



STUDI SIFAT OPTIK NANOMATERIAL SiO_2 DENGAN SPEKTROSKOPI UV-Vis

Ramzul Irham Riza^{1a}, Ngafwan¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
rir630@ums.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses High Energy Milling (HEM) terhadap karakteristik nanopartikel SiO_2 yang disintesis dari sekam padi, serta potensinya dalam meningkatkan efisiensi panel surya. Material SiO_2 diproses dengan dan tanpa HEM selama 24 jam, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM, FTIR, dan spektroskopi UV-Vis. Hasil SEM menunjukkan bahwa HEM berhasil mengurangi aglomerasi partikel, dengan ukuran partikel menurun dari 60 μm (tanpa HEM) menjadi kurang dari 20 μm (dengan HEM). Analisis FTIR mengungkapkan penurunan puncak gugus O-H pada SiO_2 yang diproses HEM, mengindikasikan berkurangnya kelembapan yang teradsorpsi, yang dapat meningkatkan daya tahan material. Spektroskopi UV-Vis menunjukkan bahwa SiO_2 tanpa HEM memiliki absorbansi lebih tinggi pada rentang UV (200-350 nm), sedangkan SiO_2 dengan HEM menunjukkan potensi peningkatan interaksi cahaya akibat ukuran partikel yang lebih kecil. Secara keseluruhan, proses HEM terbukti efektif dalam meningkatkan sifat material SiO_2 , seperti, stabilitas dalam mempertahankan performa, dan potensi penyerapan cahaya, yang sangat relevan untuk aplikasi panel surya sehingga membuka sebuah peluang dalam pengembangan material nano berbasis SiO_2 untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan sistem energi terbarukan terutama pada penggunaan solar panel.

Kata kunci: aglomerasi; energi; nanomaterial; optik

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of the High Energy Milling (HEM) process on the characteristics of SiO_2 nanoparticles synthesized from rice husks, as well as their potential in increasing the efficiency of solar panels. SiO_2 materials were processed with and without HEM for 24 hours, then characterized using SEM, FTIR, and UV-Vis spectroscopy. SEM results showed that HEM successfully reduced particle agglomeration, with particle size decreasing from 60 μm (without HEM) to less than 20 μm (with HEM). FTIR analysis revealed a decrease in O-H group peaks in HEM-processed SiO_2 , indicating less adsorbed moisture, which may improve the durability of the material. UV-Vis spectroscopy showed that SiO_2 without HEM had a higher absorbance in the UV range (200-350 nm), while SiO_2 with HEM showed the potential for increased light interaction due to the smaller particle size. Overall, the HEM process proved to be effective in improving SiO_2 material properties, such as, stability in maintaining performance, and light absorption potential, which is very relevant for solar panel applications, thus opening up an opportunity in the development of SiO_2 -

based nanomaterials to improve the efficiency and durability of renewable energy systems, especially in the use of solar panels.

Keywords: *agglomeration; energy; manomaterial; optic*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu material khususnya nano material sangat berhubungan dengan perkembangan dunia teknologi. Penerapan perkembangan ilmu nano material yang dapat dilihat dari perkembangan material yang berdampak pada teknologi mulai dari teknologi kapasitas penyimpanan data, teknologi penyimpanan energi dan konstruksi. Bahan nanomaterial biasanya terdiri dari padatan anorganik yang mengandung komponen zat organik atau sebaliknya. Material nano menunjukkan berbagai sifat yaitu sifat mekanik, elektrik, optik, elektrokimia, katalik, dan struktural yang berbeda dari masing-masing komponen [1]. Pada sifat optik tingkat kemampuan serapan dapat diamati dengan menggunakan metode UV Vis dimana pada fenomena ini berimbas pada perubahan sifat material terhadap warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi [2].

Nanopartikel telah menjadi fokus penelitian yang signifikan dalam berbagai bidang ilmu, termasuk material science, kimia, dan bioteknologi, karena sifat unik mereka yang dapat dimanipulasi untuk aplikasi spesifik. Salah satu area penelitian yang menonjol adalah sintesis dan karakterisasi nanopartikel untuk meningkatkan sifat material, seperti konduktivitas termal, sifat optik, dan kinerja fotokatalitik. Misalnya, eksplorasi penggunaan nanofluida berbasis karbon dalam proses quenching untuk baja karbon S45C. Mereka menemukan bahwa penambahan nanopartikel karbon ke dalam medium pendingin dapat meningkatkan laju pendinginan dan secara signifikan memengaruhi kekerasan dan struktur mikro baja [3]. Hasil ini menunjukkan potensi besar nanofluida dalam aplikasi industri, terutama dalam proses perlakuan panas yang memerlukan kontrol ketat terhadap sifat material.

Selain itu, sintesis nanopartikel silikon karbida (SiC) melalui high-energy ball milling telah dipelajari dan menunjukkan hasil setelah 50 jam penggilingan, ukuran kristalit SiC berkurang dari 120 nm menjadi 26 nm, dengan penurunan persentase kristalinitas dari 74% menjadi 49% [4]. Penelitian ini menunjukkan bahwa high-energy ball milling adalah metode yang efektif untuk menghasilkan nanopartikel dengan ukuran dan morfologi yang terkontrol, yang dapat digunakan dalam aplikasi material canggih seperti komposit dan katalis.

Di bidang energi, penggunaan nanofluida berbasis MXene yang mengandung cairan ionik untuk aplikasi solar thermal collector [5]. Mereka menemukan bahwa penambahan cairan ionik meningkatkan kapasitas penyerapan radiasi matahari dan konduktivitas listrik nanofluida, menjadikannya kandidat yang menjanjikan untuk aplikasi sel surya. Hasil ini menunjukkan bahwa nanofluida dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi sistem energi terbarukan.

Penelitian lain yang relevan adalah sintesis nanohidroksiapatit dari tulang sotong dengan menggunakan metode high-energy milling untuk menghasilkan partikel dengan ukuran hingga 65 nm. Hasil uji viabilitas sel menunjukkan bahwa material ini tidak toksik dan memiliki kekuatan tekan yang cocok untuk aplikasi tulang cancellous. Temuan ini membuka peluang untuk penggunaan nanohidroksiapatit dalam bidang medis, khususnya untuk perbaikan tulang [6].

Dalam konteks fotokatalisis, komposit WO₃-ZnO dengan aktivitas fotokatalitik yang ditingkatkan di bawah sinar UV-Vis. Mereka menemukan bahwa komposit ini tidak hanya efektif dalam mendegradasi methyl orange tetapi juga memiliki kemampuan penyimpanan energi, yang menjadikannya material yang menarik untuk aplikasi lingkungan dan energi [7].

Investigasi sifat optik C60 fullerene dalam berbagai pelarut organik. Mereka menemukan bahwa spektrum photoluminescence (PL) C60 sangat dipengaruhi oleh polaritas pelarut, menunjukkan bahwa interaksi antara nanopartikel dan medium sekitarnya dapat dimanfaatkan untuk mengontrol sifat optik material. Hasil ini memiliki implikasi penting untuk aplikasi dalam optoelektronik dan sensor [8].

Dalam bidang kesehatan, carbon quantum dots (CQDs) telah menarik perhatian sebagai material sensor fluoresen untuk analisis makanan. CQDs memiliki sifat optik yang unik, seperti fotoluminesensi dan toleransi terhadap photobleaching, yang membuatnya cocok untuk mendeteksi aditif makanan, logam berat, dan residu

pestisida. Penelitian ini menunjukkan potensi besar CQDs dalam meningkatkan keamanan pangan melalui teknologi sensor yang cepat dan sensitif. Selain itu, CQDs dapat dimodifikasi untuk meningkatkan penyerapan cahaya dalam rentang spektrum UV-Vis, sehingga dapat digunakan sebagai lapisan tambahan pada sel surya untuk meningkatkan efisiensi konversi energi [9].

Produksi nanopartikel dari berbagai sumber dapat dilakukan dengan metode *High Energy Milling* (HEM), banyak peneliti yang telah melakukan penelitian [10]. Prinsip kerja mesin screener ball mill dimulai dari perputaran tubuh barel yang kemudian menghasilkan gaya sentrifugal, steel ball akan terbawa pada ketinggian tertentu dan jatuh untuk membuat material tergiling. Waktu yang digunakan dalam proses penggilingan tergantung dari jumlah material dan jenis material, sehingga hal tersebut yang dapat menentukan kehalusan material. Semakin lama proses penggilingan maka ukuran partikel yang didapatkan akan semakin halus [11]. HEM terbukti dapat memperkecil ukuran dari suatu material, pada material hydroxyapatite (HA) yang dilakukan proses HEM selama 9 jam dapat memperkecil ukuran hingga 65 nm [8].

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki potensi besar dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri hingga medis dan energi. Namun, tantangan utama tetap ada dalam hal optimasi proses sintesis, stabilitas material, dan dampak lingkungan. Dengan terus berkembangnya teknologi nanomaterial, diharapkan bahwa solusi inovatif dapat ditemukan untuk mengatasi tantangan ini dan memaksimalkan manfaat nanopartikel dalam kehidupan sehari-hari.

Pada bidang energi nanopartikel dapat digunakan sebagai material untuk proses manufaktur panel surya. Observasi kemampuan absorpsi nanopartikel dalam penggunaan sebagai panel tenaga matahari dilakukan dengan pengujian UV-Vis. UV Vis adalah sebuah metode analisis yang digunakan untuk mengukur penyerapan cahaya dalam rentang ultraviolet (UV) dan visible (tampak) oleh suatu sampel sehingga tingkat keterserapan cahaya pada sampel yang diuji dapat dilihat dan dianalisa.

Spektroskopi Ultraviolet-Visible (UV-Vis) merupakan salah satu teknik analisis yang sangat penting dalam bidang kimia, fisika, dan ilmu material. Teknik ini memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan materi pada rentang panjang gelombang ultraviolet (190-400 nm) dan visible (400-800 nm) untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi suatu senyawa atau material. Spektroskopi UV-Vis banyak digunakan karena kemampuannya dalam memberikan informasi tentang struktur elektronik, konsentrasi, dan stabilitas suatu senyawa atau material [12].

Salah satu aplikasi utama spektroskopi UV-Vis adalah dalam karakterisasi material nano, seperti nanopartikel logam, fulleren, dan material komposit. Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mempelajari sifat optik dari C60 fullerene dalam berbagai pelarut organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektroskopi UV-Vis dapat membedakan interaksi antara C60 dengan pelarut berdasarkan polaritas pelarut tersebut [8]. Selain itu, spektroskopi UV-Vis juga digunakan untuk memantau pertumbuhan nanopartikel logam dalam jaringan polimer yang digunakan untuk mempelajari sifat plasmonik dan aplikasi katalitik dari nanopartikel logam mulia yang terintegrasi dalam mikrogel responsif [13].

Spektroskopi UV-Vis juga memiliki peran penting dalam analisis kualitas air untuk mendeteksi parameter kualitas air seperti Chemical Oxygen Demand (COD), ion logam berat, dan nitrogen nitrat. Kemampuan spektroskopi UV-Vis dalam melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif menjadikannya alat yang sangat berguna dalam pemantauan lingkungan [14].

Spektroskopi UV-Vis juga digunakan dalam pengembangan material fotokatalis berbasis bismut, niobium, dan besi (Bi₂FexNbO₇) dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk menentukan celah pita (band gap) material tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan besi dapat menurunkan celah pita material, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya tampak [15].

Dalam penelitian ini, spektroskopi UV-Vis akan digunakan untuk menganalisis sifat optik dan stabilitas dari material nano yang dikembangkan. Teknik ini dipilih karena kemampuannya dalam memberikan informasi yang akurat dan cepat tentang interaksi cahaya dengan material, serta kemudahannya dalam pengoperasian. Dengan demikian, spektroskopi UV-Vis diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan material nano yang memiliki aplikasi luas di berbagai bidang, termasuk energi, lingkungan, dan kesehatan.

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari materi dan atributnya berdasarkan cahaya, suara atau partikel yang dipancarkan, diserap atau dipantulkan oleh materi tersebut. Spektroskopi juga dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara cahaya dan materi.

Spektrofotometer Uv-vis adalah metode analisis menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar tampak pada 16 instrument spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spectrometer dan fotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Daerah visible dari spectrum berada pada rentang panjang gelombang 380 nm (ungu) hingga 740 nm (merah). Spektrofotometer Uv-Vis menganalisis pada panjang gelombang dengan rentang 200-900 nm. Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik nanopartikel adalah menggunakan alat spektrofotometer Uv-Vis. Dalam periode waktu yang singkat, spektrofotometer memindai secara otomatis seluruh komponen panjang gelombang dalam daerah tertentu [16]

Spektroskopi UV-Visible (UV-Vis) mengukur penyebaran dan penyerapan cahaya yang melewati sampel. Nanopartikel memiliki sifat optik unik yang sensitif terhadap ukuran, bentuk, konsentrasi, keadaan aglomerasi, dan indeks bias di dekat permukaan nanopartikel, yang menjadikan UV-Vis alat yang berharga untuk mengidentifikasi, mengkarakterisasi, dan mempelajari material nano [17]. Material nano dapat disintesis menjadi nanofluid dan dilakukan uji UV-Vis, potensi optik nanofluida Diethylene Glycol/MXene yang digabungkan dengan 1-etil-3-metil imidazolium octyl sulfate cairan ionik secara ekstensif diselidiki sehubungan dengan konsentrasi MXene (0,1 hingga 0,4% berat) dan waktu (hari pertama dan hari ketujuh) melalui UV-Vis Spektroskopi. Pendekatan dua langkah digunakan untuk mensintesis ionanofluids yang diusulkan dengan konsentrasi nanopartikel dari 0,1 hingga 0,4% berat. Pada panjang gelombang antara 240 sampai 790 nm, efek dari cairan ionik, konsentrasi MXene, dan stabilitas dispersi memainkan peran penting dalam meningkatkan kapasitas absorpsi dari cairan Ionanofluid berbasis MXene yang diformulasikan. Peningkatan konsentrasi nanopartikel MXene menghasilkan lebih banyak puncak absorpsi yang memfasilitasi penyerapan cahaya yang tinggi. Akhirnya, konduktivitas listrik dari ionanofluids juga dianalisis karena MXene membuatnya menjanjikan untuk aplikasi sel surya. Konduktivitas listrik tertinggi dari cairan yang diformulasikan sebesar 571 S/cm (mikro siemens per sentimeter) dicapai pada konsentrasi 0,4% berat [15].

Pada material ZnO dan P25 murni, komposit WO_3 -ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi di bawah sinar UV-Vis, karena keberadaan WO_3 sangat membantu untuk memperpanjang optic tepi penyerapan ZnO dari ultraviolet ke daerah cahaya tampak dan menghambat rekombinasi pembawa yang diinduksi foto. Setelah iradiasi sinar UV-Vis, komposit WO_3 -ZnO juga memiliki tingkat aktivitas katalitik dalam gelap, untuk WO_3 menyimpan energi reduktif yang dihasilkan oleh ZnO yang disinari UV (pada dasar elektron tereksitasi) dan mempertahankan energi reduktif untuk jangka waktu tertentu bahkan setelah lampu dimatikan [13].

Selain digunakan untuk melihat daya serap gelombang untuk keperluan penyerapan energi, UV-Vis juga dapat digunakan untuk melihat kontaminasi polutan untuk mendeteksi kualitas air [18].

Morfologi Kristal pada riset ini dilakukan dengan menggunakan uji SEM dan XRD. Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri [19]. Uji SEM digunakan untuk mengetahui struktur dari nanomaterial dan komposisi unsur kimia dalam paduan material [20].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah berhasil mensintesis nanopartikel dan menganalisis sifat optik yang bermanfaat dalam berbagai bidang mulai dari pangan hingga pengembangan material maka terdapat peluang besar untuk mengaplikasikan metode serupa dalam menganalisa daya serap cahaya terhadap nano partikel SiO_2 dalam upaya meningkatkan performa panel surya melalui teknologi nano. Novelty dari pendekatan ini terletak pada integrasi nanopartikel yang dirancang khusus untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya matahari dan konversi energi pada sel surya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan struktur sandwich TiO_2 /graphene/ TiO_2 dapat meningkatkan efisiensi konversi energi sel surya sensitif dye (DSSC) hingga 60% dibandingkan dengan struktur tradisional. Hal ini disebabkan oleh peningkatan transportasi elektron dan penyerapan cahaya dalam rentang spektrum yang lebih luas. Dengan memanfaatkan sintesis nanopartikel yang telah dikembangkan, seperti high-energy ball milling untuk menghasilkan material berukuran nano, serta karakterisasi optik menggunakan UV-Vis untuk memastikan sifat penyerapan cahaya yang optimal, pendekatan ini dapat diterapkan untuk mengembangkan material baru yang lebih efisien dalam menyerap dan mengonversi energi matahari [11].

Nanofluida berbasis MXene yang mengandung cairan ionik telah menunjukkan peningkatan signifikan dalam penyerapan radiasi matahari dan konduktivitas listrik. Hal ini membuka peluang untuk mengintegrasikan nanofluida ke dalam sistem pendingin panel surya, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi termal tetapi juga menjaga stabilitas operasional panel surya dalam kondisi lingkungan yang ekstrem [5].

Dengan menggabungkan metode sintesis nanopartikel yang telah terbukti efektif dan analisis optik menggunakan UV-Vis, pendekatan ini menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan utama dalam teknologi panel surya, seperti efisiensi konversi energi yang rendah dan degradasi material akibat paparan lingkungan. Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengembangan material nano yang memiliki sifat optik dan termal yang lebih baik, serta uji coba aplikasi langsung pada panel surya untuk memvalidasi peningkatan performa yang signifikan. Dengan demikian, integrasi teknologi nano dalam panel surya tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga membuka jalan bagi pengembangan energi terbarukan yang lebih berkelanjutan dan ekonomis melalui analisa terhadap pengaruh partikel nano terhadap kemampuan absorpsi terhadap cahaya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

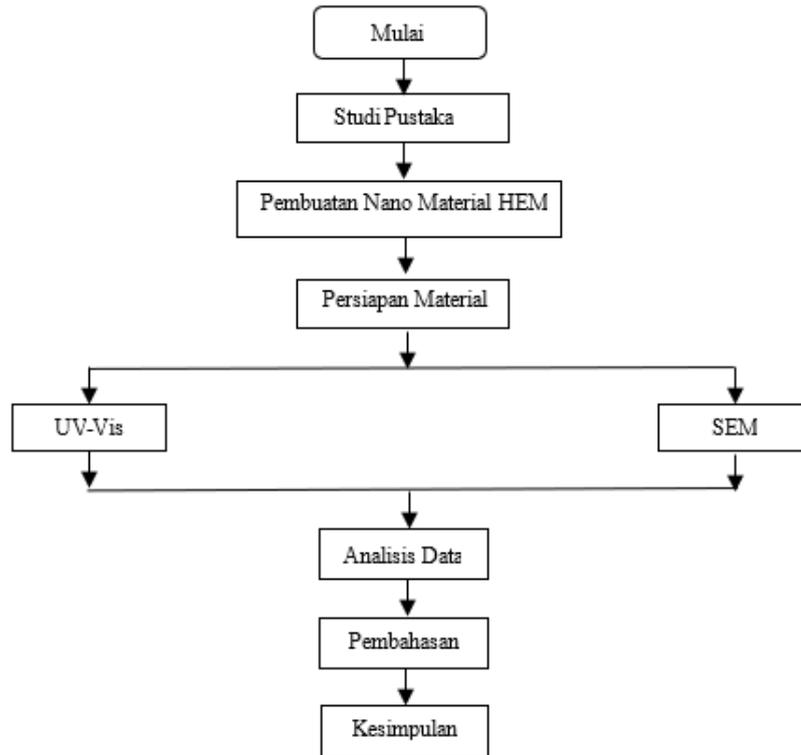
2.1 Material

Material yang digunakan adalah SiO_2 yang didapatkan dari proses pembakaran sekam padi dilanjutkan dengan dicuci menggunakan air diambil yang berwarna hitam keputih-putihan. Material SiO_2 tersebut dicuci dengan air bersih dan dikeringkan. Material tersebut dibagi menjadi material yang akan diproses melalui *High Energy Milling* (HEM) selama 24 Jam dan tanpa HEM.

2.2 Pengujian

Untuk mengkararakteristik dilakukan uji UV-vis untuk mengetahui serapan panjang gelombang dari 200nm-1100nm pengujian dilakukan di Lab Kimia UMS , FTIR dan Pengujian Morfologi Kristal dilakukan dengan uji SEM pada sampel SiO_2

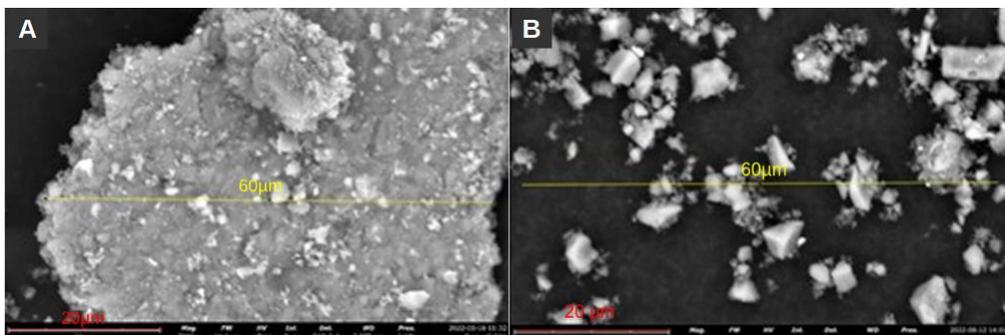
2.3 Diagram Alir Penelitian



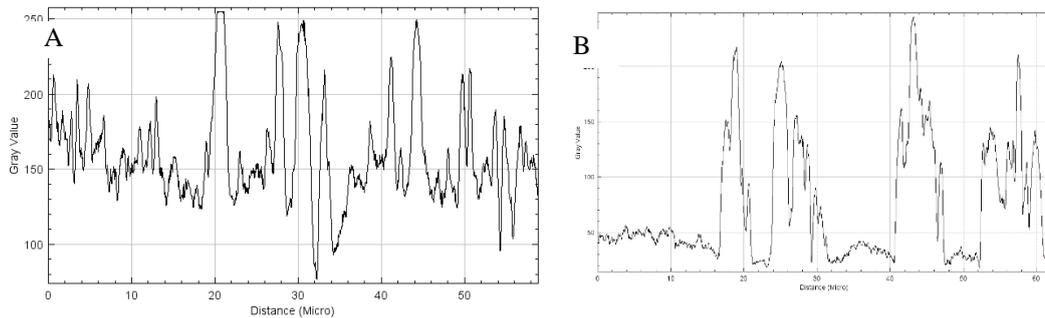
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 dapat dilihat hasil dari pengujian SEM pada material SiO_2 yang belum dilakukan proses HEM dan SiO_2 yang sudah mendapatkan proses HEM. Pada Gambar 1A dapat dilihat bahwa tingkat kepadatan material SiO_2 yang tinggi dimana dari hasil SEM dapat terlihat aglomerasi atau pengumpulan pada SiO_2 terlihat jelas dimana pada sampel Gambar 1A dapat dilihat panjang dari partikel SiO_2 tersebut adalah $60\mu\text{m}$ yang di tunjukkan sepanjang garis kuning dengan perbesaran 7800 kali. Dibandingkan dengan Gambar 1B dengan skala yang sama dan perbesaran yang sama yaitu pada skala $60\mu\text{m}$ dan perbesaran 7800 kali terjadi persebaran partikel yang berukuran lebih kecil dari $20\mu\text{m}$ ditunjukkan pada skala garis merah.



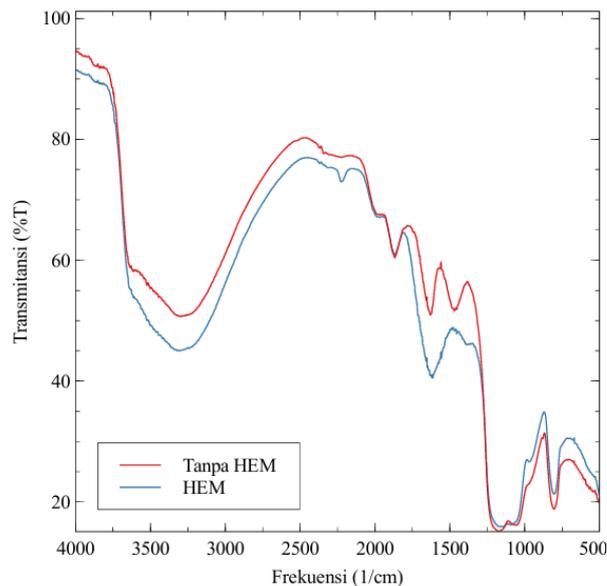
Gambar 2. (A) Hasil SEM SiO_2 Tanpa HEM (B) Hasil SEM SiO_2 HEM



Gambar 3 (A) Hasil gray value SiO₂ Tanpa HEM (B) Hasil SEM SiO₂ HEM

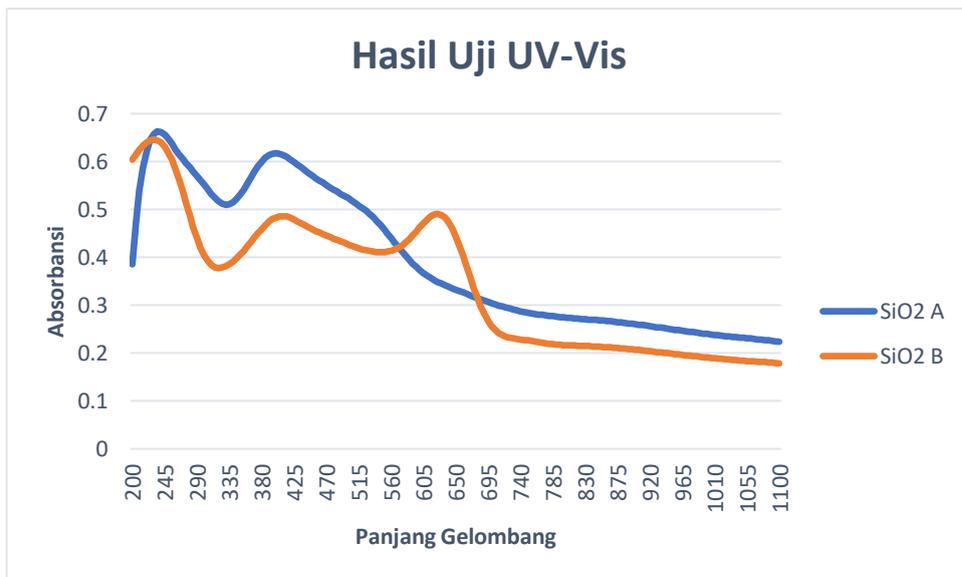
Hal ini ditunjukkan oleh gambar 1B dimana tingkat penyebaran gray value pada material SiO₂ pada jarak 0 Mikrometer hingga 60 Mikrometer berada pada angka rata-rata 143. Aglomerasi yang terjadi pada sampel SiO₂ karena masih kuatnya gaya tarik menarik antar partikelnya. Pada gambar merupakan hasil SEM pada SiO₂ yang mendapatkan perlakuan panas dan terjadi penyebaran partikel dan pecah gumpalan pada sampel. Hal ini dapat dibuktikan pada penyebaran gugus fungsi yang diwakilkan oleh tingkat rata-rata grayscale yang menurun pada angka 74. Dalam analisis efisiensi solar panel, gray value dapat digunakan untuk memetakan distribusi cahaya yang diterima panel. Untuk menilai reflektansi material dari gambar pantulan cahaya.

Pada pengujian FTIR yang di perlihatkan pada gambar 4ang dianalisa berdasarkan frekuensi (1/cm) terhadap spektrum transmisi (%T) dapat dilihat bahwa jumlah peak pada SiO₂ A lebih sedikit dibandingkan pada sampel SiO₂ B. Pada sampel SiO₂ B jumlah peak yang muncul sebanyak 8 titik dibandingkan dengan sampel Uji SiO₂ B yang hanya berjumlah 5 Peak. Panjang gelombang 1610-1680 cm⁻¹ muncul pada gugus fungsi C=C terdapat pada sampel Uji SiO₂ B sedangkan pada sampel uji tidak menunjukkan hal yang sama. Pada gugus fungsi O-H terdapat puncak gelombang 3200-3600 cm⁻¹ yang muncul pada Sampel uji SiO₂ B dimana terdapat penurunan gugus OH pada sampel uji yang sudah melalui proses HEM. Hal tersebut menunjukkan bahwa HEM mengurangi kelembapan yang teradsorpsi. Hal ini dapat meningkatkan daya tahan panel surya terhadap kelembapan, sehingga memperpanjang umur operasionalnya.



Gambar 4 Hasil Uji FTIR

Pada Gambar 5 menggambarkan hasil pengujian UV-Vis terhadap sampel SiO₂ A dan SiO₂ B menggunakan UV Vis. Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk menganalisis karakteristik optik suatu material dengan mengukur absorbansi terhadap panjang gelombang tertentu. Dari grafik di atas, terlihat bahwa kedua sampel, SiO₂ A dan SiO₂ B, memiliki pola absorbansi yang mirip tetapi dengan perbedaan signifikan dalam intensitasnya. Pada panjang gelombang sekitar 200–350 nm, kedua sampel menunjukkan puncak absorbansi yang cukup tinggi, yang menunjukkan adanya transisi elektronik yang terjadi dalam material tersebut. SiO₂ A menunjukkan nilai absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SiO₂ B dalam rentang ini, yang dapat menunjukkan bahwa struktur material atau komposisi kimianya sedikit berbeda.



Gambar 5. UV Vis

Puncak absorbansi tertinggi terlihat sekitar panjang gelombang 245 nm, di mana SiO₂ A memiliki nilai absorbansi mendekati 0.7, sedangkan SiO₂ B lebih rendah. Ini menunjukkan bahwa SiO₂ A lebih mampu menyerap radiasi UV dibandingkan dengan SiO₂ B pada panjang gelombang ini. Setelah puncak ini, grafik menunjukkan penurunan absorbansi yang kemudian diikuti oleh peningkatan lagi di sekitar 300–350 nm, menunjukkan keberadaan lebih dari satu jenis transisi elektronik dalam material.

Pada rentang panjang gelombang yang lebih tinggi (di atas 400 nm), absorbansi kedua sampel mulai menurun secara bertahap. Ini menunjukkan bahwa material ini tidak lagi menyerap cahaya secara signifikan dalam rentang cahaya tampak dan lebih banyak bersifat transparan di wilayah ini. Hal ini sesuai dengan sifat umum SiO₂ yang memiliki celah energi (band gap) yang relatif besar, sehingga hanya menyerap pada panjang gelombang UV dan sedikit di wilayah tampak.

Perbedaan absorbansi antara SiO₂ A dan SiO₂ B dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan ukuran partikel, tingkat kemurnian, atau adanya modifikasi struktural akibat perbedaan metode sintesis. Jika salah satu sampel memiliki ukuran partikel lebih kecil, maka luas permukaan spesifiknya lebih besar, yang dapat meningkatkan absorbansi. Selain itu, adanya ketidakhomogenitas atau doping dalam material dapat mengubah karakteristik optik, yang menyebabkan perbedaan absorbansi pada panjang gelombang tertentu.

Secara keseluruhan, analisis spektroskopi UV-Vis ini menunjukkan bahwa kedua sampel SiO₂ memiliki sifat optik yang serupa dengan perbedaan absorbansi yang dapat dikaitkan dengan faktor struktural atau komposisi material. Data ini dapat digunakan untuk menilai potensi aplikasi material dalam berbagai bidang, seperti fotokatalis, sensor optik, atau aplikasi lainnya yang memanfaatkan sifat optik dari SiO₂.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis SEM, FTIR, dan UV-Vis yang telah dilakukan pada material SiO₂ sebelum dan setelah proses HEM (*High-Energy Milling*), dapat disimpulkan bahwa proses HEM memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik material SiO₂, yang memiliki implikasi penting dalam aplikasinya pada panel surya. Dari hasil pengujian SEM, terlihat bahwa proses HEM berhasil mengurangi aglomerasi partikel SiO₂, yang ditunjukkan oleh penyebaran partikel yang lebih merata dan ukuran partikel yang lebih kecil (kurang dari 20 µm) pada sampel SiO₂ yang telah mengalami HEM. Hal ini berbeda dengan sampel SiO₂ tanpa HEM, yang menunjukkan aglomerasi partikel dengan ukuran mencapai 60 µm. Penyebaran partikel yang lebih baik ini dapat meningkatkan luas permukaan material, sehingga memungkinkan interaksi yang lebih efektif dengan cahaya, yang sangat penting dalam aplikasi panel surya untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya.

Selain itu, hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa proses HEM juga memengaruhi gugus fungsi pada material SiO₂. Sampel SiO₂ yang telah mengalami HEM (SiO₂ B) menunjukkan penurunan puncak gugus O-H pada rentang 3200-3600 cm⁻¹, yang mengindikasikan berkurangnya kelembapan yang teradsorpsi pada material. Hal ini sangat menguntungkan untuk aplikasi panel surya, karena kelembapan yang teradsorpsi dapat mengurangi kinerja material dan memperpendek umur operasional panel surya. Dengan berkurangnya kelembapan, material SiO₂ yang telah mengalami HEM memiliki potensi untuk meningkatkan daya tahan panel surya terhadap kondisi lingkungan yang lembap, sehingga memperpanjang masa pakainya. Selain itu, munculnya puncak gugus C=C pada rentang 1610-1680 cm⁻¹ pada sampel SiO₂ B menunjukkan adanya perubahan struktur kimia yang mungkin berkontribusi pada peningkatan sifat optik material.

Hasil analisis UV-Vis lebih lanjut mengonfirmasi bahwa proses HEM memengaruhi sifat optik material SiO₂. Sampel SiO₂ A (tanpa HEM) menunjukkan absorbansi yang lebih tinggi pada rentang UV (200-350 nm) dibandingkan dengan SiO₂ B (dengan HEM), dengan puncak absorbansi tertinggi sekitar 245 nm. Hal ini menunjukkan bahwa SiO₂ A lebih efektif dalam menyerap radiasi UV, yang dapat berguna dalam aplikasi tertentu yang memerlukan penyerapan UV tinggi. Namun, pada rentang panjang gelombang yang lebih tinggi (di atas 400 nm), kedua sampel menunjukkan penurunan absorbansi, yang mengindikasikan bahwa material ini relatif transparan dalam rentang cahaya tampak. Sifat ini sesuai dengan karakteristik umum SiO₂ yang memiliki celah energi (band gap) besar, sehingga hanya menyerap cahaya pada panjang gelombang UV dan sedikit pada wilayah tampak.

Perbedaan absorbansi antara SiO₂ A dan SiO₂ B dapat dikaitkan dengan perubahan ukuran partikel, luas permukaan, atau modifikasi struktural akibat proses HEM. Material dengan ukuran partikel lebih kecil, seperti SiO₂ B, cenderung memiliki luas permukaan yang lebih besar, yang dapat meningkatkan interaksi dengan cahaya dan potensi aplikasinya dalam panel surya. Selain itu, berkurangnya kelembapan dan perubahan gugus fungsi pada SiO₂ B dapat meningkatkan stabilitas material dalam kondisi operasional panel surya, sehingga meningkatkan efisiensi dan daya tahan panel secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. Ajayan, L. S. Schadler, and P. V Braun, "Nanocomposite Science and Technology," *Materials Today*, vol. 6, no. 11, p. 52, 2003, doi: 10.1016/s1369-7021(03)01139-8.
- [2] S. Mkata, "Uv vis spectroscopy practical.," *Physikalisch-chemisches Praktikum I*, pp. 1–11, 2017, [Online]. Available: <https://www.coursehero.com/file/76918963/UVVis-HS17pdf/>
- [3] R. I. Riza, W. N. Putra, and S. Harjanto, "Cooling rate observation in quenching process using carbon nanofluids for S45C carbon steel," *Key Eng Mater*, vol. 833 KEM, pp. 13–17, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.833.13.
- [4] J. Rao, G. Catherin, I. Murthy, D. Rao, and B. Raju, "Production of nano structured silicon carbide by high energy ball milling," *International Journal of Engineering, Science and Technology*, vol. 3, no. 4, pp. 82–88, 2011, doi: 10.4314/ijest.v3i4.68544.
- [5] B. Bakthavatchalam, K. Habib, R. Saidur, N. Aslfattahi, and A. Rashedi, "Investigation of electrical conductivity, optical property, and stability of 2D MXene nanofluid containing ionic liquids," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 24, pp. 1–20, 2020, doi: 10.3390/app10248943.
- [6] Aminatun, A. Supardi, Z. I. Nisa, D. Hikmawati, and Siswanto, "Synthesis of Nanohydroxyapatite from Cuttlefish Bone (*Sepia* sp.) Using Milling Method," *Int J Biomater*, vol. 2019, p. 1831208, 2019, doi: 10.1155/2019/1831208.

- [7] J. Xie *et al.*, “Simple preparation of WO₃-ZnO composites with UV-Vis photocatalytic activity and energy storage ability,” *Ceram Int*, vol. 40, no. 8 PART A, pp. 12519–12524, 2014, doi: 10.1016/j.ceramint.2014.04.106.
- [8] T. E. Saraswati, U. H. Setiawan, M. R. Ihsan, I. Isnaeni, and Y. Herbani, “The Study of the Optical Properties of C60 Fullerene in Different Organic Solvents,” *Open Chem*, vol. 17, no. 1, pp. 1198–1212, 2019, doi: 10.1515/chem-2019-0117.
- [9] N. NGAFWAN *et al.*, “Study on novel fluorescent carbon nanomaterials in food analysis,” *Food Science and Technology*, vol. 42, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1590/fst.37821.
- [10] K. P. Katin, A. I. Kochaev, S. Kaya, F. El-Hajjaji, and M. M. Maslov, “Ab Initio Insight into the Interaction of Metal-Decorated Fluorinated Carbon Fullerenes with Anti-COVID Drugs,” *Int J Mol Sci*, vol. 23, no. 4, 2022, doi: 10.3390/ijms23042345.
- [11] L. C. Chen, C. H. Hsu, P. S. Chan, X. Zhang, and C. J. Huang, “Improving the performance of dye-sensitized solar cells with TiO₂/graphene/TiO₂ sandwich structure,” *Nanoscale Res Lett*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2014, doi: 10.1186/1556-276X-9-380.
- [12] C. S. S. R. Kumar, *UV-VIS and photoluminescence spectroscopy for nanomaterials characterization*. 2013. doi: 10.1007/978-3-642-27594-4.
- [13] R. Begum *et al.*, “Applications of UV/Vis Spectroscopy in Characterization and Catalytic Activity of Noble Metal Nanoparticles Fabricated in Responsive Polymer Microgels: A Review,” *Crit Rev Anal Chem*, vol. 48, no. 6, pp. 503–516, 2018, doi: 10.1080/10408347.2018.1451299.
- [14] Y. Guo, C. Liu, R. Ye, and Q. Duan, “Advances on water quality detection by uv-vis spectroscopy,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 19, pp. 1–18, 2020, doi: 10.3390/app10196874.
- [15] A. R. A. Scharnberg, A. C. de Loreto, and A. K. Alves, “Optical and structural characterization of Bi₂fexNbO₇ nanoparticles for environmental applications,” *Emerging Science Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 11–17, 2020, doi: 10.28991/esj-2020-01205.
- [16] A. Ray, K. Santhosh, and S. Bhattacharya, “Absorption spectrophotometric, fluorescence, transient absorption and quantum chemical investigations on fullerene/phthalocyanine supramolecular complexes,” *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, vol. 78, no. 5, pp. 1364–1375, 2011, doi: 10.1016/j.saa.2011.01.011.
- [17] M. H. Binsabt, H. M. Al-Matar, A. L. Balch, and M. A. Shalaby, “Synthesis and Electrochemistry of Novel Dumbbell-Shaped Bis-pyrazolino[60]fullerene Derivatives Formed Using Microwave Radiation,” *ACS Omega*, vol. 6, no. 31, pp. 20321–20330, 2021, doi: 10.1021/acsomega.1c02245.
- [18] M. Alim-Al-Razy, G. M. A. Bayazid, R. U. Rahman, R. Bosu, and S. S. Shamma, “Silver nanoparticle synthesis, UV-Vis spectroscopy to find particle size and measure resistance of colloidal solution,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1706, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1706/1/012020.
- [19] P. Bermejo-barrera, M. Aboal-somoza, and M. Fondo, “Semiconductor Quantum Dots as Target Analytes : Properties , Surface Chemistry and Detection,” pp. 1–35, 2022.
- [20] S. Prof and P. Rauwel, “Institute of Technology ABSORPTION SPECTROSCOPY STUDIES OF SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES AND THEIR APPLICATIONS IN SOLAR NENDE RAKENDUS PÄIKESEPANEELIDES Bakalaureusetöö Tehnika ja tehnoloogia õppekava Tartu 2021,” 2021.