



Gel tabir surya berbahan aktif titanium dioksida dengan beberapa variasi perbandingan konsentrasi dalam carbopol (1% b/b)

Riri Jonuarti^{1,2*}, Triati Dewi Kencana Wungu^{2,3}, Freddy Haryanto^{2,3}, Suprijadi^{2,3}

¹Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

²Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia

³Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia

Abstrak

Titanium dioksida (TiO_2) adalah salah satu material yang dipakai sebagai bahan aktif dari produk tabir surya yang dikomersilkan. Keuntungan penggunaan material TiO_2 sebagai material aktif tabir surya adalah spektrum perliindungannya yang luas mencakup daerah ultraviolet (UV) yaitu ultraviolet tipe B (UVB) dan ultraviolet tipe A (UVA). Disamping itu, TiO_2 adalah material anorganik yang tidak menimbulkan iritasi pada kulit. Namun, ukuran partikel TiO_2 yang berstandar kosmetik *grade* yang beredar dipasaran adalah besar, maka pemakaian TiO_2 cenderung meninggalkan noda putih (*white cast*) di kulit. Untuk mengatasi masalah *white cast* tersebut, kami mencoba mengembangkan gel transparan yang mengandung TiO_2 yang menggunakan Carbopol 940 (1%b/b) sebagai *base* nya. Pada penelitian ini, kami membuat beberapa variasi perbandingan konsentrasi antara TiO_2 terhadap Carbopol 940 (1% b/b) pada gel tabir surya. Gel yang diperoleh diuji melalui uji absorbansi dan reflektansi spektroskopi UV-vis disekitar daerah UV dan cahaya tampak. Karakterisasi spektroskopi UV-vis menunjukkan bahwa absorpsi maksimum dan reflektansi maksimum dari material ini berada pada daerah UVA. Konsentrasi TiO_2 yang diperbesar dalam formula yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b), membuat puncak absorpsi dan refleksi dari gel semakin tinggi. Namun, reflektansi TiO_2 pada daerah cahaya tampak masih cukup tinggi yaitu berada pada rentang 70% - 80%, yang berarti bahwa cahaya tampak hanya lolos sebesar 20% - 30 % saat melewati gel tabir surya. Hal ini disebabkan oleh gel yang masih kurang bening dan menjadi sebuah kelemahan dari penelitian ini. Hasil-hasil yang diberikan dari tahap awal penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi awal pengembangan tabir surya berbahan TiO_2 tanpa harus mengubah ukuran partikel TiO_2 ke dalam skala nanometer.

Kata kunci : absorbansi, reflektansi, TiO_2 , tabir surya, UV

1. Pendahuluan

Titanium dioksida (TiO_2) memiliki tiga bentuk kristal di alam, yaitu rutil, anatase dan brookite (Lee JD., 1994). TiO_2 merupakan senyawa padat non-organik yang stabil, tidak larut dalam air, tidak mudah menguap secara kimia, dan bersifat pasif secara biologi (Joanna Glówczyk-Zubek, 2004). Material ini berbentuk bubuk putih dan tahan terhadap perubahan warna di bawah sinar ultraviolet (UV) disebabkan oleh indeks bias TiO_2 yang sangat tinggi. Aplikasi dari material TiO_2 ini terbuka untuk segala bidang, seperti cat dan pelapis, gelas dan enamel, plastik, kertas, serat, makanan, obat-obatan dan kosmetik (<https://www.icis.com>, diakses pada Oktober 2019)

Penelitian ini menekankan pada penggunaan TiO_2 dalam produk kosmetik, salah satunya dalam tabir surya. Dasar kerja

seederhana dari tabir surya adalah ketika foton (radiasi matahari, terutama ultraviolet/UV dan cahaya tampak) mengenai suatu material, maka foton tersebut akan dihamburkan begitu mengenai permukaan material. Disamping hamburan, peristiwa yang bisa saja terjadi adalah foton akan diabsorpsi, ditransmisikan dan dipantulkan ketika melalui sebuah medium (material). Untuk peristiwa absorpsi atau penyerapan, singkatnya adalah transfer energi dari foton datang ke elektron valensi yang terdapat pada material yang dipaparnya. Energi yang diabsorpsi oleh elektron valensi yang berada pada *higher occupied molecular orbital* (HOMO) akan digunakan untuk meloncat ke *lowest unoccupied molecular orbital* (LUMO). Untuk TiO_2 dalam bentuk rutil dan anatase, memiliki energi gap atau perbedaan energi antara HOMO dan LUMO berkisar 3,0 – 3,2

eV. Rentang energi ini berada pada daerah panjang gelombang UV. Sehingga dapat dikatakan bahwa TiO₂ memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi UV dan energi tersebut digunakan untuk berpindah dari HOMO ke keadaan energi yang lebih tinggi/LUMO (Mills A dan Le Hunte S., 1997).

Disamping keunggulan TiO₂ yang mampu menyerap radiasi UV, terdapat juga kelemahan dari pemakaian material ini sebagai tabir surya, yaitu meninggalkan *white cast* pada kulit. Hal ini dikarenakan TiO₂ memiliki pigment berwarna putih yang padat, tidak larut dalam air dan pelarut organik lainnya. TiO₂ memiliki nilai refraktif index yang tinggi yang akan memantulkan dan menyebarkan radiasi UV dan cahaya tampak. Pantulan dan penyebaran radiasi elektromagnetik yang tinggi akan membuat material ini terlihat putih pada saat diaplikasikan pada permukaan kulit. Salah satu cara yang telah banyak dilakukan untuk mengatasi *white cast* ini adalah dengan memperkecil ukuran butiran TiO₂ (220 – 250 nm) menjadi 20 nm atau kurang. Ukuran partikel tersebut sangat mempengaruhi tingkat absorpsi dan hamburan TiO₂ pada daerah UV. Beberapa data yang tersedia dari sebuah referensi dicantumkan pada Tabel 1.

Data yang tertera pada Tabel 1, memperlihatkan bahwa memperkecil ukuran partikel hingga 20 nm, akan meningkatkan persentase absorpsi dan menurunkan persentase hamburan TiO₂ untuk kedua daerah UVB dan UVA. Akan tetapi, permasalahan lain timbul seiring dengan ukuran partikel yang semakin kecil, TiO₂ akan bersifat potoreaktif dan menghasilkan

radikal bebas (Smijs TG. Et al., 2011). Hal ini akan membuat TiO₂ berbahaya apabila diaplikasikan sebagai kosmetik. Untuk mengatasi sifat potoreaktif yang muncul akibat ukuran partikel TiO₂ yang semakin kecil adalah dengan melapisi butiran material ini dengan *lignin* (Michela Morsella, 2016).

Namun, kami lebih mengusulkan solusi yang lebih sederhana untuk mengatasi masalah *white cast* tanpa menimbulkan permasalahan yang baru, yaitu dengan menyusun formula tabir surya dalam bentuk gel. Kami mencoba menampilkan formulasi gel transparan (apabila diaplikasikan pada permukaan kulit tidak tampak putih) yang stabil dan mengandung TiO₂ dalam ukuran mikro, yang sudah berstandar kosmetik *grade* dan sudah banyak beredar di pasaran sebagai bahan baku kosmetik. Disini tidak ada modifikasi terhadap ukuran dari partikel TiO₂. Pada tahap ini, kami membuat batasan yaitu hanya melakukan pengukuran sifat fisik dari sampel gel tabir surya dengan menggunakan spektroskopi UV-vis. Dari hasil pekerjaan ini, kami belum bisa menyatakan bahwa formula tabir surya berbentuk gel lebih baik dibandingkan dengan formula tabir surya berbentuk krim atau lainnya. Tahap ini adalah tahap awal kami mencoba membuat tabir surya ke dalam bentuk gel dan belum dapat dibandingkan dengan formula tabir surya yang telah dilakukan oleh sumber lain ataupun produk tabir surya yang telah berada di pasaran.

Tabel 1. Redaman radiasi dari absorpsi dan hamburan TiO₂ dengan beberapa ukuran partikel yang berbeda pada daerah UVA dan UVB (Joanna Glówczyk-Zubek, 2004).

Ukuran partikel rata-rata (nm)	UVB (310 nm)		UVA (360 nm)	
	% absorpsi	% hamburan	% absorpsi	% hamburan
20	93	7	50	50
50	63	37	17	83
100	52	48	14	86
220	46	54	30	70

2. METODE

a. Material

Eksperimen ini menggunakan mikro-partikel titanium dioksida (TiO_2) berstandar kosmetik grade yang sudah dikomersilkan. Sebagai bahan dasar gel digunakan

Carpobol 940 (Sigma Aldrich), triethanolamine (TEA) (Sigma Aldrich) dan Aquades sebagai pelarut. Penggunaan jenis material beserta fungsinya untuk membangun gel tabir surya disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Material beserta fungsinya sebagai komposisi gel tabir surya.

Material	Fungsi
Carbopol 940	Polimer dari eksipien kosmetik gel
Triethanolamine (TEA)	Pengatur pH (5 - 7)
Titanium dioksida (TiO_2)	Filter anorganik (bahan aktif tabir surya)
Aquades	Pelarut

b. Pembuatan Sampel Gel Tabir Surya

Pembuatan gel tabir surya berbahan aktif TiO_2 diawali dengan preparasi formula dasar/base dari gel tersebut dengan menggunakan Carbopol 940. Carbopol 940 yang digunakan adalah 1% (b/b) di dalam triethanolamine (TEA) 1,5 % (b/b) dan Aquades (add 100). Campuran ini adalah formula yang paling stabil berdasarkan parameter viskositas, daya sebar, homogenitas, tipe emulsi, pH, organoleptis,

dan stabilitas, merujuk pada tulisan ilmiah dari Merry Handayani dkk (Merry Handayani et al., 2015). Kemudian, TiO_2 dimasukkan kedalam formula dasar dan kemudian diaduk hingga campuran homogen. Beberapa sampel dibuat dengan memvariasikan persentasi konsentrasi TiO_2 terhadap persentasi konsentrasi karbopol 940 (1% b/b) dalam formula gel, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan konsentrasi TiO_2 dan Carbopol 940 pada sampel.

TiO_2 (% b/b)	Carbopol 940 (% b/b)
0,25	1
0,50	1
0,75	1
1	1

c. Karakterisasi Fisik

1) UV Absorption Spectroscopy.

Absorbansi tidak hanya diukur pada daerah UV, namun juga pada daerah cahaya tampak. Sehingga absorbansi yang diukur berada pada daerah panjang gelombang 300 nm – 800 nm. Pengukuran dilakukan dengan mengoleskan gel di atas slide kaca setebal 1 mm sebanyak 2 mg/cm^2 dengan menggunakan kuas. Sampel dibiarkan mengering dan kemudian ditempatkan di dalam UV-2000S *Ultraviolet Transmittance Analyzer*. Sebelum pengukuran sampel, terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap slide kaca kosong. Percobaan dilakukan untuk ke empat sampel dan data spektral diproses dari perangkat lunak *Labsphere* di mana panjang gelombang kritis berada dihitung.

2) Diffuse Reflectance Spectroscopy

Pengukuran ini masih dilakukan dalam alat UV-2000S *Ultraviolet Transmittance Analyzer* yang dilengkapi sekaligus dengan fungsi pengukuran hamburan. Untuk pengukuran daya hamburan sampel digunakan wadah khusus yang dilengkapi kaca yang terbuat dari *sapphire*. Pengukuran daya hamburan atau reflektansi dilakukan dengan memasukkan gel kedalam wadah dan kemudian di tempatkan ke dalam UV-2000S *Ultraviolet Transmittance Analyzer*. Pengukuran terhadap reflektansi sampel ini mengacu kepada hasil pengukuran MgO standar optikal dalam spektrum cahaya tampak dengan panjang gelombang 400 nm – 700 nm. Hasil yang diperoleh dari daya hamburan atau reflektansi dari sampel adalah dalam persentasi reflektansi.

3. Hasil dan Pembahasan

a. UV Absorption Spectroscopy.

Spektra serapan dari gel tabir surya dengan empat variasi konsentrasi TiO_2 (% b/b) dan Carbopol 940 dibuat tetap (1% b/b) disajikan pada Gambar 1. Formula dasar tanpa TiO_2 tidak ditampilkan pada gambar karena tidak terdapat pengaruh terhadap absorpsi baik pada UVB ataupun UVA. Bentuk spektrum absorpsi dari grafik spektra serapan pada Gambar 1

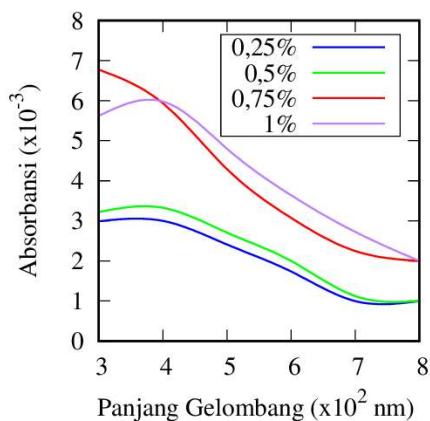
menggambarkan kemampuan perlindungan TiO_2 di berbagai wilayah spektral dan amplitudo spektrumnya yang menunjukkan tingkat perlindungan TiO_2 . Daerah spektra yang dilihat tidak hanya pada daerah UV saja, akan tetapi di sepanjang radiasi dengan panjang gelombang 300 nm – 800 nm. Uraian jenis radiasi beserta panjang gelombangnya ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jenis radiasi beserta panjang gelombangnya masing-masing.

Jenis Radiasi		Panjang gelombang (nm)
UV	UVB	300 – 315
	UVA	315 – 400
Cahaya Tampak	Ungu	400 – 450
	Biru	450 - 489
	Hijau	495 - 570
	Kuning	570 - 590
	Jingga	590 - 620
	Merah	620 - 750

Tabel 4 menguraikan daerah observasi serapan radiasi TiO_2 . Dikorelasikan dengan Gambar 1, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi TiO_2 dalam formula gel, semakin tinggi intensitas serapan dari TiO_2 tersebut pada di seluruh wilayah spektral dari UVB hingga cahaya tampak dengan warna merah. Dengan demikian semakin tinggi pula tingkat perlindungan tabir surya. Namun, pada penelitian ini ditemukan bahwa TiO_2 dengan konsentrasi 0,75 % b/b di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b) memiliki serapan yang lebih tinggi di daerah UVB dan UVA dibandingkan dengan TiO_2

dengan konsentrasi 1 % b/b di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b). Pada daerah cahaya tampak, TiO_2 dengan konsentrasi 0,75 % b/b di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b) memiliki serapan yang lebih rendah dibandingkan TiO_2 dengan konsentrasi 1 % b/b di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b). Secara keseluruhan, sampel gel tabir surya dengan konsentrasi TiO_2 sebanyak 0,75 % b/b di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b), adalah sampel yang memiliki serapan paling tinggi pada daerah UVB dan UVB.



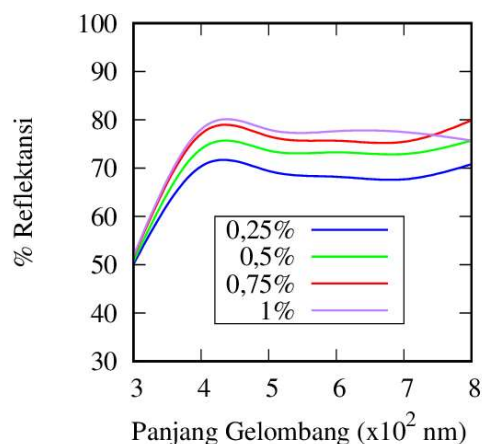
Gambar 1. Spektra serapan dari gel tabir surya dengan 4 variasi konsentrasi TiO₂ (%b/b) di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b).

Gambar 1 juga memperlihatkan bahwa ke-empat sampel gel tabir surya memiliki serapan tertinggi pada daerah UVA dibandingkan dengan UVB, dan serapan tersebut semakin menurun ketika melewati cahaya tampak dari ungu ke merah. TiO₂ bertindak sebagai penghalang radiasi UV secara fisik. Dengan kata lain, TiO₂ adalah filter anorganik yang bertindak menyebarkan dan memantulkan radiasi yang masuk. Sementara secara kimiawi, TiO₂ menyerap radiasi tersebut (Nesseem D., 2011). Oleh sebab itu, pengukuran serapan atau absorbansi hanya mengevaluasi aktifitas fisik dari TiO₂ (Marina Paiva Abuçafy et al., 2016).

b. *Diffuse Reflectance Spectroscopy*

Transparansi dari TiO₂ pada daerah cahaya tampak dapat dievaluasi dengan

menggunakan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (Bahadur N. M. Et al., 2010). Persentasi reflektansi atau hamburan yang semakin tinggi pada suatu daerah radiasi, menandakan transparansi yang semakin rendah pada daerah radiasi tersebut. Pada Gambar 2 terlihat bahwa transparansi dari ke empat sampel semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi TiO₂ (% b/b) di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b) pada daerah cahaya tampak. Dengan menyajikan tabir surya ke dalam bentuk gel, maka tabir surya ini meloloskan 20% hingga 30% cahaya tampak. Selain itu, dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa ke-empat sampel memiliki transparansi yang sangat rendah pada daerah ungu dan merah cahaya tampak.



Gambar 2. Spektra hamburan *diffuse* dari gel tabir surya dengan 4 variasi konsentrasi TiO₂ (%b/b) di dalam gel yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b).

4. Simpulan

Kami mencoba memformulasikan tabir surya berbahan aktif TiO₂ kedalam bentuk gel. Formula dasar/base dari gel ini menggunakan Caropol 940 (1% b/b) dengan tujuan untuk mendapatkan gel yang se transparan mungkin ketika dicampur dengan TiO₂. Dari ke-empat sampel diperoleh puncak absorbansi tertinggi berada pada daerah UVB, walaupun absorbansi tersebut juga tinggi pada UVA. Puncak absorbansi semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi TiO₂ (% b/b) di dalam formula yang mengandung Carbopol 940 (1% b/b). Selain itu, bentuk gel inisudah meloloskan 20%-30% cahaya tampak.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung oleh KEMENRISTEKDIKTI Indonesia melalui hibah penelitian disertasi doktor (PDD) dengan nomor surat keputusan: 127/SP2H/LT/DRPM/2019 dan nomor surat kontrak: 7/E/KPT/2019. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pusat penelitian nano sains dan nanoteknologi (PPNN) Institut Teknologi Bandung (ITB) atas terselenggaranya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Lee JD. 1994. *Zwiazlachemianieorganiczna*. WN PWN, Warszawa
- Joanna Glówczyk-Zubek, Cosmetic Application of Microfine Titanium Dioxide, *J. Appl. Cosmetol.* 22. 2004 143-153.
- <https://www.icis.com./explore/resources/news/2007/11/07/9076546/titanium-dioxide-tio2-uses-and-market-data/>, diakses pada Oktober 2019.
- Mills Adan Le Hunte S. 1997 An Overview of Semiconductor catalysis. *J.Photochem. Photobiol. A: Chem.* 108: 1-35
- Smijts TG, dan Pavel S. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness. *NanotechnolSciAppl* 2011;4:95e112.
- Michela Morsella, Nicola d'Alessandro, Anabel E. Lanterna, dan Juan C. Scaiano, Improving the Sunscreen Properties of TiO₂ through an Understanding of Its Catalytic Properties. *ACS Omega* 2016, 1, 464-469.
- Merry Handayani, NurMita, dan Arsyik Ibrahim, Formulasi dan Optimasi Basis Emulgel Carbopol 940 dan Trietanolamindengan Berbagai Variasi Konsentrasi. Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian Ke-1 Samarinda, 5-6 Juni 2015
- Nesseem D., "Formulation of sunscreens with enhancement sunprotection factor response based on solid lipid nanoparticles," *International Journal of Cosmetic Science*, vol. 33, no. 1, pp. 70-79, 2011.
- Marina Paiva Abuçafy, Eloísa Berbel Manaia, Renata Cristina Kiatkoski Kaminski, Victor Hugo Sarmiento, dan Leila Aparecida Chiavacci, Gel Based Sunscreen Containing Surface Modified TiO₂ Obtained by Sol-Gel Process: Proposal for a Transparent UV Inorganic Filter. *Journal of Nanomaterials* Volume 2016, Article ID 8659240
- Bahadur N. M., Furusawa T., Sato M., Kurayama F., dan Suzuki N., "Rapid synthesis, characterization and optical properties of TiO₂ coated ZnO nanocomposite particles by a novel microwave irradiation method," *Materials Research Bulletin*, vol. 45, no. 10, pp. 1383-1388, 2010.