MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

**Terindeks**: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i4.6696

# PENGARUH MASSA *SODIUM DODECYL SULFATE* TERHADAP NILAI *BANDGAP* SEMIKONDUKTOR *$TiO_2$-ZnO*

# Effect of Sodium Dodecyl Sulfate Mass on the Bandgap Value of $TiO_2$-ZnO Semiconductor

**Valen Febri Adha[1], Sherly Kasuma Warda Ningsih[2*], Hardeli[3]**
Universitas Negeri Padang
sherly14@fmipa.unp.ac.id

**Article Info:**

| Submitted: | Revised: | Accepted: | Published: |
|---|---|---|---|
| Jun 2, 2025 | Jun 28, 2025 | Jul 10, 2025 | Jul 15, 2025 |

## Abstract

Modification of the $TiO_2$-ZnO semiconductor through the addition of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) has been carried out to reduce the bandgap energy using the sol-gel method. The SDS mass variations used in the synthesis process were 0.015, 0.020, 0.025, 0.030, and 0.035 grams. The synthesized samples were characterized using UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) to determine the bandgap values. The characterization results showed that the addition of 0.025 grams of SDS produced the lowest bandgap value, measured at 3.16 eV. This reduction in bandgap is attributed to changes in the material's physical and chemical surface structure, influenced by the interaction between the surfactant and the $TiO_2$-ZnO surface, microstructural alterations, and modifications in crystallinity. However, at higher SDS concentrations (≥0.025 grams), the bandgap value increased again, due to particle agglomeration and hindered electron transfer. These findings indicate that the addition of SDS surfactant within an optimal range can enhance the optical properties of semiconductor materials, while excessive addition may degrade performance due to undesirable morphological changes.


Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

**Keywords:** Semiconductor; $TiO_2$-ZnO; Sodium Dodecyl Sulfate (SDS); UV-Vis DRS; Bandgap

**Abstrak:** Modifikasi semikonduktor *$TiO_2$-ZnO* melalui penambahan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) telah dilakukan untuk menurunkan nilai energi celah pita (*bandgap*) dengan menggunakan metode *sol-gel*. Variasi massa SDS yang digunakan dalam proses sintesis adalah 0,015; 0,020; 0,025; 0,030; dan 0,035 gram. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS) untuk menentukan nilai *bandgap*. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa penambahan SDS sebesar 0,025 gram menghasilkan nilai *bandgap* terkecil, yaitu sebesar 3,16 eV. Penurunan nilai *bandgap* ini diindikasikan sebagai hasil dari perubahan struktur fisik dan kimia pada permukaan serta struktur internal material, yang dipengaruhi oleh interaksi surfaktan dengan permukaan *$TiO_2$-ZnO*, perubahan mikrostruktur, dan modifikasi kristalinitas. Namun, pada massa SDS yang lebih tinggi (≥0,025 gram), terjadi peningkatan kembali nilai *bandgap*, yang disebabkan oleh aglomerasi partikel dan terhambatnya transfer elektron. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan surfaktan SDS dalam batas optimal dapat meningkatkan karakteristik optik material semikonduktor, namun penambahan yang berlebih justru dapat menurunkan performa akibat perubahan morfologi yang tidak diinginkan.

**Kata Kunci:** Semikonduktor; $TiO_2$-ZnO; *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS); UV-Vis DRS; *Bandgap*

## PENDAHULUAN

Semikonduktor memiliki tingkat konduktivitas listrik yang lebih tinggi dari isolator, namun lebih rendah dibandingkan konduktor (Udomrungkhajornchai dkk., 2020). Semikonduktor memiliki energi celah pita yang menjadi parameter utama yang membedakannya dengan material lain. Celah pita (bandgap) mengacu pada perbedaan tingkat energi antara pita valensi dan pita konduksi. Energi yang diperlukan oleh elektron untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi ditentukan oleh besar kecilnya celah pita tersebut. Pada umumnya, nilai celah pita pada bahan semikonduktor berada dalam kisaran 0 hingga 4 eV. Sebaliknya, isolator memiliki celah pita lebih dari 4 eV, sedangkan konduktor memiliki *bandgap* sangat kecil, yaitu kurang dari 0,5 eV (Aini, & Ningsih,R, 2016).

Bandgap merupakan salah satu faktor utama yang menentukan efisiensi semikonduktor dalam mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. *Bandgap* adalah celah energi antara pita valensi dan pita konduksi. Nilai *bandgap* yang besar memerlukan energi lebih besar untuk memindahkan elektron, sedangkan nilai *bandgap* yang kecil memungkinkan eksitasi elektron dengan energi yang lebih rendah (Scuseria, 2021). *Bandgap* dapat dimodifikasi

melalui doping, strain, surfaktan, dan struktur nano untuk menghasilkan material berperforma tinggi di bidang energi dan lingkungan (Zhan, L., Xu, X., & Wang, 2024).

Titanium dioksida ($TiO_2$) adalah semikonduktor yang bersifat inert, namun memiliki tingkat fotoaktivitas dan kestabilan yang tinggi. $TiO_2$ juga dikenal aman, biokompatibel, mudah diakses, serta memiliki biaya sintesis yang cukup ekonomis (Grätzel, 2003). $TiO_2$ menyerap sinar UV pada energi yang mendekati celah pita 3,2 eV. $TiO_2$ juga merupakan semikonduktor tipe-n (pembawa muatan negatif) yang digunakan pada aplikasi seperti sel surya, fotokatalis, biologi dan kimia (Wibowo, 2017). Salah satu kekurangan penggunaan $TiO_2$ sebagai semikonduktor adalah memiliki *bandgap* yang masih tergolong besar sehingga terjadi reaksi rekombinasi. Aktivitas $TiO_2$ dapat ditingkatkan melalui proses doping pada permukaannya (Mozaffari dkk., 2015).

Doping adalah proses penambahan dopan ke dalam material semikonduktor untuk memodifikasi karakteristik elektroniknya dan meningkatkan aktivitas material tersebut di bawah cahaya tampak (400-800 nm) (N. Aini & Ningsih, 2018). Doping dapat menurunkan lebar celah pita (*bandgap*), sehingga energi yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi menjadi lebih kecil (Putri, 2023). Pada penelitian ini, senyawa ZnO digunakan sebagai dopan karena memiliki kestabilan termal yang tinggi (Fatiatun, 2015). ZnO adalah oksida yang paling sering digunakan untuk mendoping $TiO_2$ karena memiliki nilai *bandgap* yang hampir sama, yakni sekitar 3,37 eV (Umayya, 2024). Terbentuknya pita energi baru dari ZnO dalam celah pita dapat meningkatkan konduktivitas elektron dengan cara menurunkan energi eksitasi yang diperlukan untuk mentransfer elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Lupan dkk., 2009).

$TiO_2$ sebagai semikonduktor memiliki luas permukaan yang masih tergolong kecil, sehingga peningkatan aktivitasnya tidak cukup hanya melalui doping. Oleh karena itu, diperlukan metode tambahan seperti modifikasi. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah penambahan surfaktan, yaitu zat aktif permukaan yang mampu menurunkan tegangan permukaan dan membentuk struktur berpori, sehingga berperan sebagai template dalam meningkatkan efektivitas doping (Kurniawan dkk., 2013).

Pada penelitian ini $TiO_2$-ZnO akan dimodifikasi dengan penambahan *Sodium Dedocyl Sulfate* (SDS). Menurut penelitian Molla 2016 nilai celah pita dipengaruhi oleh konsentrasi SDS, yang ditunjukkan oleh data bahwa peningkatan konsentrasi SDS menyebabkan bertambahnya luas permukaan. Berdasarkan hasil mikroskop elektron dan analisis luas

permukaan, diketahui bahwa penyusutan ukuran partikel berdampak pada peningkatan luas permukaan dan aktivitas katalitik (Molla dkk., 2016). Berdasarkan peneltian (Qurotul, 2023) pada TiO2-Zeolit dengan modifikasi penambahan SDS didapatkan penurunan nilai *bandgap* dari 3,21 eV menjadi 3,13 eV (A. Q. Aini, 2023).

Berdasarkan penjabaran di atas, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana massa *Sodium Dodecyl Sulfate* memengaruhi nilai *bandgap* pada material semikonduktor $TiO_2$-ZnO. Proses sintesis dilakukan menggunakan metode sol-gel, sementara karakterisasi *bandgap* dilakukan dengan menggunakan UV-Vis DRS (*Ultraviolet-Diffuse Reflectance Spectroscopy*).

## METODE

Sebanyak 0,475 gram $TiO_2$ dan 0,025 gram ZnO dicampur dalam 4 mL etanol p.a, kemudian diaduk menggunakan stirrer pada kecepatan 300 rpm hingga membentuk sol yang homogen. Setelah itu, ditambahkan SDS dengan variasi massa (0,015; 0,020; 0,025; 0,030; dan 0,035 gram) dan diaduk selama 60 menit. Campuran tersebut disonikasi selama 60 menit untuk memastikan homogenitas, lalu dikeringkan dengan oven suhu 95℃ selama 1 jam. Gel yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada suhu 300℃ selama 1 jam sehingga mendapatkan serbuk $TiO_2$-ZnO. Setelah proses kalsinasi, sampel didinginkan dalam desikator, digerus, dan dikarakterisasi menggunakan UV-Vis DRS.

## HASIL

Spektrofotometer UV-Vis DRS (*Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy*) merupakan analisis yang bertujuan untuk memperoleh *bandgap* dengan mengubah besaran %R ke dalam faktor *Kubelka-Munk* (F(R)) (Sanjaya, 2018). Penentuan energi bandgap dilakukan menggunakan metode *Tauc Plot*, yaitu dengan menganalisis grafik linear antara $(\alpha hv)^2$ pada sumbu y dan energi foton (Ev) pada sumbu x. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis DRS pada rentang panjang gelombang 185–1100 nm.

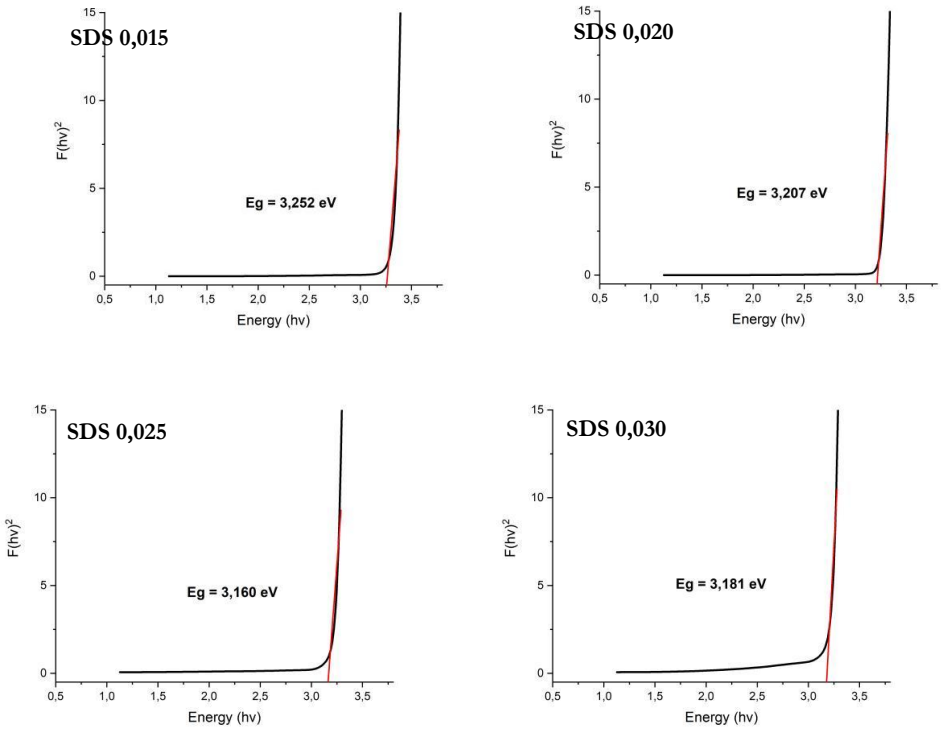
Pengujian ini dilakukan pada beberapa variasi penambahan massa SDS pada semikonduktor $TiO_2$-ZnO untuk mendapatkan nilai *bandgap* terkecil. Variasi massa SDS yang digunakan adalah 0,015 gram; 0,020 gram; 0,025 gram; 0,030 gram dan 0,035 gram. Berikut

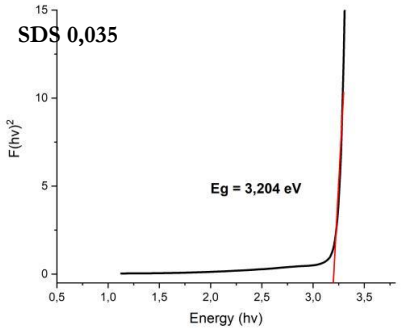
ini hasil pengujian *bandgap* pada semikonduktor $TiO_2$-ZnO dengan penambahan variasi massa *Sodium Dodecyl Sulfate* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Energi *bandgap* TiO2-ZnO dengan Variasi Massa SDS

| Massa SDS | Eg (Ev) |
|---|---|
| 0,015 gram | 3,25 |
| 0,020 gram | 3,20 |
| 0,025 gram | 3,16 |
| 0,030 gram | 3,18 |
| 0,035 gram | 3,20 |

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh nilai *bandgap* setelah penambahan SDS pada semikonduktor $TiO_2$-ZnO. Nilai *bandgap* yang paling kecil ada pada pengambahan 0,025 gram SDS. Grafik nilai *bandgap* $TiO_2$-ZnO/SDS hasil pengolahan data dengan *software OriginPro* ditampilkan pada Gambar 1.






Gambar 1. Grafik *bandgap* $TiO_2$-ZnO/SDS dengan variasi massa SDS

Gambar 1 menunjukkan grafik nilai *bandgap* pada material $TiO_2$-ZnO dengan variasi penambahan massa SDS. Grafik pertama menunjukkan $TiO_2$-ZnO penambahan 0,015 gram SDS dengan nilai *bandgap* 3,25 eV. Pada grafik kedua SDS 0,020 gram didapatkan nilai bandgap 3,20 eV. Pada gambar ketiga penambahan SDS sebanyak 0,025 gram terjadi penurunan *bandgap* yang signifikan yaitu 3,16 eV dan menjadi nilai *bandgap* terkecil. Sedangkan nilai *bandgap* naik kembali pada massa 0,030 gram dan 0,035 gram yaitu 3,18 eV dan 3,20 eV. Hasil ini membuktikan dengan adanya penambahan SDS sebanyak 0,025 gram dapat menghasilkan *bandgap* terkecil pada variasi massa SDS.

## PEMBAHASAN

Data dari Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai *bandgap* semikonduktor $TiO_2$-ZnO mengalami penurunan pada penambahan SDS sebesar 0,025 gram. Kondisi ini mengindikasikan bahwa jumlah tersebut merupakan massa SDS yang paling optimal untuk menurunkan *bandgap*. Pada konsentrasi tersebut, struktur material menjadi lebih pori-pori dan penyebaran partikel lebih merata, yang mendukung peningkatan penyerapan cahaya serta penurunan energi *bandgap* secara efisien (Estrada-Flores et al., 2020).

Penurunan nilai bandgap disebabkan oleh perubahan fisik dan kimia pada permukaan serta struktur material akibat penambahan surfaktan. Interaksi antara surfaktan dan permukaan $TiO_2$-ZnO, serta perubahan pada struktur kristal dan mikrostrukturnya, menghasilkan celah energi tambahan di antara pita valensi dan pita konduksi. Hal ini menyebabkan jarak antar pita menjadi lebih sempit, sehingga energi yang dibutuhkan untuk eksitasi elektron menjadi lebih rendah.

Pada massa SDS 0,030 gram, nilai *bandgap* mengalami peningkatan kembali karena konsentrasi SDS yang terlalu tinggi melebihi rasio ideal terhadap prekursor dopan. Kondisi ini menyebabkan partikel saling menggumpal, pori-pori tersumbat, terbentuk lapisan organik berlebih, dan menghambat laju perpindahan elektron (Alduraibi et al., 2020).

Menurut Ningsih, dkk, nilai *bandgap* turun disebabkan oleh interaksi antara pita energi dan elektron yang terdelokalisasi pada ion transisi, yang mendorong terjadinya substitusi ion logam dalam struktur material (Ningsih et al., 2021). Menurunnya *bandgap* menyebabkan jarak pita valensi dan pita konduksi semakin sempit, sehingga elektron dapat berpindah lebih mudah. Sehingga energi foton yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron menjadi lebih rendah (Sanjaya, 2024).

## KESIMPULAN

Penambahan surfaktan SDS pada semikonduktor $TiO_2$-Zno berpengaruh pada nilai *bandgap* $TiO_2$-ZnO. Nilai *bandgap* terkecil didapatkan pada massa 0,025 gram sebesar 3,16 eV. Penurunan nilai *bandgap* ini terjadi karena adanya modifikasi fisik dan kimia pada permukaan dan struktur material yang disebabkan oleh penambahan surfaktan, serta adanya interaksi dengan permukaan $TiO_2$-ZnO dan perubahan dalam struktur kristal serta mikrostruktur material. Faktor ini menyebabkan terbentuknya *bandgap* tambahan diantara pita tersebut sehingga membuat jarak antara pita konduksi dengan pita valensi menjadi lebih dekat saat terjadinya eksitasi elektron yang menyebabkan nilai *bandgap* menjadi lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

Aini, A. Q. (2023). Fotodegradasi Surfaktan (Sodium Lauryl Sulfate) Menggunakan Tio2-Zeolit Alam. *Aleph*, *87*(1,2), 149–200.

Aini, N., & Ningsih, R. (2018). Synthesis Of Vanadium (Iii) Doped Anatase Tio2 By Solid State Reaction Method. *Alchemy*, *5*(1), 26. Https://Doi.Org/10.18860/Al.v5i1.3739

Alduraibi, M., Hezam, M., Al-Ruhaimi, B., El-Toni, A. M., Algarni, A., Abdel-Rahman, M., Qing, W., & Aldwayyan, A. (2020). Rapid Room-Temperature Synthesis Of Mesoporous Tio2 Sub-Microspheres And Their Enhanced Light Harvesting In Dye-Sensitized Solar Cells. *Nanomaterials*, *10*(3), 413. Https://Doi.Org/10.3390/Nano10030413

Estrada-Flores, S., Martínez-Luévanos, A., Perez-Berumen, C. M., García-Cerda, L. A., & Flores-Guia, T. E. (2020). Relationship Between Morphology, Porosity, And The Photocatalytic Activity Of Tio2 Obtained By Sol–Gel Method Assisted With Ionic And Nonionic Surfactants. *Boletin De La Sociedad Espanola De Ceramica y Vidrio*, *59*(5),

209–218. Https://Doi.Org/10.1016/j.Bsecv.2019.10.003

Fatiatun. (2015). *Pengaruh Suhu Deposisi Terhadap Sifat Fisis Film Tipis Seng Oksida Doping Galium Oksida Dengan Metode Dc Magnetron Sputtering*. 1–114. Https://Adoc.Pub/Skripsi-Disusun-Sebagai-Salah-Satu-Syarat-Untuk-Memperoleh-g41ba74b7a2f1912d540855fb709a7e2750496.Html

Grätzel, M. (2003). Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal Of Photochemistry And Photobiology C: Photochemistry Reviews*, *4*(2), 145–153. Https://Doi.Org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1

Kasuma Warda Ningsih, S., Kalmar Nizar, U., Bahrizal, B., Nasra, E., & Fatimah Mutiara R, S. (2021). Sintesis Mg2+ Doped Zno Dengan Penambahan Albumen Ayam Ras Menggunakan Gabungan Metode Sol-Gel Dan Sonokimia. *Jurnal Riset Kimia*, *12*(1), 27–35. Https://Doi.Org/10.25077/Jrk.v12i1.374

Kurniawan, S., Rilda, Y., & Manis, K. L. (2013). *Sintesis Senyawa Zno / Kitosan Dan*. *2*(2303), 75–79.

Lupan, O., Shishiyanu, S., Ursaki, V., Khallaf, H., Chow, L., Shishiyanu, T., Sontea, V., Monaico, E., & Railean, S. (2009). Synthesis Of Nanostructured Al-Doped Zinc Oxide Films On Si For Solar Cells Applications. *Solar Energy Materials And Solar Cells*, *93*(8), 1417–1422. Https://Doi.Org/10.1016/j.Solmat.2009.03.012

Molla, A., Sahu, M., & Hussain, S. (2016). Synthesis Of Tunable Band Gap Semiconductor Nickel Sulphide Nanoparticles: Rapid And Round The Clock Degradation Of Organic Dyes. *Scientific Reports*, 1–11. Https://Doi.Org/10.1038/Srep26034

Mozaffari, S. A., Ranjbar, M., Kouhestanian, E., Salar Amoli, H., & Armanmehr, M. H. (2015). An Investigation On The Effect Of Electrodeposited Nanostructured Zno On The Electron Transfer Process Efficiency Of Tio2 Based Dssc. *Materials Science In Semiconductor Processing*, *40*, 285–292. Https://Doi.Org/10.1016/j.Mssp.2015.06.081

Ningsih, A. (2016). Alchemy. *Journal Of Chemistry*, *5*, 24–30.

Putri, Y. P. (2023). *Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Menggunakan Poli Kuersetin Sebagai Zat Warna Untuk Meningkatkan Efesiensi Sel Surya*.

Sanjaya, H. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis Zno-Tio2 Secara Fotosonolisis. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang Mipa*, *19*(1), 91–99. Https://Doi.Org/10.24036/Eksakta/Vol19-Iss1/131

Sanjaya, H. (2024). Pengaruh Penambahan Monoethanolamine (Mea) Sebagai Aditif Dalam Sintesis Dan Karakterisasi Lapisan Tipis Tembaga (Ii) Oksida (Cuo). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*, 9233–9238. Https://Jptam.Org/Index.Php/Jptam/Article/View/13787

Scuseria, G. E. (2021). Advancing Solid-State Band-Gap Predictions. *National Academy Of Sciences*.

Udomrungkhajornchai, S., Junger, I. J., & Ehrmann, A. (2020). Optimization Of The Tio2 Layer In Dsscs By a Nonionic Surfactant. *Optik*, *203*. Https://Doi.Org/10.1016/j.Ijleo.2019.163945

Umayya, D. R. (2024). *Matahari Menjadi Energi Listrik Menggunakan Dye Sensitized Solar Cell ( Dssc ) Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Oleh : Dian Regina Umayya Program Studi Kimia*.

Wibowo, E. A. P. (2017). Sintesis Komposit N-Tio2/Bentonit Dan Karakterisasi Menggunakan Ftir. *Jtt (Jurnal Teknologi Terpadu)*, *5*(1), 96. Https://Doi.Org/10.32487/Jtt.v5i1.218

Zhan, L., Xu, X., & Wang, Y. (2024). A Review Of Bandgap Engineering And Prediction In 2D Material Heterostructures. *International Journal Of Molecular Sciences*. Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.3390/Ijms252313104