



Peningkatan Efisiensi *Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Pelapisan TiO₂ Doping ZnO dengan Zat Warna Poli Tanin

Mutya Destari*, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Hardeli, Universitas Negeri Padang, Indonesia

ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a solar cell with dye as an absorber of photons from sunlight. Research related to DSSC is still continuing to look for DSSC components that produce high efficiency at affordable production costs. DSSC efficiency can increase with an increasing amount of light absorbed and is also influenced by the number of conjugated double bonds formed. So in this research, doping method is used on the paste to reduce the band gap, which is able to accelerate excited electrons from the valence band to the conduction band. This band gap will increase the amount of light absorbed. Polymerization is also carried out on the dye, which aims to increase the conjugated double bonds so that more photons are absorbed and more electrons flow. The results of this research can reduce the band gap from 3.2 eV to 2.94 eV and obtain an efficiency of 11.4%.

ARTICLE HISTORY

Submitted 27/10/2023

Revised 08/11/2023

Accepted 12/11/2023

KEYWORDS

DSSC; Poli Tanin; Efisiensi; Doping; Polimerisasi

CORRESPONDENCE AUTHOR

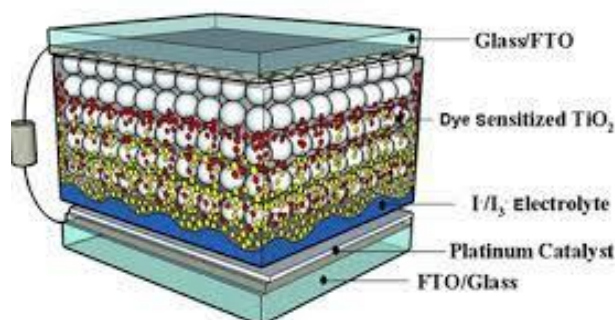
✉ mutyadst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.8171>

1. PENDAHULUAN

Energi berperan sangat besar bagi kehidupan manusia. Hal ini dikarenakan energi merupakan kebutuhan primer bagi manusia. Penggunaan energi fosil di Indonesia mencapai 95% dari kebutuhan energi Indonesia. Sebanyak 50% dari energi fosil yang digunakan di Indonesia bersumber dari minyak. Produksi dan konsumsi energi minyak di Indonesia semakin tidak seimbang dimana semakin banyak konsumsi daripada produksi. Ketidakseimbangan produksi dan konsumsi minyak dimana minyak sebagai sumber utama energi Indonesia dapat mengancam ketersediaan energi di Indonesia. Rendahnya cadangan energi fosil sementara penggunaan energi terus meningkat, maka penggunaan energi baru dan terbarukan menjadi perhatian utama pemerintah Indonesia (Putra et al., 2020).

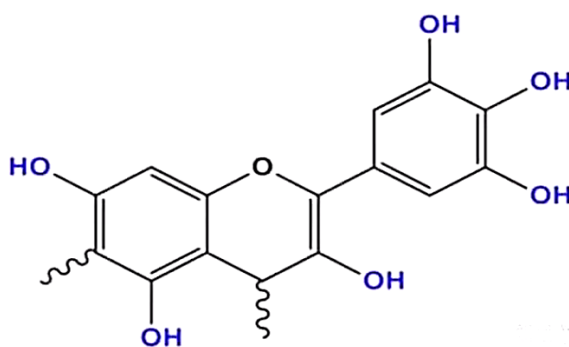
Matahari adalah sumber energi primer yang memberikan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Permukaan bumi menerima energi kurang lebih 1000 watt per meter persegi selama cuaca cerah (Manan, 2009). Energi matahari dikembangkan dengan menggunakan sel fotovoltaik yang merupakan pengembangan energi matahari dengan cara mengubahnya menjadi energi listrik. Sel fotovoltaik ini disebut juga *solar cell* atau sel surya (Gong et al., 2017). Sel surya dibuat dengan menggunakan bahan silikon dan DSSC (*Sensitized Solar cell*). Sel surya dibuat dengan menggunakan silikon saat ini banyak digunakan karena efisiensi yang didapatkan dengan menggunakan silikon besar tetapi harga silikon mahal. *Sensitized Solar cell* (DSSC) harganya lebih murah dan aman digunakan sehingga digunakan DSSC sebagai bahan pembuatan sel surya (Damayanti et al., 2014).



Gambar 1. Komponen DSSC



DSSC ialah sel surya berbasis yang akan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Pada DSSC ini atau molekul zat warna akan mengabsorpsi foton dari cahaya matahari sehingga elektron dari molekul zat warna akan mengalami eksitasi (Hardeli et al., 2013). DSSC terdiri dari beberapa komponen, antara lain ialah kaca, semikonduktor, lapisan zat warna, lapisan elektrolit, dan elektroda lawan (Nugraha & Susanti, 2015). Zat warna pada DSSC dapat berasal dari bahan organik atau anorganik. Zat warna anorganik biasanya menghasilkan efisiensi lebih tinggi dari zat warna organik, namun memiliki harga yang mahal dan bersifat *toxic* bagi lingkungan, sedangkan zat warna organik biayanya murah dan ramah lingkungan (Calogero et al., 2014). Pada DSSC dapat digunakan beberapa zat warna organik yaitu diantaranya ialah beta karotene, antosianin, klorofil, kurkumin, tanin, dan flavonoid. Tanin adalah makromolekul dalam tanaman yang memiliki gugus fungsi polihidroksilfenil dan sering digunakan sebagai zat warna. Tanin mempunyai 15 atom karbon tersusun dalam tiga cincin yang bisa dipolimerisasi. Tanin tersusun dari tiga gugus fungsi utama yaitu -OH (fenol), C-H (aromatik) dan C=O (karbonil) dengan berat molekul 286 g/mol. Poli tanin diperoleh dari hasil polimerisasi tanin, polimerisasi dilakukan dengan tujuan agar ikatan rangkap terkonjugasi yang terbentuk semakin banyak dan memperbanyak penyerapan foton (Feronika & Hardeli, 2022).



Gambar 2. Struktur dasar tanin (Harborne et al., 1987).

Komponen DSSC selanjutnya yaitu semikonduktor, Titanium Oksida merupakan semikonduktor yang umum digunakan dalam DSSC dan berupa jenis material metal oksida yang digunakan sebagai fotoanoda pada DSSC karena memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kestabilan efisiensi pada sel surya. TiO_2 mempunyai energi *band gap* yang lebar (3,2 eV) dan transmisi optik yang baik serta berstruktur nanopori yang dapat menaikkan kinerja pada sistem. *Band gap* inilah yang akan menaikkan jumlah *dye* teradsorpsi dan menjadikan jumlah cahaya yang terserap juga meningkat (Kumara & Prajitno, 2012). Efisiensi akan meningkat dengan meningkatnya jumlah cahaya yang terserap. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan daya serap dari semikonduktor yaitu melakukan modifikasi pada permukaan TiO_2 dengan mendoping logam. Doping yaitu salah satu metode yang digunakan untuk mencampurkan logam transisi atau non logam kedalam semikonduktor TiO_2 yang bertujuan untuk membantu kinerja TiO_2 dalam menggeser penyerapan TiO_2 pada tingkat energi yang lebih rendah sehingga kinerja TiO_2 menjadi lebih optimal (Lina & Hardeli, 2022). Logam yang digunakan untuk mendoping pada penelitian ini yaitu ZnO karena menurut (Fatiatun, 2015), ZnO merupakan senyawa yang tidak beracun, mudah diperoleh, tahan terhadap radiasi, dan stabilitas termal yang tinggi. ZnO memiliki lebar celah pita sebesar 3,37 eV (Lupan et al., 2009), dengan adanya penambahan pita baru ZnO pada celah pita ITO akan mengakibatkan berkurangnya energi foton yang dibutuhkan untuk eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga menghasilkan konduktivitas elektron yang lebih tinggi.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis tertarik untuk memfabrikasikan DSSC menggunakan zat warna poli tanin dan TiO_2 doping ZnO sebagai pelapisan. Pada penelitian ini, digunakan metode doping pada pasta TiO_2 -ZnO dan konsentrasi monomer zat warna tanin divariasikan untuk meningkatkan efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Alat yang digunakan adalah kaca ITO gelas kimia, erlenmeyer 250 mL, pipet tetes, botol penyimpan, penjepit besi, *binder clips*, corong, cawan penguap, termometer 200°C, labu alas bulat, batang pengaduk, spatula, *ultrasonic cleaner*, labu ukur 250 mL, oven, *hot plate*, neraca analitik, *magnetic stirrer*, sentrifuge dan pinset. Instrumen yang digunakan yaitu UV-DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*) merk Analytik Jena Specord 210 Plus Series dan Multimeter *digital* merk sanwa CD800a.

2.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu tanin, NaOH, aquades, asetonitril, Kalium Iodida, I₂ (*iodine*), alkohol 70%, PVA, kaca ITO, lilin, korek api, TiO₂, ZnO, *glutaraldehyde*, *formaldehyde* 37%, HCL 36%, PEG (polietilen glikol), sikloheksana, etanol, *aquabidest*, kertas saring, kertas indikator dan *aluminium foil*.

2.2 Prosedur

2.2.1 Preparasi Pasta TiO₂ Doping ZnO

TiO₂ sebanyak 0,475 gram dan ZnO sebanyak 0,025 gram dicampurkan dalam etanol 100 mL kemudian distirer selama 60 menit sampai terbentuk sol yang homogen. Sol TiO₂-ZnO disonikasi selama 30 menit, kemudian dipanaskan selama 60 menit didalam oven dengan suhu 95°C. Sol TiO₂ yang didoping ZnO dapat dilapisi dengan kaca ITO kemudian menguapkan semua pelarut sol TiO₂-ZnO dikalsinasi pada suhu 400°C selama 120 menit (Sanjaya et al., 2017).

2.2.2 Preparasi Zat Warna Poli Tanin

Sebanyak variasi (2.0, 2.5 dan 3.0 gram) tanin dimasukkan ke dalam labu alas bulat yang berisi 12,5 mL larutan HCl dan 22,5 mL HCOH. Kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 200°C. Lalu resin disaring dan dicuci beberapa kali dengan *aquabidest*, kemudian dikeringkan di oven selama 1 jam pada suhu 80°C. Kemudian sebanyak 0,25 resin dilarutkan dalam 25 mL larutan NaOH 2%. Campuran kemudian dipanaskan sampai suhu 60-70°C dengan pengadukan *magnetic stirrer* terus menerus dan ditambahkan 2.5 mL *glutaraldehyde*. Setelah ditambahkan, pemanasan campuran ditingkatkan hingga suhu 100°C (Varila et al., 2020).

2.2.3 Preparasi Kaca ITO

Kaca ITO dipotong dengan ukuran 1,25 cm x 2,5 cm kemudian direndam dalam gelas kimia yang berisi 200 mL alkohol 70% lalu masukkan ke *ultrasonic cleaner* selama 1 jam. Kemudian kaca dikeringkan dan diukur resistensinya menggunakan multimeter (Kumara & Prajitno, 2012).

2.2.4 Preparasi Elektrolit

Sebanyak 0,5 gr KI dan 0,1 gr I₂ dilarutkan dalam 12 mL asetonitril kemudian aduk sampai homogen. Larutan yang telah homogen ditambahkan PEG sebanyak 2,4 g kemudian aduk sampai membentuk gel (Damayanti et al., 2014).

2.2.5 Preparasi Elektroda Lawan

Bagian konduktif dari kaca ITO dipanaskan di atas lilin sampai menghasilkan warna hitam pada lapisan tersebut. Bagian pinggir dari kaca ITO dirapikan menggunakan *cotton bud*. Lapisan karbon dibentuk sesuai dengan ukuran 1 cm x 1 cm (Chadijah, 1979).

2.2.6 Preparasi *Dye Sensitize Solar Cell* (DSSC)

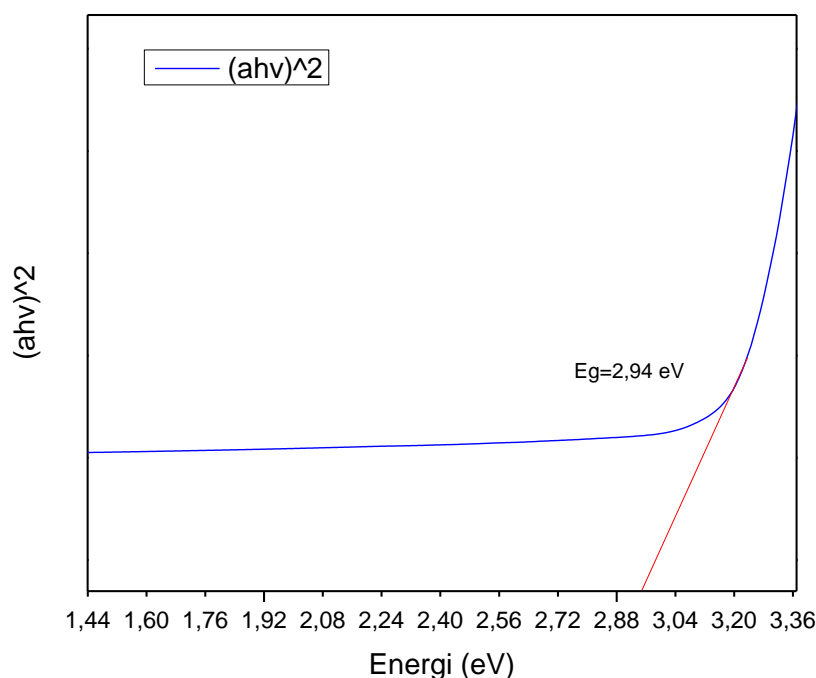
Kaca ITO dengan ukuran 1 x 2,5 cm dibentuk dengan *scotch tape* ukuran 1 x 1 cm. Kaca selanjutnya dideposisikan pasta TiO₂-ZnO dengan menggunakan metode *doctor blade* untuk meratakannya. Lapisan yang terbentuk dipanaskan di atas *hot plate* yang sebelumnya sudah dilapisi *aluminium foil*, pemanasan dilakukan dengan suhu 100°C selama 30 menit. Kaca ITO yang telah dilapisi pasta TiO₂-ZnO kemudian direndam dalam zat warna poli tanin selama 30 menit.

Kaca ITO yang telah dilapisi elektroda lawan diletakkan diatas kaca ITO yang telah dilapisi pasta TiO₂-ZnO dengan struktur *sandwich*, masing-masing kontak elektrik diberi offset 0,25 cm pada ujungnya. Kemudian kedua sisi dijepit dengan *binder clips*. Larutan elektrolit ditetaskan sebanyak 2 tetes diantara celah lapisan TiO₂-ZnO dengan elektroda lawan (Hardeli et al., 2013).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi pasta TiO₂-ZnO

TiO₂ doping ZnO dikarakterisasi menggunakan instrumen UV-DRS. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi UV-DRS digunakan untuk mengetahui energi band-gap dengan mengubah besaran %R kedalam faktor Kubelka-Munk (F(R)) (Sanjaya et al., 2018). *Band gap* yang tidak terlalu besar mampu mempercepat elektron tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi sehingga bahan tersebut nantinya dapat menghantarkan listrik. Grafik nilai band-gap dari semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 3. Grafik Band-Gap TiO₂ Doping ZnOTabel 1: Data TiO₂ doping ZnO

No	Data <i>band-gap</i>	
	TiO ₂	TiO ₂ -ZnO
1	3,2 eV	2,94 eV

Grafik dan tabel di atas menunjukkan bahwa TiO₂ yang telah didoping dengan ZnO berhasil menurunkan *band-gap* dari 3,2 eV menjadi 2,94 eV. Hal ini terjadi karena adanya penyisipan semikonduktor ZnO yang berguna dapat membentuk lapisan kontak logam yang menjadi lintasan bagi elektron untuk mengalir lebih cepat menuju elektroda (ITO) (Rahman et al., 2019). Dengan nilai *band gap* yang semakin kecil ini tentunya dapat membantu meningkatkan efisiensi pada DSSC.

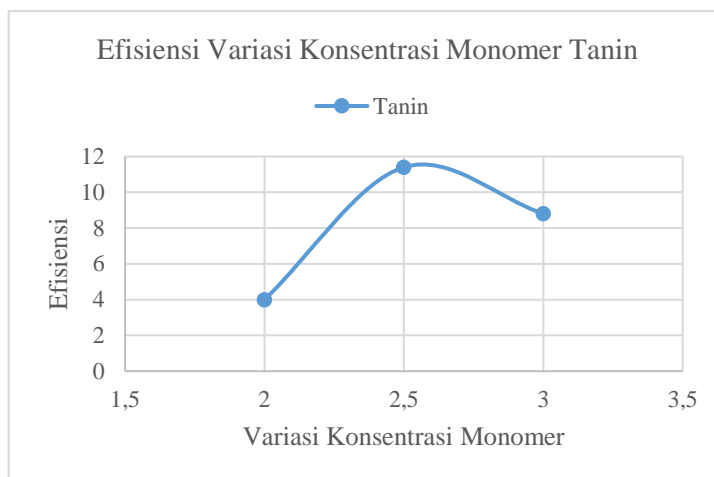
3.2 Uji Efisiensi DSSC

Pengujian efisiensi DSSC bertujuan untuk mengetahui variasi konsentrasi monomer zat warna yang paling optimum. Pengukuran efisiensi DSSC dilakukan menggunakan multimeter *digital*. Sel surya berhasil mengkonversi energi cahaya matahari menjadi listrik yang ditunjukkan dengan nilai tegangan dan arus listrik (Hardeli et al., 2013). Kuat arus yang telah didapat kemudian dihitung menggunakan kurva I-V untuk menentukan efisiensinya.

Tabel 2: Hasil pengukuran dari variasi konsentrasi monomer tanin

Konsentrasi Monomer (gr)	Tegangan (V)	Hambatan (Ω)	Efisiensi (%)
2	0,115	133,6	4
2,5	0,288	300,7	11,4
3	0,230	247,5	8,8

Pada tabel di atas terlihat setiap variasi konsentrasi monomer menghasilkan efisiensi yang berbeda, hal ini menunjukkan konsentrasi monomer yang digunakan dalam proses polimerisasi berpengaruh terhadap efisiensi sel surya. Efisiensi optimum yang didapatkan untuk variasi konsentrasi monomer tanin adalah 11,4% pada variasi konsentrasi monomer 2,5 gram, sedangkan efisiensi terendah didapatkan pada konsentrasi monomer 2 gram yaitu 4%. Hal ini disebabkan karena semakin banyak konsentrasi zat warna yang digunakan maka semakin banyak polimer yang akan terbentuk, tetapi jika konsentrasi monomer terlalu banyak maka zat warna akan menghalangi difusi *crosslinker* sehingga tidak dapat mengikat monomer dan efisiensi menjadi lebih rendah (Sri Irianty & Reni Yenti, 2014). Hal ini dibuktikan pada variasi konsentrasi monomer 3 gram terjadi penurunan efisiensi.



Gambar 4. Grafik Efisiensi dari Variasi Konsentrasi Monomer

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Metode doping pada pasta TiO₂ dapat menurunkan *band gap* sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi. *Band gap* TiO₂ yang awalnya sebesar 3,2 eV turun menjadi 2,94 eV setelah didoping dengan ZnO. Konsentrasi monomer zat warna yang divariasikan dapat membantu meningkatkan efisiensi DSSC menjadi sebesar 11,4% pada konsentrasi monomer 2.5 gram.

4.2 Saran

Waktu pemanasan saat preparasi pasta TiO₂-ZnO sebaiknya dapat disesuaikan agar pasta yang terbentuk tidak terlalu cair dan tidak juga terlalu kering sehingga tidak mengganggu proses pelapisan pada kaca.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Calogero, G., Bartolotta, A., Di Marco, G., Di Carlo, A., & Bonaccorso, F. (2014). Vegetable-Based Dye-Sensitized Solar Cells. *Chemical Society Reviews*, 44(10), 3244–3294.
- Chadijah, S. D. D. H. (1979). Pembuatan Counter Electrode Karbon untuk Aplikasi. *Pembuatan Counter Electrode Karbon Untuk Aplikasi Elektroda Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*, 8(2), 78–86.
- Damayanti, R., Hardeli, & Sanjaya, H. (2014). *Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.)*. VI(2), 148–157.
- Feronika, W., & Hardeli. (2022). Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Pembentukan Poli Tanin sebagai Zat Warna Pada Dye Sensitized Solar Cell. *Chemistry Journal*, 11(1). <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Gong, J., Sumathy, K., Qiao, Q., & Zhou, Z. (2017). Review on Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs): Advanced Techniques and Research Trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 234–246.
- Harborne, J. B., Padmawinata, K., & Soediro, I. (1987). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*.
- Hardeli, Suwardani, R., Fernando T, & Maulidis, S. R. (2013). *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*.
- Kumara, M. S., & Prajitno, G. (2012). Studi awal fabrikasi dye sensitized solar cell (DSSC) dengan menggunakan ekstraksi daun bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) sebagai dye sensitizer dengan variasi jarak sumber cahaya pada DSSC. *Jurnal Ilmiah ITS*.
- Lina, R. G., & Hardeli, H. (2022). Pengaruh KOH Sebagai Inisiator Pada Polimerisasi Tanin Terhadap Efisiensi Sel Surya DSSC. *Chemistry Journal*, 11(1), 40–44. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Manan, S. (2009). Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia. *Gema Teknologi*.
- Nugraha, W. T., & Susanti, D. (2015). Analisis Pengaruh Susunan Komposit Laminat Graphene-TiO₂ sebagai Lapisan Semikonduktor terhadap Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), F66–F71.

- Putra, D. R., Yoesgiantoro, D., & Thamrin, S. (2020). Kebijakan Ketahanan Energi Berbasis Energi Listrik Pada Bidang Transportasi Guna Mendukung Pertahanan Negara Di Indonesia: Sebuah Kerangka Konseptual. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(3), 658–672.
- Rahman, F. H., Rokhmat, M., & Wibowo, E. (2019). Pembuatan Sel Surya Berbahan TiO₂ dengan Penyisipan Partikel Emas Menggunakan Metode Elektroplating. *EProceeding of Engineering*, 6(1).
- Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ secara Fotosonolisis. *Eksakta*, 19(1).
- Sanjaya, H., Rida, P., & Ningsih, W. (2017). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG dengan Metode Fotosonolisis. 18(2). <http://eksakta.ppj.unp.ac.id>
- Sri Irianty, R., & Reni Yenti, S. (2014). Pengaruh Perbandingan Pelarut Etanol-Air Terhadap Kadar Tanin pada Sokletasi Daun Gambir (*Uncaria gambir Roxb*). 13(1), 1–7.
- Varila, T., Romar, H., Luukkonen, T., Hilli, T., & Lassi, U. (2020). Characterization of Lignin Enforced Tannin/Furanic Foams. *Heliyon*, 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03228>