

## Chemical predictive modeling of ethyl-p-methoxycinnamate and synthesis of natural lotion from kencur (*Kaempferia galanga* L.) as sunscreen agents

### Pemodelan kimia etil-p-metoksisinamat dan sintesis losion alami dari kencur (*Kaempferia galanga* L.) sebagai agen tabir surya

Salmahaminati, Noor Fitri, Yuvia Rafi Kusuma

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

#### ARTICLE INFO

##### Article History

Received: Dec 27, 2022

Accepted: Feb 16, 2023

Available Online: Feb 26, 2023

##### Keywords:

ethyl-p-methoxycinnamate,  
HF,  
TD-DFT,  
natural products,  
*Kaempferia galanga* L.

##### Cite this:

*J. Ilm. Pertan.*, 2023, 20 (1) 27-34

##### DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i1.12454>

#### ABSTRACT

Solar radiation is essential for the evolution of life on earth. Solar radiation, including ultraviolet radiation (UV), reaches the earth's surface. The sun emits three types of UV radiation: UVA, UVB, and UVC, which have beneficial and harmful effects on the human body. The most important benefit is the synthesis of vitamin D in the skin. However, UVB radiation also causes direct photochemical damage to DNA. This study aimed to investigate the ability of the compound ethyl-p-methoxycinnamate (EPMS) that is available in kencur as a sunscreen agent through computational chemistry studies using the Hartree-Fock (HF) method and time-dependent density functional theory (TD-DFT) and perform synthesis of lotion from kencur extract. The investigation began with creating a molecular model of a sunscreen agent optimized for geometry using the HF method and continued with spectrum analysis using TD-DFT. The study's results showed that the analysis of the EPMS spectrum could be used as a natural UVB shield. In addition, the synthesis of lotion from kencur rhizome made using oil and water phases showed organoleptic, pH, homogeneity, and spreadability test results fitted according to the Indonesian National Standard (SNI) 16-4399-1996. It indicated that kencur lotion could potentially be used as a sunscreen agent.

#### ABSTRAK

Radiasi matahari penting untuk evolusi kehidupan di bumi. Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi, salah satunya adalah radiasi ultraviolet (UV). Matahari memancarkan tiga jenis radiasi UV, yaitu UVA, UVB, dan UVC, yang memiliki efek menguntungkan dan berbahaya bagi tubuh manusia. Efek menguntungkan yang paling penting adalah sintesis vitamin D di kulit. Namun, radiasi UVB juga menyebabkan kerusakan fotokimia langsung pada DNA. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kemampuan senyawa etil-p-metoksisinamat (EPMS) yang terdapat pada kencur sebagai senyawa tabir surya melalui studi kimia komputasi menggunakan metode Hartree-Fock (HF) dan time-dependent density functional theory (TD-DFT), serta melakukan sintesis losion dari ekstrak kencur. Kajian diawali dengan membuat model molekul senyawa tabir surya yang dioptimasi geometri menggunakan metode HF dan dilanjutkan analisis spektrum menggunakan TD-DFT. Hasil kajian menunjukkan analisis spektrum EPMS dapat dimanfaatkan sebagai perisai alami UVB. Selain itu, sintesis losion dari rimpang kencur, yang dibuat menggunakan fase minyak dan air, memperlihatkan hasil uji organoleptik, pH, homogenitas, dan daya sebar yang telah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 16-4399-1996. Hal ini menunjukkan bahwa losion kencur dapat berpotensi digunakan sebagai tabir surya.

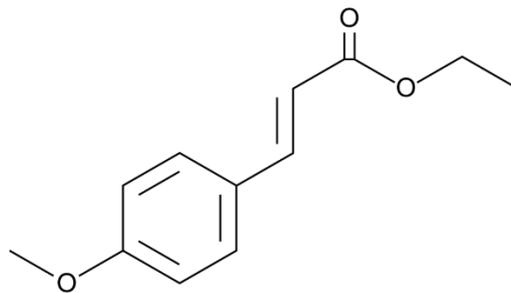
\*Corresponding author

E-mail: [salmahaminati@uii.ac.id](mailto:salmahaminati@uii.ac.id)

## PENDAHULUAN

Sinar matahari merupakan sumber energi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi salah satunya adalah radiasi ultraviolet (UV) yang memiliki efek menguntungkan sekaligus berbahaya bagi tubuh manusia. Efek menguntungkan yang paling penting adalah sintesis vitamin D di kulit. Namun, radiasi UVB juga menyebabkan kerusakan fotokimia langsung pada DNA. Seperti diketahui, sinar UV dapat digolongkan menjadi tiga yaitu UVA, UVB, dan UVC dengan panjang gelombang masing-masing 320 – 400 nm, 290 – 320 nm, dan 90 – 290 nm. Pada Sinar UVA dapat diemisikan ke bumi, tetapi sinar UVB hanya sebagian dapat diemisikan ke bumi termasuk panjang gelombang yang mendekati sinar UVA. Sinar UVB dengan panjang gelombang lebih pendek dan sinar UV C tidak dapat diemisikan ke bumi karena adanya penyerapan lapisan ozon di atmosfer bumi (Isfardiyana & Safitri, 2014).

Salah satu bahan alami yang digunakan sebagai tabir surya adalah rimpang kencur (*Kaemferia galanga*L.) (Widji et al, 2005) dalam bentuk losion. Dalam kencur terdapat senyawa etil-para-metoksisinamat (EPMS) yang berfungsi bahan baku sediaan tabir surya perisai alami UVB. Walau sudah ada beberapa penelitian yang mengungkapkan potensi kencur sebagai tabir surya alami dengan keberadaan EPMS di dalamnya (Widji et al, 2005), namun kajian terkait prediksi performa EPMS sebagai senyawa tabir surya masih sangat terbatas. Pada penentuan sifat bahan yang belum disintesis dapat diprediksi menggunakan pemodelan kimia atau kimia komputasi, yaitu dengan menggunakan pendekatan hukum fisika-kimia (Levine & Ira, 1991). Dengan begitu, pendekatan menggunakan kimia komputasi akan bermanfaat sebelum melakukan sintesis skala eksperimental. Selama komputasi, energetika, mekanisme, dan struktur dapat ditentukan hingga diketahui sifat senyawa tersebut.



Gambar 1. Senyawa kimia EPMS

Pemodelan senyawa EPMS dapat dilakukan menggunakan metode komputasi *Hartree Fock* dan *Density Functional Theory* (DFT). Pendekatan ini mampu mendapatkan hasil yang akurat pada skala mikroskopik dan telah dikonfirmasi dengan hasil eksperimental. Metode DFT merupakan metode *Ab Initio* (Salmahaminati et al., 2021) sehingga dapat menentukan konformasi struktur senyawa yang paling stabil, dan nilai parameter seperti sifat fisika dan kimia yang dihasilkan lebih akurat dari semi empiris. Dari latar belakang tersebut perlunya dilakukan pengkajian secara komputasi melalui metode HF (Nurchahyo et al., 2017) dan DFT yang penelitian sebelumnya telah dianalisis oleh Salmahaminati dan Fajar (2015) untuk mengetahui apakah dapat senyawa EPMS dapat dimanfaatkan sebagai bahan tabir surya dan penerapannya pada pembuatan losion tabir surya.

## BAHAN DAN METODE

### Alat dan bahan

Peralatan kimia komputasi yang digunakan berupa satu unit komputer dengan spesifikasi berupa prosesor Intel Celeron, harddisk 1TB, dan Random Access Memory (RAM) 8 GB. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan yaitu Sistem operasi Windows 10 Home Single Language 64-bit, GaussView 5.0 untuk memasukkan metode perhitungan, dan Gaussian 09W untuk perhitungan kimia. AVOGADRO, pH meter Digital (Mettler Toledo, USA), dan alat gelas lainnya. Bahan formulasi losion berupa ekstrak kencur 3% yang diperoleh dari proses maserasi satu malam dan bahan-bahan kimia lotion (asam

stearat 2.5%, setil alcohol 0.5%, TEA 1%, gliserin 5%, metil paraben 0.1%, propil paraben 0.05%, paraffin cair 7%, akuades ) yang tersedia secara komersial di Indonesia (Sugiharto & Ikhda, 2020).

#### *Metode komputasi*

Analisis pada pemodelan senyawa EPMS yang dilakukan untuk bertujuan untuk mencari pembentukan dan optimasi senyawa EPMS. Langkah pertama pembuatan struktur senyawa EPMS di AVOGADRO (Snyder & Kucukkal, 2021) dan dilakukan dengan meminimisasi struktur dengan menjalankan optimasi geometri terhadap senyawa EPMS hasil dari langkah pertama yang menggunakan *GaussView* versi 5.0 sebagai *viewer input* sebelum perhitungan menggunakan *Gaussian* versi 0.9W (Frisch et al., 2009) and *for Windows*. Optimasi geometri dilakukan dengan menggunakan metode HF (*Hartree Fock*) serta *Basis set* (Schuchardt et al., 2007; Hehre et al., 1972; Feller, 1996) 6-31G (Purnama et al., 2019; Salmahaminati et al., 2021) sehingga struktur dengan energi paling rendah mampu dihasilkan. Analisis spektrum menggunakan TD-DFT (Fumanal & Daniel, 2016). Selain itu, *Gaussian* versi 0.9W memberikan informasi geometri dan karakteristik elektronik di antaranya, momen dipol, muatan atom, hingga energi baik energi HOMO-LUMO dan energi komponen orbital molekul terdepan untuk masing-masing senyawa dari hasil optimasi geometri (Male et al., 2009).

#### *Metode pembuatan losion ekstrak kencur*

Pembuatan losion tabir surya dari rimpang kencur mengikuti prosedur pada penelitian terdahulu (Sugiharto & Ikhda, 2020) dengan beberapa modifikasi. Ekstrak kencur diperoleh dari 125 g kencur yang dimaserasi menggunakan 125 mL aseton dan ekstrak disaring kemudian filtrat dipekatkan menggunakan *rotary vacum evaporator*. Komposisi bahan yang digunakan adalah asam stearat 2.5%, setil alkohol 0.5%, triethanolamine (TEA) 1%, gliserin 5%, metil paraben 0.1%, propil paraben 0.05%, parafin cair 7%, serta akuades. Pembuatan losion dibuat dengan terlebih dahulu membuat dua buah larutan dengan berbeda fase, yaitu fase minyak dan fase air. Untuk fase minyak, bahan-bahan seperti setil alkohol, asam stearat, propil paraben, dan parafin cair dimasukkan ke dalam gelas beker, lalu dipanaskan pada suhu 70 °C menggunakan *water bath* hingga semua bahan tercampur. Sementara itu pada fase air, bahan-bahan seperti gliserin, metil paraben, dan TEA dimasukkan ke dalam gelas beker lalu diaduk sampai homogen. Sedikit demi sedikit fase air dimasukkan dalam fase minyak lalu diaduk dengan cepat, sehingga diperoleh sediaan yang homogen dan membentuk sediaan losion yang baik. Kemudian, dimasukkan akuades 100 ml ke dalam gelas beker basis losion sedikit demi sedikit sampai diperoleh losion yang homogen.

#### *Metode pengujian losion ekstrak kencur*

Losion kencur yang dihasilkan dilakukan pengujian untuk memenuhi SNI-16-4399-1996, yaitu uji organoleptik, uji homogenitas, uji pH, dan uji daya sebar, sesuai yang dilakukan Mardikasari et al. (2017) dan Naibaho et al. (2013). Uji organoleptik dilakukan dengan cara pada pengamatan pada bentuk fisik, bau, dan warna dari losion. Sementara itu untuk uji homogenitas, losion diambil secukupnya lalu dioleskan pada kaca arloji, diraba, dan digosokkan sampai merata. Sediaan losion harus menunjukkan susunan yang homogen dan tidak menunjukkan adanya butiran kasar. Untuk pH, nilai pH losion yang memenuhi kriteria harus sesuai dengan pH kulit yaitu antara 4.5 sampai 8. Sedangkan untuk uji daya sebar dilakukan dengan cara losion disebar di atas kaca arloji lalu disimpan di antara 2 kaca arloji. Dilakukan hal tersebut sampai terdapat beban di atasnya, didiamkan selama 1 menit lalu diameter penyebarannya dicatat.

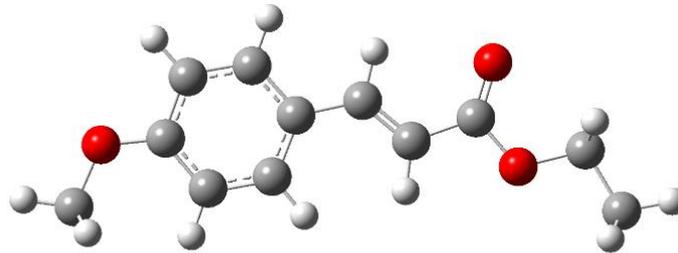
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Analisis secara komputasi*

#### *Optimasi geometri*

Pemodelan molekul adalah pemodelan dengan teknik yang bergantung pada struktur tiga dimensi (3D) dari suatu molekul untuk mengetahui sifat-sifat, dan reaksi yang terjadi pada suatu molekul dan mengetahui perilaku molekul dalam sistem kimia. Pada pemodelan senyawa EPMS Gambar 2. menunjukkan atom karbon (C) yang berwarna abu tua, atom hidrogen (H) yang berwarna putih dan atom oksigen (O) yang berwarna merah. Optimasi dilakukan dengan tujuan

mengetahui total energi yang paling minimum dari suatu molekul yaitu dimana keadaan dimana molekul tersebut mencapai bentuk geometri yang stabil, sehingga mendekati struktur yang sesuai dengan teoritis. Optimasi geometri senyawa EPMS menggunakan *software Gaussian* versi 0.9W dan *GaussView* versi 0.5 dengan metode Hartree Fock/6-31G dan analisis transisi menggunakan TD-DFT pada B3LYP/6-31G.



Gambar 2. Hasil optimasi EPMS

#### Analisis TD-DFT

Model senyawa tabir surya spektrum hasil eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis akan bersifat kontinu (berlanjut). Hal ini akan berbeda dengan spektrum transisi elektronik dari perhitungan TD-DFT yang memiliki sifat diskontinu. Hal tersebut karena cara perolehan masing-masing spektrum berbeda. Dari spektrofotometer UV-Vis pada suatu senyawa akan dicacah dengan panjang gelombang tertentu dan intensitas pada proses tersebut dicatat dalam suatu kurva serapan. Nilai  $\lambda_{maks}$  yang dihasilkan oleh optimasi geometri menggunakan metode HF menunjukkan nilai  $\lambda_{maks}$  berbeda sekitar 15 nm dengan nilai  $\lambda_{maks}$  yang diperoleh secara eksperimen pada Tabel 2.

Perbedaan hasil panjang gelombang maksimum ini diperoleh karena adanya perbedaan kondisi sistem. Pada perhitungan secara kimia komputasi hanya dapat mengukur spektrum transisi elektronik suatu senyawa dalam keadaan tunggal pada fasa gas. Sedangkan dari eksperimen kondisi sistem pengukuran spektrum serapan sinar UV dari suatu senyawa berada dalam suatu pelarut tertentu (Naibaho et al., 2013) yang dalam hal ini digunakan yaitu pelarut aseton. Dimana intensitas serapan dalam spektrum elektronik secara komputasi dapat berupa kekuatan osilasi. Kekuatan osilasi adalah ukuran momen dwikutub transisi yang dihubungkan dengan pergeseran muatan yang terjadi ketika distribusi ulang elektron secara berlangsung.

Tabel 2. Hasil Panjang gelombang dan komputasi

Hasil	$\lambda_{maks}$
Eksperimental (Agustina et al, 2018)	308 nm
Komputasi (studi ini)	289 nm

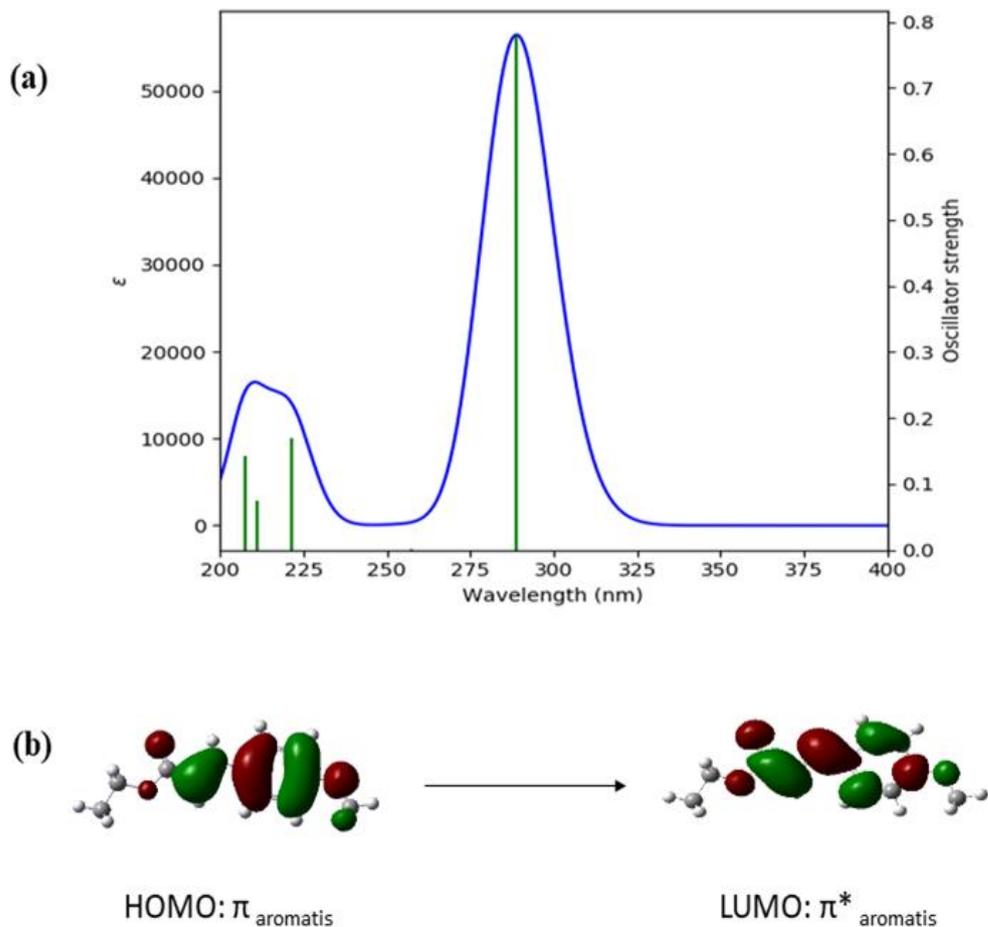
Metode TD-DFT memberikan energi eksitasi vertikal, probabilitasnya pada kekuatan osilator, dan jenis orbitalnya (Garino et al., 2016). Penggunaan program seperti GaussSum memudahkan analisis file luaran dan penggambaran hasil spektrum analisisnya. Tabel 3 dan Gambar 3a-b adalah hasil analisis TD-DFT, plot spektrum serapan EPMS (Gambar 3a) dan visualisasi orbital transisi terpilih yang memberikan kontribusi besar (Gambar 3b). Dari hasil pada Gambar dan Tabel tersebut, senyawa EPMS, pada transisi 1 menunjukkan transisi singlet-singlet S1 memiliki panjang gelombang maksimum sekitar 289 nm yang dapat menyerap sinar UVB, dengan nilai kekuatan osilator tertinggi sehingga mampu menyerap sinar UV-B dengan intensitas yang cukup besar. Pada analisis orbital transisi yang terjadi pada S1 adalah transisi

$\pi$ alkena $\pi$ aromatis $\pi^*$ alkena $\pi^*$ aromatis

Tabel 3. Hasil analisis spektrum TD-DFT senyawa EPMS

No.	Panjang gelombang (nm)	Intensitas	Kontribusi orbital yang dominan
1	289	0.7785	HOMO → LUMO (98%)
2	273	0.0002	HOMO-1 → LUMO (96%)

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya densiti elektron pada daerah HOMO berada pada rantai donor, sedangkan pada densiti elektron untuk daerah LUMO berada di rantai akseptor. Hal ini yang bersesuaian dengan teori yakni HOMO adalah pita energi yang mendonorkan elektron dan LUMO adalah pita energi yang menerima elektron.



Gambar 3. Pemodelan (a) hasil TD-DFT senyawa EPMS dan (b) transisi analisis orbital

*Pembuatan ekstrak losion dari kencur*

Ekstrak kencur digunakan untuk pembuatan losion yang mengandung senyawa fenolik flavonoid ekstrak 3%. Proses pembuatannya melibatkan dua bagian yaitu fase minyak dan fase air (Syifa, 2018). Fase pertama menggunakan beberapa bahan diantaranya; asam stearat, setil alkohol, propil paraben, dan parafin cair. Asam stearat pada proses ini dimanfaatkan sebagai pengemulsi yang larut dalam minyak sehingga dapat mengikat kedua fase sampai homogen. Setil alkohol adalah penstabil emulsi pada preparasi losion. Sebagai pengawet yang larut dalam fase minyak digunakan propil paraben. Selanjutnya, parafin cair dipakai untuk pelarut asam stearat dan setil alkohol. Terkait fase air, pada tahap ini melibatkan gliserin, metil paraben, dan TEA. Sebagai pengontrol kelembapan digunakan gliserin. Metil paraben adalah bahan pengawet yang mampu larut dalam fase air. TEA atau triethanolamin dimanfaatkan sebagai pengemulsi dan menjaga

kestabilan pH agar tidak mengiritasi kulit (Rowe et al., 2009). Losion yang terbentuk dari ekstrak kencur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sediaan losion ekstrak kencur

#### *Pengujian losion dari ekstrak kencur*

Sediaan losion dari ekstrak kencur dengan konsentrasi ekstrak 3% (Wati et al., 2017) memperoleh hasil yang sesuai dengan SNI-16-4399-1996. Berdasarkan hasil uji pengamatan organoleptis pada hasil losion adalah tidak berbau, kental dan berwarna kuning muda menyerupai warna kencur. Sementara itu untuk pH losion yang dihasilkan adalah 7.2. Standar keasaman/pH dari produk yang dihasilkan harus dalam rentang aman sesuai pH kulit antara 4.5 - 8 (SNI-16-4399-1996). Hal ini untuk memastikan losion yang dihasilkan tidak mengiritasi kulit karena masih dalam rentang aman (Sulastri et al. 2016)

Kemampuan penyebaran losion ekstrak kencur dilakukan mengetahui sejauh mana daya sebar losion tersebut nanti pada kulit (Mardikasari et al., 2017; Naibaho et al., 2013). Preparasi topikal mensyaratkan daya sebar sekitar 5-7 cm (Wasitaatmadja, 1997). Hasil uji sebar menunjukkan daya sebar yang baik yaitu 5 cm. Dengan hasil yang baik, maka kontak antara krim dengan kulit menjadi luas, sehingga mempercepat absorpsi krim ke kulit. Dengan begitu, aplikasi pada kulit semakin mudah dan merata sehingga mampu secara menyeluruh menutupi kulit. Hal tersebut akan lebih efektif akan melindungi kulit dari sinar UV.

Untuk mengetahui sama tidaknya varian krim yang dihasilkan ketika pengaplikasian pada kulit, dilakukan uji homogenitas dengan meratakan losion yang dipreparasi pada kaca object. Syarat sediaan losion yang baik adalah homogen (SNI). Dalam uji ini perlu dipastikan tidak adanya partikel kasar maupun warna yang berbeda pada losion ekstrak kencur yang dihasilkan. Hal ini penting untuk memastikan kualitas hasil produk dan mampu secara merata terdistribusi pada kulit serta tidak menimbulkan iritasi (Arisanty & Anita, 2018). Hasil dari penelitian ini ekstrak kencur terlihat homogen berdasarkan observasi pengamatan secara kasat mata.

#### **KESIMPULAN**

Dari hasil panjang gelombang eksperimen secara komputasi menggunakan metode HF untuk optimasi dan TD-DFT untuk analisis transisi menghasilkan panjang gelombang maksimum dalam rentang 280 sampai 325 nm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa EPMS dapat digunakan sebagai tabir surya karena memiliki gugus kromofor yang mampu menyerap sinar UVB pada panjang gelombang 280 sampai 325 nm. Hasil Pembuatan hasil losion dari ekstrak rimpang kencur yang diperoleh sudah sesuai dengan SNI 16-4399-1966

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) UII atas dana penelitian hibah pemula dengan Nomor kontrak: 001 /Dir/DPPM/70/Pen.Pemula/III/2021 dan Dr. Arif Darmawan atas bantuan penyusunan naskah ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Munawarah, Stefanus A. L., Syamsu N., (2018) Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNps) Terkonjugasi Etil Parametoksi Sinamat (Epms) sebagai Bahan Tabir Surya. *J. Farmasi Galenika*, 4 (2): 98 – 105. DOI : 10.22487/j24428744. 2018.v4.i2.10440
- Arisanty & Anita. (2014). Uji Mutu Fisik Sediaan Krim Ekstrak Etanol Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) dengan Variasi Konsentrasi Na. Lauril Sulfat. *Media Farmasi*, 14(1). Makassar: Poltekkes Kemenkes Makassar.
- Feller, D. (1996). The role of databases in support of computational chemistry calculations. *J. Comput. Chem.*, 17, 1571–1586.
- Frisch, M., Trucks, G., Schlegel, H., Scuseria, G. Gaussian 09W, Revision A. 1; Gaussian: Wallingford (CT), (2009).
- Fumanal, M. & Daniel, C. (2016). Electronic and Photophysical Properties of [Re (L)(CO) 3 (Phen)] + and [Ru(L) 2 (Bpy) 2 ] 2+ (L = Imidazole), Building Units for Long-Range Electron Transfer in Modified Blue Copper Proteins. *J. Phys. Chem. A*, 120, 6934–6943.
- Garino, C., Terenzi, A., Barone, G., & Salassa, L. (2016). Teaching Inorganic Photophysics and Photochemistry with Three Ruthenium(II) Polypyridyl Complexes: A Computer-Based Exercise. *J. Chem. Educ.*, 93 (2), 292–298. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00801>
- Hehre, W. J., Ditchfield, R., & Pople, J. A. (1972). Self-Consistent Molecular Orbital Methods. XII. Further Extensions of Gaussian Type Basis Sets for Use in Molecular Orbital Studies of Organic Molecules. *J. Chem. Phys*, 56, 2257–2261.
- Isfardiyana, S. H., & Safitri, S. R. (2014). Pentingnya melindungi kulit dari sinar ultraviolet dan cara melindungi kulit dengan sunblock buatan sendiri. *Jurnal Inovasi Dan Kewirausahaan*, 3, 126–133.
- Levine, Ira N. (1991). Quantum Chemistry (dalam bahasa Inggris). Englewood Cliffs, New jersey: Prentice Hall. hlm. 455–544. ISBN 0-205-12770-3.
- Male, Y. T., (2009). *Studi Komputasi Senyawa Kompleks Transisi Spin Besi (II)*. [Disertasi]. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Mardikasari S. A., Mallarangeng A.N.S.A, Zubaydah W.O.S, Juswita E.. (2017). Formulasi dan Uji Stabilitas Lotion dari Ekstrak Etanol Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Sebagai Antioksidan. *Jurnal Farmasi, Sains dan Kesehatan*, 2(2).
- Naibaho, D.H., Yamkan, V.Y., & Weni, Wiyono. (2013). Pengaruh basis salep terhadap formulasi sediaan salep ekstrak daun kemangi (*Ocimum sanctum* L.) pada kulit punggung kelinci yang dibuat Infeksi *Staphylococcus aureus*. *Jurnal ilmiah Farmasi*, 3(2).
- Nurchahyo I. P., Lukman H., & Nuri H. (2017). Molecular Modeling of An Analog Of Curcumin Compounds Pentagamavunon-0 (PGV-0) And Pentagamavunon-1 (PGV-1) Through Computational Chemistry Methods Ab-Initio HF/4-31G. *Indonesian Journal of Chemical Research Researchs*, 2 (1-2), 28-39.
- Purnama, I., Salmahaminati, Abe, M., Hada, M., Kubo, Y., & Mulyana, J. Y. (2019). Factors influencing the photoelectrochemical device performance sensitized by ruthenium polypyridyl dyes. *Dalton Transactions*, 48(2), 688-695. <https://doi.org/10.1039/C8DT03502D>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook Of Pharmaceutical Excipients*. Sixth Edition.
- Salmahaminati, Purnama, I., Abe, M., Hada, M., & Mulyana, J.Y. (2021). Density Functional Study of Metal-to-Ligand Charge Transfer and Hole-Hopping in Ruthenium (II) Complexes with Alkyl-Substituted Bipyridine Ligands. *ACS omega*, 6(1), 55-64.
- Salmahaminati & Fajar, P. (2015). Semiempirical Study on Electronical Transition Spectra of Ethyl p-methoxycinnamate (EPMS) from Kencur (*Kaempferia galanga*) for Sunscreen Component. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis* 15 (1-2), 38-47. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol15.iss1-2.art4>
- Schuchardt, K. L., Didier, B. T., Elsethagen, T., Sun, L., Gurumoorthi, V., Chase, J., Li, J., & Windus, T. L. (2007). Basis Set Exchange: A Community Database for Computational Sciences. *J. Chem. Inf. Model*, 47, 1045–1052.
- Snyder, H. D. & Kucukkal, T. G. (2021). Computational Chemistry Activities with Avogadro and ORCA. *Journal of Chemical Education*, 98(4): 1335–1341.
- Sugiharto R. & Ikhdha, C. N.H. (2020). Formulasi dan Uji Mutu Fisik Losion Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica* Val). *Artikel Pemakalah Pararel*, 298.

- Sulastri, E., Yusriadi, & Rahmiyati, D. (2016). Pengaruh Pati Prigelatinasi Beras Hitam Sebagai Bahan Pembentuk Gel Terhadap Mutu Fisik Sediaan Masker Gel Peel Off. *Jurnal Pharmascience*, 3(2) 69 – 79.
- Syifa, O. M. (2018). *Uji Efektivitas dan Fotostabilitas Krim Ekstrak Etanol 70% Teh Hitam (Camellia sinensis L.) Sebagai Tabir Surya Secara In Vitro*. [Skripsi]. Jurusan Farmasi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Wasitaatmadja, M.S. (1997). *Penuntun Ilmu Kosmetik Medik*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Wati, R., Riwayati, I., & Risdiyanto, D. (2017). Ekstraksi Kurkumin Dari Rimpang Temulawak (*Curcuma Xanthoriza Roxb*) Dengan Metode MAE (Microwave Assisted Extraction). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*. 1(2): 14 – 15. ISSN 2528– 5912.