (e) sampel A25	22

Gambar 4.4.	Hasil sampel lembaran tipis nanotitania-polietilena ketebalan 12 μ m (a) sampel B05 (b) sampel B10 (c) sampel B15 (d) sampel B20 (e) sampel B25	23
Gambar 4.5.	Hasil sampel lembaran tipis nanotitania-polietilena ketebalan 25 μ m (a) sampel C05 (b) sampel C10 (c) sampel C15 (d) sampel C20 (e) sampel C25	23
Gambar 4.6.	Hasil intensitas sinar UV nanotitania-polietilena ketebalan 6 μ m	24
Gambar 4.7.	Hasil intensitas sinar UV nanotitania-polietilena ketebalan 12 μ m	25
Gambar 4.8.	Hasil intensitas sinar UV nanotitania-polietilena ketebalan 25 μ m	25
Gambar 4.9.	Foto SEM nanotitania polietilena sampel C25	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sifat Fisik dan kimia material TiO ₂	7
Tabel 2.2. Karakteristik polietilena (Smith, 1996).	8
Tabel 3.1. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan 6 μm.	16
Tabel 3.2. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan 12 μm.	17
Tabel 3.3. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan 25 μm.	18
Tabel 4.1. Hasil perhitungan koefisien atenuasi ketebalan 6 μm, 12 μm, dan 25 μm.....	26

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik adalah salah satu material yang sering kita temui dan gunakan secara luas. Secara perlahan, plastik mulai menggantikan peran gelas, kayu, dan logam. Transisi ini terjadi karena plastik memiliki berbagai keunggulan, seperti bobot yang ringan, kekuatan yang tinggi, kemudahan dalam pembentukan, ketahanan terhadap korosi, dan daya tahan terhadap zat kimia. Selain itu, plastik juga memiliki sifat isolasi listrik yang baik, dapat diformulasikan dalam berbagai warna atau transparan, serta memiliki biaya produksi yang lebih ekonomis (Shrivastava, 2018).

Polietilena merupakan salah satu jenis polimer plastik yang dapat dengan mudah kita temui sehari-hari. Salah satu contohnya di industri ritel, pertanian maupun sebagai kemasan makanan (Zan, 2006). Polietilena memiliki peran yang signifikan dalam pembentukan lapisan tipis karena kemudahan dalam prosesnya, tingkat fleksibilitas yang tinggi, ketahanan terhadap dampak, kemampuan untuk bertahan dalam kondisi kelembaban tinggi, serta biaya produksinya yang ekonomis. Selain itu, polietilena merupakan jenis polimer dengan suhu transisi gelas yang rendah, yaitu sekitar 195°C (Katritzky *et al.*, 1998), dan dapat berfungsi sebagai modifikasi yang efektif (Kollar dan Zsoldos, 2012).

Plastik polietilena adalah salah satu jenis plastik yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan botol, kantong plastik, dan wadah penyimpanan. Namun paparan radiasi sinar UV dapat menyebabkan degradasi bermacam bahan seperti kayu, pewarna, pigmen, polimer dan plastik (Wang *et al.*, 2016). Paparan radiasi sinar UV yang lebih lama dapat menyebabkan degradasi pada bahan plastik, memengaruhi sifat mekanik dan strukturnya (Andrady *et al.*, 2023). Paparan radiasi sinar matahari dan sinar ultraviolet (UV) terhadap material

plastik dapat menyebabkan degradasi dan pembentukan monomer. Semakin lama material plastik terkena radiasi sinar UV, maka kemungkinan terjadi penurunan nilai kekuatan dan viskositas material tersebut semakin besar. Dalam hal ini perlu dilakukan studi tentang ketahanan plastik yang umumnya dipakai dalam kemasan makanan terhadap paparan sinar matahari dan sinar UV (Martinez *et al.*, 2019).

Agar polietilena terhindar dari kerusakan akibat sinar UV, pendekatan umum yang sering diterapkan adalah dengan mencampurkan bahan anti-UV, seperti nano TiO₂. Beberapa partikel anorganik seperti ZnO₂ dan TiO₂ biasanya dicampurkan ke dalam matriks polimer karena kemampuan mereka dalam menyerap sinar UV yang tinggi (Wang *et al.*, 2016). Nanoteknologi terus dikembangkan dengan lebih mendalam dan intensif. Teknologi nano memiliki peran yang sangat penting karena mampu menghasilkan penghematan dalam hal bahan baku, biaya produksi, energi, serta ruang (Komalasari, 2013).

Secara umum partikel nano TiO₂ atau yang bisa disebut nanotitania mempunyai fotokatalis yang lebih tinggi dibandingkan fotokatalis lain seperti ZnO₂ (Herman, 1999), tahan terhadap fotodegradasi, tidak beracun, relatif murah, dan mampu menyerap sinar UV dengan baik (Wilcoxon, 2000) Nanotitania memiliki tingkat energi celah sebesar 3,2 elektronvolt (eV), sehingga sejumlah besar sinar ultraviolet (UV) dapat tersebar atau hanya sedikit yang dapat melewati (Komalasari, 2013). Hal ini mencegah sinar UV tersebut mencapai struktur polimer dalam polietilena.

Ketika sinar UV melewati suatu medium akan mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya yang diteruskan. Hal ini seperti yang disebutkan dalam hukum lambert-beer yaitu, penambahan nanotitania dalam berbagai ketebalan film nanotitania-polietilena akan memengaruhi intensitas sinar UV yang diteruskan, yang dapat diukur dengan menggunakan alat UV *light meter* UV340b karena alat yang sederhana dan praktik dengan biaya lebih terjangkau dibanding pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Khopkar, 1990).

Beberapa penelitian terkait seperti yang telah dilakukan oleh Wang *et al.* (2016) film nanokomposit TiO₂/poliakrilat memiliki sifat pelindung terhadap sinar ultra violet (UV) yang sangat baik, bahkan pada muatan nanopartikel TiO₂ sebesar 1,5 wt% dapat memblokir sinar UV di bawah 350 nm dan masih memiliki transparansi yang tinggi. Semakin banyak penambahan partikel nano TiO₂, maka intensitas serapannya semakin baik. Partikel nanotitania dapat digunakan sebagai bahan kimia untuk aplikasi anti UV pada bahan tekstil (Komalasari, 2013).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketebalan dan penambahan nanotitania pada plastik nanotitania-polietilena terhadap sinar anti ultraviolet dengan pendekatan metodologi yang melibatkan pembuatan lapisan tipis nanotitania-polietilena, pengukuran intensitas sinar UV, karakterisasi SEM.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh ketebalan pada plastik nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet?
2. Bagaimana pengaruh penambahan nanotitania pada plastik nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet?
3. Bagaimana bentuk penyebaran nanotitania dalam lapisan tipis nanotitania-polietilena?

1.3. Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah nanotitania dan polietilena jenis HDPE.
2. Plastik polietilena yang digunakan sebesar 3 g tiap pengujian.

3. Variasi nano partikel TiO₂ yang digunakan sebesar 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; dan 0,25 g.
4. Variasi batang pelapis *bar coater* sebesar 6, 12, dan 25 μm.
5. Pengujian sampel menggunakan alat *UV light meter* UV340b dan karakterisasi SEM.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh ketebalan *bar acoater* pada plastik nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet.
2. Mengetahui pengaruh penambahan nanotitania pada plastik nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet.
3. Mengetahui bentuk penyebaran nanotitania dalam lapisan tipis nanotitania-polietilena

1.5. Manfaat Penelitian

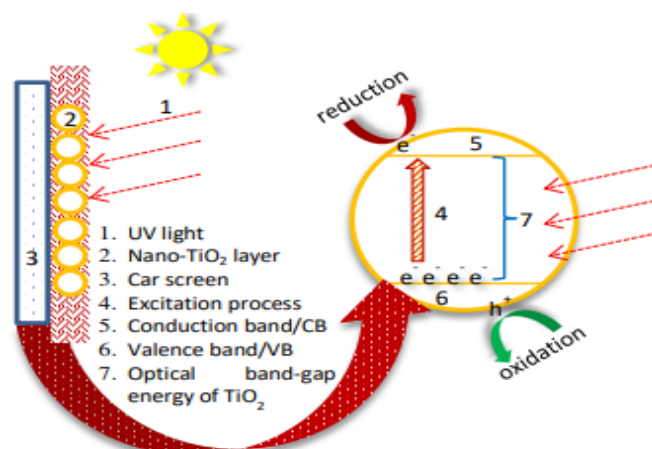
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui pengaruh ketebalan terhadap sifat anti ultraviolet.
2. Dapat mengetahui pengaruh penambahan nanotitania dalam plastik nanotitania-polietilena terhadap sifat anti ultraviolet.
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nanomaterial Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium adalah suatu unsur kimia yang terdapat dalam tabel periodik dengan simbol Ti dan nomor atom 22. Ini adalah jenis logam transisi yang memiliki sifat ringan, kekuatan tinggi, serta ketahanan terhadap korosi. Karena sifat-sifat tersebut, titanium banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti mesin turbin dan industri kimia. Pada tahun 1791 di Inggris, Reverend William Gregor adalah orang pertama menemukan unsur baru dalam ilmenite, lalu beberapa tahun kemudian unsur itu dinamakan titans oleh Jerman Heinrich Klaporth. Titanium selalu terikat dengan mineral-mineral lain seperti ilmenite, leucosene, anatase, brookite, dan sphene yang semuanya ditemukan dalam bentuk titanat. Selain itu, titanium juga dapat ditemukan dalam berbagai sumber seperti batu bara, abu, tanaman, dan bahkan dalam tubuh manusia (Carp *et al.*, 2004). Mekanisme semi konduktor TiO₂ ditunjukkan seperti **Gambar 2.1**.

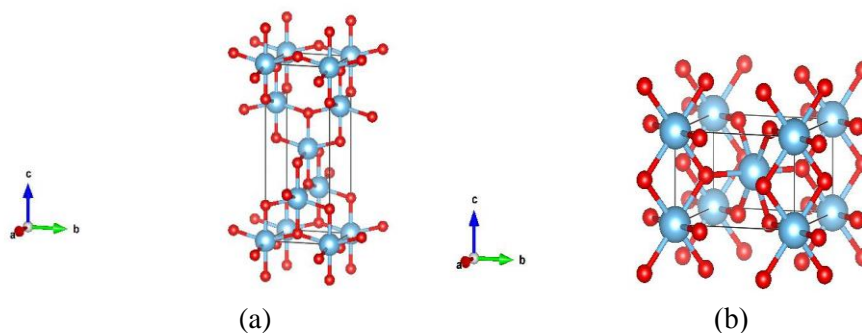


Gambar 2.1. Mekanisme semi konduktor TiO₂.

Gambar 2.1 menjelaskan mekanisme TiO_2 sebagai semikonduktor ketika cahaya (poin 1) mengenai pita valensi dari titanium dioksida (TiO_2) dengan energi yang sesuai atau melebihi energi celah pita (poin 7), ini menyebabkan elektron (poin 4) dari keadaan dasar atau band valensi (poin 6) mengalami eksitasi, terangkat ke tingkat orbital yang lebih tinggi atau band konduksi (poin 5). Energi yang dihasilkan oleh elektron yang tereksitasi ini menghasilkan pasangan elektron yang bermuatan negatif (e^-) dan lubang positif (h^+). TiO_2 dan bahan semikonduktor lainnya memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya ultraviolet (UV) pada rentang panjang gelombang 280 hingga 400 nanometer. Hal ini terjadi karena mereka memiliki tingkat energi celah (*band-gap energy*) yang tidak terlalu besar, yaitu sekitar 3,2 hingga 3,7 elektronvolt (eV)(poin 7). Tingkat energi celah semikonduktor yang tidak terlalu lebar ini, dapat diaplikasikan sebagai pelindung dari sinar UV, atau dalam istilah lain, sebagai "Anti UV" (Komalasari, 2013).

Pengembangan TiO_2 hingga skala nanoteknologi atau dapat disebut juga dengan istilah nanotitania telah dilakukan dengan tujuan memanfaatkannya sebagai bahan fotokatalisis UV (Seery *et al.*, 2007), katalis (Pelaez *et al.*, 2010), material keramik (Haugen *et al.*, 2004), serta aplikasi dalam pengolahan air minum berbasis sel surya (Salih *et al.*, 2007).

Nanotitania memperlihatkan tiga bentuk struktur kristal, yakni anatase, brookit dan rutil, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.2**. Walaupun hanya anatase dan rutil yang stabil secara eksperimental (Othmer, 1997).



Gambar 2.2. Struktur kristal TiO_2 (a) anatase (b) rutil. Pemodelan kristal menggunakan VESTA.

Anatase yang umumnya dipilih karena memiliki luas permukaan serbuk yang lebih besar dan partikel berukuran lebih kecil dibandingkan rutil, muncul pada rentang suhu 400– 650 °C dan berubah menjadi rutil pada suhu 915 °C (Afrozi, 2010). Fase rutil dipreparasi dengan kalsinasi anatase pada suhu tinggi. Fasa rutil TiO₂ menunjukkan fotoaktivitas yang lebih rendah daripada fasa anatase. Selain itu, bandgap energi anatase lebih besar daripada rutil sehingga memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi (Yurdakal, 2007). Berikut sifat-sifat fisik dan kimia material TiO₂ ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Sifat Fisik dan kimia material TiO₂.

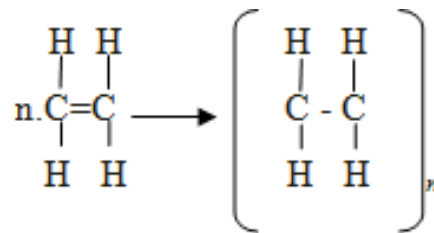
Sifat	Nilai /Keterangan
Warna	Putih
Berat molekul	79,90 g/mol
Densitas	4,23 g/cc (Rutile), 3,78 g/cc (Anatase)
Titik Didih	2972° C
Titik Lebur	1843° C
Bau	Tidak berbau
Kelarutan Air	Tidak larut

Penambahan nanotitania TiO₂ dalam plastik polietilen telah terbukti meningkatkan sifat perlindungan UV. Studi telah menunjukkan bahwa memasukkan nanopartikel TiO₂ ke dalam polimer seperti polietilen densitas rendah (LDPE) dapat memfasilitasi fotodegradasi, meningkatkan stabilitas termal, dan mengurangi efek negatif paparan UV pada material (Zapata *et al.*, 2020). Penggabungan nanostruktur TiO₂ dalam poliimida telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam melindungi material dari kerusakan UV, meningkatkan sifat mekanik, dan meningkatkan stabilitas termal, menjadikannya tambahan yang berharga untuk aplikasi yang membutuhkan perlindungan UV (Vahid *et al.*, 2022).

2.2. Polietilena

Polietilena atau yang dikenal dengan plastik dapat dengan mudah ditemui dalam banyak aplikasi kehidupan seperti sebagai bahan kemasan makanan, dalam teknologi pertanian maupun industri. Plastik polietilena di singkat dengan PE

merupakan hasil dari polimerisasi dari molekul etilena C_2H_4 dengan rantai $CH_2 = CH_2$. Polietilena merupakan salah satu jenis termoplastik yang mempunyai sifat yang fleksibel, melunak apabila dipanaskan dan mengeras (kaku) apabila di dinginkan (Billmeyer, 1984). Struktur ikatan yang terbentuk pada polietilena dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Polimerisasi etilena menjadi polietilena (Smith, 1996).

Dalam skala komersil, polietilena dengan densitas menengah dan tinggi memiliki titik leleh antara $120^\circ C$ hingga $135^\circ C$, sementara polietilena berdensitas rendah memiliki rentang titik leleh sekitar $105^\circ C$ hingga $115^\circ C$. Plastik polietilena berdasarkan karakteristiknya secara umum di bedakan menjadi tiga kategori *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), hal ini dapat di lihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Karakteristik polietilena (Smith, 1996).

Polietilena	Densitas (g/cm^3)	Kekuatan Tarik (MPa)	Kuatuluran (%)
Densitas rendah	0,92 -0,93	6,2-17,3	550-600
Densitas sedang	0,922-0,926	12,4-20	600-800
Densitas tinggi	0,95-0,96	2,0-3,93	20-120

Pada **Tabel 2.2** setiap jenis polietilena memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan nilai densitas, kekuatan tarik, maupun kuat uluran polietilena. Nomor kode plastik yang tercantum pada produk-produk perubahan plastik dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4. Nomor kode plastik (UNEP, 2009).

2.3. Sinar Ultraviolet (UV)

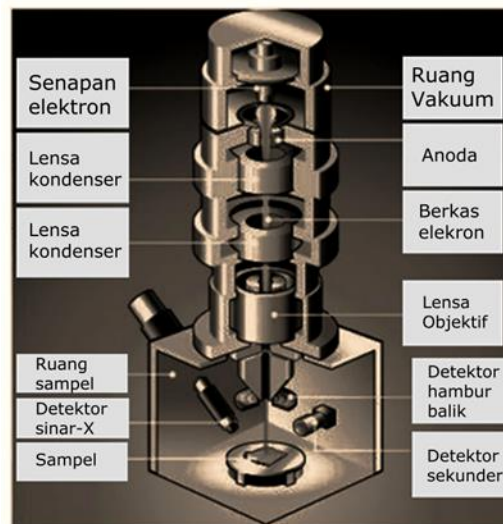
Sinar ultraviolet (UV) ditemukan oleh fisikawan Jerman Johann Wilhelm Ritter pada tahun 1801 melalui eksperimennya dengan paparan sinar matahari pada garam perak, yang menyebabkan garam perak tersebut menggelap (Anne, 2017).

Sinar UV merupakan jenis gelombang elektromagnetik dengan frekuensi lebih tinggi daripada sinar ungu, sehingga sering disebut sebagai ultra ungu. Sinar ultraviolet merupakan gelombang elektromagnetik yang berada di antara panjang gelombang spektrum sinar x dan cahaya tampak. Sinar ultra violet memiliki panjang gelombang 100 nm – 400 nm, intensitas sinar UV diukur dengan menggunakan satuan μ/cm^2 (Alatas dan Lusiyani, 2001). Sinar UV terdapat tiga kategori yang dibedakan berdasarkan panjang gelombangnya, pertama terdapat UV-A yang sering disebut gelombang panjang atau *black light* dengan panjang gelombang antara 315 hingga 400 nm. Kedua, ada UV-B yang dikenal sebagai gelombang menengah atau *medium wave* dengan panjang gelombang berkisar antara 280 hingga 315 nm. Terakhir, terdapat UV-C yang juga disebut gelombang pendek atau *short wave* dengan panjang gelombang antara 100 hingga 280 nm (Afifaturahmah, 2017).

Sumber utama alami sinar UV terpancar dari matahari, namun hanya sepertiga dari sinar UV yang sampai ke tanah dikarenakan lapisan ozon pada bumilah yang berfungsi menyerap sinar UV dan meneruskan sinar UV yang tidak membahayakan makhluk hidup di bumi. Radiasi UV mempunyai energi yang cukup untuk memecahkan ikatan kimia. Karena energi yang lebih tinggi, foton UV dapat menyebabkan ionisasi, sebuah proses di mana elektron terlepas dari atom. Ruang yang kosong dapat mempengaruhi sifat kimia dari atom dan menyebabkan mereka untuk membentuk atau menghancurkan ikatan kimia yang lain (Yudhoyono, 2017). Radiasi sinar ultraviolet dapat menyebabkan fotodegradasi pada polimer plastik yang menyebabkan penurunan sifat fisik tentu seperti keretakan, pengapuran, perubahan warna, dan penurunan kualitas plastik lainnya (Hastuti, 2020).

2.4. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu jenis mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel dengan ukuran mikrometer sampai dengan nanometer. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mengandalkan tembakan elektron yang dihasilkan dari senapan elektron dan diberi tegangan katoda di atas 25 kV dengan kuat arus sekitar 50-500 μA . Setelahnya elektron primer akan difokuskan hingga berinteraksi dengan atom pada sampel/bahan seperti pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Skema mikroskop elektron (Sumber: https://www.researchgate.net/figure/266462759_fig10_Figure-51Schematic-diagram-of-a-scanning-electron-microscope-118).

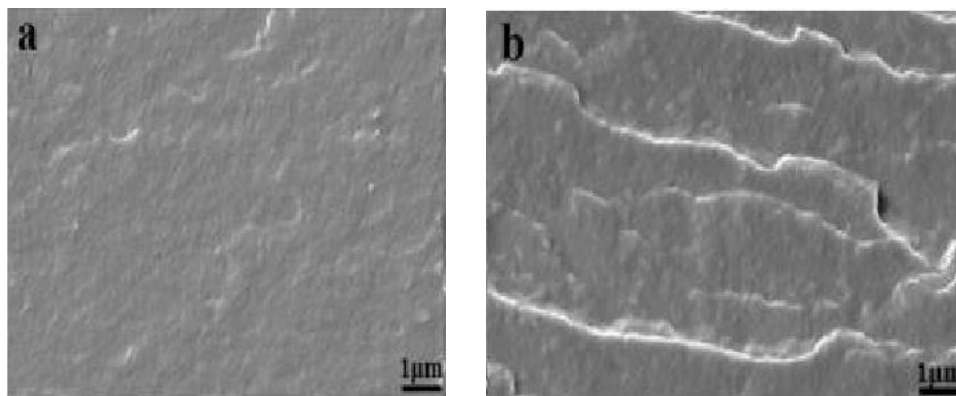
Berdasarkan **Gambar 2.5**, elektron yang di tembakan dengan energi besar dari elektron gun /elektron primer akan secara langsung tepat menumbuk atom sampel yang telah ditargetkan ini akibat pengaruh dari lensa kondenser. Saat interaksi antara elektron primer dan elektron terluar sampel, terjadilah sebuah hamburan elektron yang mengakibatkan elektron dari kulit terluar sampel terpental (tereksitasi) keluar ini disebabkan karena energinya lebih kecil dari elektron primer. Dengan hal ini elektron primer meneruskan sisa energinya pada elektron yang ada hingga menuju kulit yang terdekat dengan inti akibat gaya inti.

Untuk elektron-elektron yang berada pada kulit di atasnya akan kelebihan energi sehingga secara beraturan masing-masing elektron akan naik menuju kulit terluar (gaya coulomb lebih besar dari sebelumnya) ini mengakibatkan timbulnya sinar - X. Sinar-X yang timbul selanjutnya di ubah ke dalam sinyal pulsa oleh photomultiplier selanjutnya pulsa tersebut di ubah menjadi bilangan digital melalui *Analog to Digital Converter* (ADC) agar dapat dibaca *Multi Channel Analyser* (MCA) dan ditampilkan pada layar CRT (TV) (Sharma *et al.*, 1999).

Hasil yang dapat dilihat pada layar CRT meliputi sebagai berikut.

1. Morfologi, yang mengacu pada bentuk dan ukuran partikel yang membentuk objek.
2. Komposisi, yang mencakup data kuantitatif tentang unsur dan senyawa yang terkandung dalam objek. Bila digabungkan dengan sistem EDX/EDS (*Energy Dispersive X-Ray/ Energy Dispersive Spectroscopy*).

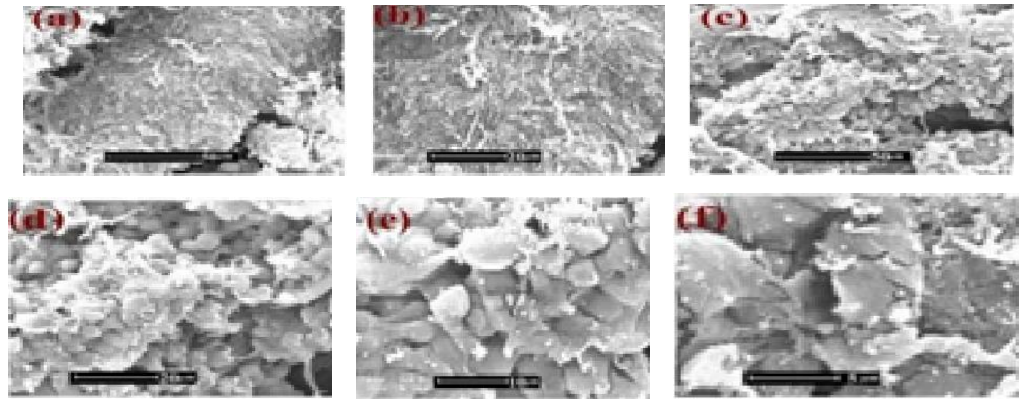
Informasi kristalografi, yang merujuk pada informasi tentang susunan butiran dalam objek yang diamati (Stefanaki, 2008).



Gambar 2.6. SEM dari nanokomposit TiO_2 /poliakrilat, (a) 0 wt% nano TiO_2 , (b) 1,5 wt% nano TiO_2 (Wang *et al.*, 2016).

Pada suatu film nanokomposit dapat di gunakan SEM untuk melihat keadaan dispersi nanopartikel TiO_2 . Pada **Gambar 2.6**, fraktur dari film nanokomposit TiO_2 /poliakrilat gambar (a) menunjukkan bahwa permukaan yang rapi dan relatif halus. Sedangkan pada gambar b muncul menjadi jelas lebih kasar. Selain itu tidak ditemukan aglomerasi nanopartikel TiO_2 pada film nanokomposit TiO_2 /poliakrilat.

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa nanopartikel TiO₂ terdispersi secara homogen dalam film nanokomposit (Wang *et al.*, 2016).



Gambar 2.7. SEM dari nanokomposit PVA (a dan b) murni, dan PVA/TiO₂ 10 wt%(c)–(f) dengan pembesaran berbeda (Mallakpour, 2011).

Pada **Gambar 2.7** hasil morfologi permukaan SEM dari penelitian yang telah dilakukan oleh Mallakpour (2011) bagian c – f bahwa nanopartikel TiO₂ tersebar secara homogen dalam matriks PVA. Dengan penambahan nanopartikel TiO₂ morfologi PVA murni (a dan b) berubah. Terlihat pula bahwa manik-manik PVA dan TiO₂ terdistribusi dengan baik ke seluruh bagian matriks.

2.5. UV Light Meter UV340b

Merupakan alat pengukur intensitas cahaya dengan rentang panjang gelombang 265-360 nm (Eugene *et al.*, 2007). Perangkat portabel ini dapat mengukur intensitas sinar yang dipancarkan oleh sumber sinar UV. Spesifikasi UV light meter UV340b mencakup fitur seperti pengontrol UV light meter UV340b untuk transformasi data, sumber cahaya UV, detektor UV, dan kemampuan untuk menghitung konsentrasi kimia berdasarkan emisi fluoresensi terukur dalam rentang panjang gelombang yang ditentukan. Spesifikasi ini menjadikan UV340b alat serba guna untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan pengukuran sinar UV yang akurat (Anuskha, 2000). Alat UV light meter UV340b ditunjukkan seperti **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8. Alat UV *light meter* UV340b.

Model alat UV Light Meter UV340B mengukur panjang gelombang ultraviolet dengan rentang 320 - 360 nanometer untuk UVA (gelombang ultraviolet panjang) dan 290 - 320 nanometer untuk UVB (gelombang ultraviolet pendek). Spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut.

1. Mempunyai rentang 0 - 40 mW/cm².
2. Mempunyai 3 kisaran, yaitu 400 μW/cm² , 4000 μW/cm² , dan 40 mW/cm² .
3. Mempunyai UV sensor spektrum sebesar 290 – 390 nm.
4. Mempunyai struktur sensor, yaitu foto eksklusif UV dioda dan UV filter warna koreksi.
5. Mempunyai suhu operasional, yaitu -10°C hingga 40°C (14°F hingga 104°F).
6. Mempunyai kelembaban operasi, yaitu 0% hingga 70% Rh.
7. Mempunyai over masukan di indikasi “OL”.

Spesifikasi UV Light meter UV340b ini juga mempunyai fitur seperti pengontrol untuk transformasi data, detektor UV, dan kemampuan untuk menghitung konsentrasi kimia. Spesifikasi ini menjadikan UV340b alat serbaguna untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan pengukuran sinar UV yang akurat.

2.6. Koefisien Atenuasi

Koefisien atenuasi merupakan gambaran seberapa besar cahaya datang berkurang dibandingkan dengan energi cahaya yang datang di permukaan. Pengurangan

energi cahaya dikarenakan adanya proses absorpsi dan hamburan oleh kolom air dan materi yang terkandung di dalamnya seperti fitoplankton, padatan tersuspensi dan CDOM (Amone *et al.*, 2001).

Perubahan sinar-X berupa berkas intensitas cahaya pada beberapa jarak di suatu material dapat dinyatakan dalam bentuk **Persamaan 2.1**.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.1)$$

Dengan I adalah intensitas cahaya setelah menembus bahan setebal x ($\mu W/cm^2$), I_0 adalah intensitas cahaya awal ($\mu W/cm^2$), μ adalah koefisien atenuasi (cm^{-1}), dan x adalah ketebalan material (cm), n adalah banyaknya atom/ cm^3 adalah, Susun ulang dan ambil log kedua ras sehingga diperoleh persamaan μ dalam bentuk **Persamaan 2.2**, **Persamaan 2.3**, dan **Persamaan 2.4** (Dexa, 2007).

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} \quad (2.2)$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu x \quad (2.3)$$

$$\frac{\ln \frac{I}{I_0}}{-x} = \mu \quad (2.4)$$

Saat cahaya melewati suatu medium, terdapat tiga kemungkinan reaksi intensitas cahaya:

1. Jika $I = I_0$ berarti tidak ada penyerapan cahaya, atau seluruh cahaya diteruskan.
2. Jika $I = 0$, berarti seluruh cahaya diserap, atau tidak ada yang diteruskan.
3. Jika $I < I_0$, berarti sebagian cahaya diserap oleh sampel.

Peristiwa ini dapat memberikan informasi mengenai nilai penyerapan sampel terhadap sinar ultraviolet, yang digunakan sebagai dasar analisis (Marham, 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 2 Februari sampai 1 Juni 2024 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Karakterisasi sampel dilaksanakan di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT LTSIT) Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca digital mikro, cawan petri, gelas beker, spatula, *hot plate*, kotak penipisan plastik yang terbuat dari kaca, batang pelapis (*bar coater*), lampu UV 30 Watt merk Osram, alat UV *light meter* model UV340B, lensa fokus statif, dan tempat alat ukur tanpa cahaya yang terbuat dari kardus. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nano TiO₂ dan biji polietilen merk HDPE.

3.3. Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan antara lain preparasi sampel plastik nanotitania-polietilena, uji sinar anti UV dengan alat UV *Light Meter* UV340B dan karakterisasi SEM.

3.3.1. Pembuatan Sampel Lapisan Tipis Nanotitania-polietilena

Dalam pembuatan material komposit plastik nanotitania-polietilena dilakukan melalui metode pencampuran yang cukup sederhana.

1. Serbuk nanotitania dibuat dari bahan awal Titanium isopropoxide (TTIP), dan mengatur pemberian garam CaCl_2 dengan metanol. Serbuk nanotitania dicampurkan dengan biji polietilena yang telah dipanaskan. Dalam hal ini polietilena bertindak sebagai bahan pengikat atau matriks.
2. Melelehkan biji plastik polietilena yang telah ditempatkan di atas cawan dan dipanaskan menggunakan *hot plate stirrer* pada suhu 120°C selama 12 menit hingga berubah bentuk menjadi cair dan berwarna bening.
3. Kemudian mencampurkan nanotitania dengan polietilena yang sudah dilelehkan selama 8 menit. Kedua campuran tersebut diaduk dengan batang pengaduk atau spatula hingga larut merata.
4. Campuran nanotitania-polietilena diangkat dari cawan petri, diletakkan di atas kaca lalu dicetak dengan batang pelapis. Variasi dari penambahan nanotitania dengan ketebalan batang pelapis dapat dilihat pada **Tabel 3.1**, **Tabel 3.2**, dan **Tabel 3.3**. Variasi sampel nanotitania-polietilena dengan ketebalan batang pelapis (bar coater) sebesar $6\ \mu\text{m}$ ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan $6\ \mu\text{m}$.

Sampel	Polietilena[g]	NanoTiO ₂ [g]
A00	3,00	0,00
A05	3,00	0,05
A10	3,00	0,10
A15	3,00	0,15
A20	3,00	0,20
A25	3,00	0,25

Variasi sampel nanotitania-polietilena dengan ketebalan batang pelapis (bar coater) sebesar $12\ \mu\text{m}$ ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan 12 μm .

Sampel	Polietilena[g]	NanoTiO₂[g]
B00	3,00	0,00
B05	3,00	0,05
B10	3,00	0,10
B15	3,00	0,15
B20	3,00	0,20
B25	3,00	0,25

Variasi sampel nanotitania-polietilena dengan ketebalan batang pelapis (bar coater) sebesar 25 μm ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3. Variasi sampel nanotitania-polietilena ketebalan 25 μm .

Sampel	Polietilena[g]	NanoTiO₂[g]
C00	3,00	0,00
C05	3,00	0,05
C10	3,00	0,10
C15	3,00	0,15
C20	3,00	0,20
C25	3,00	0,25

Film yang terbentuk kemudian dibiarkan pada suhu ruangan setelah proses pencetakan dan disiapkan untuk uji intensitas sinar UV dan proses karakterisasi SEM.

3.3.2. Uji Intensitas Sinar UV

Pengujian intensitas sinar UV bertujuan untuk mengetahui kuat pengaruh variabel penambahan nanotitania dalam memblokir sinar anti UV. Data hasil pengukuran intensitas sinar UV ini menjadi parameter keberhasilan dari tujuan penelitian ini.

Dalam penelitian ini, digunakan alat pengukur sinar UV model UV340B dengan rentang pengukuran intensitas sinar UV sekitar 4000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Proses pengujian intensitas sinar UV dijelaskan sebagai berikut.

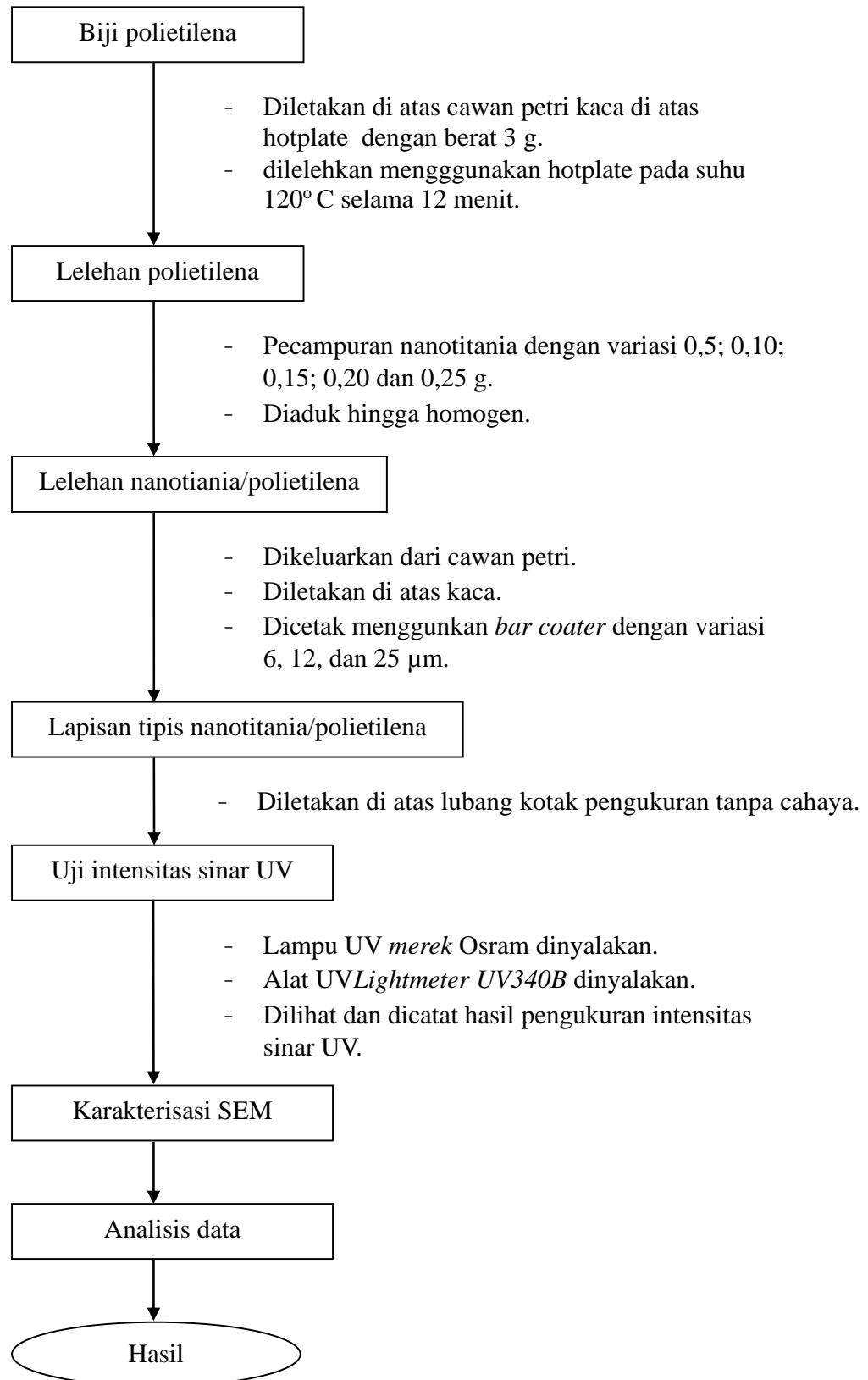
1. Mempersiapkan sampel nanotitania-polietilena, alat pengukur sinar UV (*UV light meter* UV340b), box hitam dan lampu UV merk Osram.
2. Lampu UV di atur, dengan jarak antara lampu UV ke lensa fokus sekitar 48 cm, jarak antara lensa fokus ke sampel sekitar 23 cm dan jarak dari sampel ke alat pengukur sekitar 10 cm, jadi tinggi keseluruhan sekitar 81 cm seperti pada **Gambar 3.1**.
3. Sampel nanotitania-polietilena diletakan di atas lubang kotak pengukuran tanpa cahaya.
4. Lampu UV dinyalakan.
5. Alat *UV light meter* UV 340b diletakan di dalam lubang kotak pengukuran tanpa cahaya, dinyalakan, diamati, dan dicatat hasil yang tertera di layar.



Gambar 3.1. Lampu UV merk Osram yang telah dirancang.

3.4. Diagram Alir

Dalam penelitian ini diawali dengan biji plastik polietilena yang dilelehkan, preparasi sampel komposit nanotitania-polietilena yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian intensitas sinar UV. Skema pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengaruh ketebalan pada plastik polietilen menunjukkan semakin meningkatnya nilai ketebalan bersamaan dengan meningkatnya nilai sifat anti ultraviolet.
2. Penambahan nanotitania pada nanotitania-polietilena menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan nanotitania maka nilai sifat anti ultraviolet semakin meningkat.
3. Bentuk penyebaran nanotitania pada nanotitania-polietilena menghasilkan warna putih yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya nilai konsentrasi. Terdapat nanobatang namun terjadinya aglomerasi dan penyebaran yang tidak merata

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ini, diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan penipisan secara otomatis agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Affifaturahmah, I. 2017. Penggunaan iradiasi sinar ultraviolet untuk menghasilkan mutan fungi mikoriza arbuskular entrophospora sp. Isolat mv 5 tahan n tinggi, p tinggi, dan ph rendah. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Afrozi, A.S. 2010. Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol Dan Air. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Andrady, A. L., Heikkilä, A. M., Pandey, K. K., Bruckman, L. S., White, C. C., Zhu, M., & Zhu, L. 2023. Effects Of UV Radiation On Natural And Synthetic Materials. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 22(5), 1177-1202.
- Anne, W. T. 2017. *Soaking up the rays: Light therapy and visual culture in Britain, c. 1890–1940* (p. 288). Manchester University Press.
- Carp, O., Huisman, C. L., & Reller, A. .2004. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Progress in solid state chemistry*, 32(1-2), 33-177.
- Hastuti, E. S. P. 2020. Pengaruh Penambahan TiO₂ Terhadap Perlindungan Sinar Ultra Violet Pada Smart Packaging Dengan Bahan Pati Biji Durian. *Doctoral dissertation*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Herman, J. 1999. Water Treatment By Heterogeneous Photocatalys. In F. a. Jassen. *Enviromental Catalysis*, 171-191.
- Haugen, H., Will, J., Köhler, A., Hopfner, U., Aigner, J., & Wintermantel, E. 2004. CeramicTiO₂-Foams: Characterisation of a Potential Scaffold. *Journal of the European Ceramic Society*, 24(4),661-668.
- Katritzky, A. R., Sild, S., Lobanov, V., & Karelson, M. 1998. Quantitative Structure–Property Relationship (QSPR) Correlation of Glass Transition Temperatures of High Molecular Weight Polymers. *Journal Of Chemical Information and Computer Sciences*, 38(2), 300-304.
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

- Kollár, M., & Zsoldos, G. 2012. Investigating Poly(vinyl-chloride)-Polyethylene Blends by Thermal Methods. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 107, No. 2, Pp. 645-650.
- Komalasari, M., & Sunendar, B. 2013. Penggunaan TiO₂ Partikel Nano Hasil Sintesis Berbasis Air Menggunakan Metoda Sol-Gel Pada Bahan Kapas Sebagai Aplikasi Untuk Tekstil Anti Uv. *Arena Tekstil*, 28(1).
- Mallakpour, S., & Barati, A. 2011. Efficient Preparation of Hybrid Nanocomposite Coatings Based On Poly (Vinyl Alcohol) And Silane Coupling Agent Modified TiO₂ Nanoparticles. *Progress In Organic Coatings*, 71(4), 391-398.
- Marham, Sitorus. (2013). *SPEKTROSKOPI, Eulidasi Struktur Molekul Organik Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Martínez, R. A., González, M. R., Soto, B. J. J., dan Rosales, C. I. 2015. Investigating the Degradability of HDPE, LDPE, PE-BIO, and PE-OXO Films under UV-B Radiation. *Journal of Spectroscopy*. Hal. 1-6.
- Othmer, K. 1997. Encyclopedia of Chemical Techology. *Journal Physic Chemical 4th Edition. Vol 24*.
- Pelaez, M., Falaras, P., Likodimos, V., Kontos, A. G., De la Cruz, A. A., O'shea, K., & Dionysiou, D. D. 2010. Synthesis, Structural Characterization and Evaluation of Sol-Gel-Based NF-TiO₂ Films With Visible Light-Photoactivation For The Removal Of Microcystin-LR. *Applied Catalysis B: Environmental*, 99(3-4), 378-387.
- Reed, S. J. B. 2005. *Electron Microprobe Analysis And Scanning Electron Microscopy In Geology*. Cambridge university press. Florida. Page 23-24.
- Salih, F. M., & Pillay, A. E. 2007. Efficiency of Solar Water Disinfection Photocatalized by Titanium Dioxide of Varying Particle Size. *Journal of Water and Health*, 5(3), 335-340.
- Sari, L. 2013. Pengaruh Nanopartikel Titanium Dioksida Pada Resin Sebagai Material Transparan Anti UV dan Self Cleaning. *Jurnal Fisika Unand*, 2(1).
- Seery, M. K., George, R., Floris, P., & Pillai, S. C. 2007. Silver Doped TitaniumDioxideNanomaterials for EnhancedVisible LightPhotocatalysis. *Journal of Photochemistry And Photobiology A:Chemistry*, 189(2-3), 258-263.

- Sharma, H. S. S., McCall, D., & Kernaghan, K. 1999. Scanning Electron Microscopy, X-ray Microanalysis, And Thermogravimetric Assessment of Linen Fabrics Treated With Crease-Resisting Compound. *Journal of Applied Polymer Science*, 72(9), 1209-1219.
- Smith, W.F. 1996. *Principles of Material Science and Engineering, third Edition*. New York. Graw-Hill.
- Shrivastava, A. 2018. Plastic Properties and Testing. *Journal Plastics Design Library*. Hal. 49-110
- Surono, U. B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal teknik*, 3(1).
- UNEP. 2009. *Converting Waste Plastics Into a Resource, Division of Technology, Indutry and Economics International Environmental Technology Centre*. Shiga: Osaka.
- Stefanaki, E. C. 2008. Electron Microscopy The Basics. *Physics of Advanced Materials Winter School*, pp. 7-8.
- Wang, C., Sheng, X., Xie, D., Zhang, X., & Zhang, H. 2016. High-Performance TiO₂/Polyacrylate Nanocomposites With Enhanced Thermal and Excellent UV-Shielding Properties. *Progress in Organic Coatings*, 101, 597-603.
- Wilcoxon, J. P. 2000. Photooxidation Of Organic Wastes Using Semiconductor Nanoclusters. *Journal Physical Chemical*. No. EMSP-55387
- Yudhoyono, B. 2017. *Spektrometri*. Palembang : Simetri.
- Yuniari, A. 2014. Sifat Elektrik dan Termal Nanokomposit Poly (Vinyl Chloride) (PVC)/Low Density Polyethilene (LDPE). *Majalah kulit, karet dan plastic*, Vol. 30. No. 2, Hal. 53-60.
- Yurdakal, S., Loddo, V., Bayarri Ferrer, B., Palmisano, G., Augugliaro, V., Giménez Farreras, J., & Palmisano, L. 2007. Optical Properties Of TiO₂ Suspensions: Influence of Ph and Powder Concentration on Mean Particle Size. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46(23), 7620-7626.
- Zan, L., Fa, W., & Wang, S. 2006. Novel Photodegradable Low-Density Polyethylene-TiO₂ Nanocomposite Film. *Environmental Science & Technology*, 40(5), 1681-1685.
- Zubaidah, A., & Yanti, L. 2001. *Efek Kesehatan Radiasi Non Pengion Pada Manusia*. Prosiding SNKKL 2001.