

FORMULASI DAN KARAKTERISASI BIOPELET DARI TKKS DAN OIL SLUDGE : PENGARUH PENAMBAHAN EMULSIFIER PROPYLEN GLIKOL

Marlinda¹, Andi Lisnawati², Ibnu Eka Rahayu³, Fitriyana⁴, Noorma Kurnyawaty⁵, Sekar Ayu Setyowati^{6,*},
Muhammad Rafly^{7,**}

^{1,2,3,4,5,6,7} Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

ABSTRACT

Biomass by-products from the palm oil industry, such as empty palm fruit bunches (EPFB) and oil sludge, have great potential to be used as raw materials in the manufacture of biopellets, which are an environmentally friendly fuel alternative. The objective of this study was to determine the effect of varying amounts of oil sludge and propylene glycol as emulsifiers on the quality of TKKS-based biopellets using SNI 8675:2018 as the quality standard to obtain optimal results. This study evaluated the effect of emulsifier variations (0%, 1%, 3%, 5%, 7%) on biopellet quality, in accordance with the SNI 8675:2018 standard. The research methodology included the preparation of TKKS and oil sludge, pelletization, proximate analysis, calorific value, and density. The results showed that optimal biopellets were obtained from a 7% emulsifier variation. These biopellets had a moisture content of 14.54%, ash content of 7.41%, volatile matter content of 60.22%, fixed carbon content of 17.83%, a calorific value of 19.02 MJ/kg, and a density of 0.87 g/cm³, where all parameters except moisture content and ash content met the criteria set in SNI 8675:2018. This study proves that the addition of emulsifier affects the characteristics of biopellets.

Keywords: Biopellet, emulsifier, oil sludge, EPFB

ABSTRAK

Produk samping biomassa dari industri kelapa sawit, seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan oil sludge, memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan biopellet, yang merupakan alternatif bahan bakar ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi oil sludge dan propilen glikol sebagai emulsifier terhadap kualitas biopellet berbahan baku TKKS dengan menggunakan SNI 8675:2018 sebagai standar baku mutu untuk memperoleh hasil variasi yang optimal. Studi ini mengevaluasi pengaruh variasi emulsifier (0%,1%,3%,5%,7%) terhadap kualitas biopellet, sesuai dengan standar SNI 8675:2018. Metodologi penelitian meliputi preparasi TKKS dan oil sludge, peletisasi, analisis proksimat, nilai kalor dan densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biopellet optimal diperoleh dari variasi emulsifier 7%. Biopellet tersebut memiliki kadar air 14,54%, kadar abu 7,41%, kadar zat terbang 60,22%, kadar karbon tetap 17,83%, nilai kalor 19,02 MJ/kg, kerapatan 0,87 g/cm³, dimana semua parameter tersebut kecuali kadar air dan kadar abu telah memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam SNI 8675:2018. Penelitian ini membuktikan bahwa penambahan emulsifier memberikan pengaruh terhadap karakteristik biopellet.

Kata Kunci: Biopellet, emulsifier, oil sludge, TKKS

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang dikenal dengan sebutan negara agraris, julukan tersebut disematkan karena Indonesia mempunyai berbagai jenis komoditas pertanian dan perkebunan, salah satunya adalah kelapa sawit. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2024), industri kelapa sawit di Indonesia dapat memproduksi kelapa sawit sebanyak 47,08 juta ton per tahun [1]. Berdasarkan data dari GAPKI (2024) menunjukkan bahwa limbah terbesar yang dihasilkan dari industri ini adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang diperkirakan mencapai 46,16 juta ton per tahun [2]. Jumlah limbah yang tidak dapat dikendalikan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan, dan sosial ekonomi. Permasalahan tersebut dapat diatasi jika limbah tersebut digunakan dan diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih. TKKS terdiri dari serat selulosa (35–39%), lignin (29–32%), dan hemiselulosa (35–39%) [3]. Sehingga dengan kandungan selulosa yang tinggi membuat TKKS mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biopellet. Selain itu, tandan kosong kelapa sawit memiliki nilai kalor sekitar 8-10 MJ/kg, menjadikannya sumber energi biomassa yang potensial, salah satunya sebagai bahan baku pembuatan biopellet. Biopellet merupakan bahan bakar padat berbasis biomassa yang berbentuk tabung padat atau berbentuk pelet. Proses yang digunakan adalah pengempaan dengan suhu dan tekanan tinggi, sehingga membentuk produk yang seragam. Biopellet

*Korespondensi penulis: Sekar Ayu Setyowati, email sekarayu@polnes.ac.id

** Mahasiswa tingkat Diploma (D3)

memiliki keunggulan yaitu dapat meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran, serta ukuran dan keseragaman biopelet dapat memudahkan proses transportasi dari satu tempat ke tempat lainnya [4].

Selain TKKS, industri kelapa sawit juga menghasilkan limbah lain berupa *oil sludge* yang merupakan residu semi-padat dari proses pemisahan minyak dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME). *Oil sludge* memiliki kadar moisture $\pm 8\%$ dan kadar FFA hingga 32 %. Komposisinya meliputi trigliserida (83 %), digliserida (8 %), dan monogliserida (0,5 %), dengan asam lemak dominan palmitat dan oleat, sehingga bersifat semi-cair dan efektif sebagai perekat alami dalam pembuatan biopelet [5]. Berdasarkan hasil dari penelitian terdahulu menunjukkan keberhasilan pembuatan biopelet dan biobriket dengan menggunakan tambahan *oil sludge* sebagai *co-firing* [5,6]. Namun, salah satu tantangan dalam pemanfaatan *oil sludge* sebagai perekat adalah sifat fisik alaminya yang berubah tergantung suhu. Pada suhu ruang, *oil sludge* cenderung padat atau mengental, namun akan mencair pada suhu tinggi sehingga menimbulkan masalah dalam proses pembuatan biopelet dari TKKS yang bersifat (polar). Salah satu jenis emulsifier seperti propilen glikol telah digunakan dalam biomassa karena sifatnya yang mampu mengikat campuran multiphase, serta membantu homogenisasi bahan pada suhu menengah hingga tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi emulsifier perekat *sludge* dan konsentrasi yang tepat dalam pembuatan biopelet yang menghasilkan karakteristik sesuai dengan kriteria SNI 8765:2018.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah TKKS dan *sludge oil* sebagai bahan baku utama pembuatan biopelet yang diperoleh dari PT PKU I Kalimantan Timur. Emulsifier yang digunakan adalah propilen glikol. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi *hammer mill*, *crusher*, *rotary dryer*, *pelletizer*, *rotary screening*, *oven*, *furnace*, dan *calorimeter bom*. Penelitian dan analisis dilakukan di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda.

Proses Pembuatan Biopelet

Pembuatan biopelet dari TKKS melibatkan beberapa tahapan utama, dimulai dari preparasi bahan baku, pencampuran, dan pembentukan pelet. Pembuatan biopelet diawali dengan preparasi bahan baku, pertama mengeringkan secara alami TKKS yang diperoleh dari perebusan kemudian menghancurkan menjadi serbuk dan serat, selanjutnya membersihkan *oil sludge* dari pengotor. Mencampurkan bahan baku tersebut dengan *emulsifier* propilen glikol dengan berbagai variasi dan mengaduknya hingga homogen. Selanjutnya mencetak campuran yang telah homogen menjadi pelet menggunakan *pelletizer*. Biopelet yang dihasilkan di analisis untuk mengetahui karakteristiknya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air, Kadar Abu, dan Kadar Zat Terbang

Kadar air mempengaruhi kualitas biopelet yang dihasilkan. Semakin rendah kadar air biopelet maka nilai kalor dan daya pembakarannya akan semakin tinggi begitupun sebaliknya. Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar air adalah bahan baku, jenis perekat, penggunaan emulsifier, dan proses pembuatan biopelet. Selain itu, kadar air biopelet juga dipengaruhi oleh kadar air pada bahan baku. Semakin besar kadar air bahan baku, maka semakin besar pula kadar air biopelet yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan emulsifier pada proses pembuatan biopelet memberikan pengaruh pada kadar air. Penambahan jumlah propilen glikol cenderung meningkatkan kadar air biopelet kemudian sedikit menurun setelah penambahan lebih dari 3% propilen glikol. pada penelitian ini diperoleh bahwa seluruh variasi % emulsifier belum memenuhi SNI 8675:2018 yaitu minimal 12%. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan *oil sludge* dan emulsifier belum mampu menurunkan kadar air biopelet, bahkan justru memperburuk kualitasnya dari segi kandungan air hal ini disebabkan oleh tingginya kadar air yang terkandung pada *oil sludge* (28,9%) serta sifat dari TKKS (hidrofilik/polar) yang mampu untuk mengikat air sehingga kadar air yang terdapat pada biopelet masih tergolong cukup tinggi.

Abu adalah sisa pembakaran yang dihasilkan sampel yang asalnya dari bahan anorganik yang ikut terbakar saat pembakaran berlangsung. Kadar abu merupakan parameter krusial, terutama untuk aplikasi pembakaran. Abu yang tinggi menyebabkan masalah serius seperti slagging, fouling, korosi dan penurunan efisiensi pembakaran secara keseluruhan [7]. Semakin rendah kadar abu biopelet maka akan semakin baik nilai kalor yang [8].

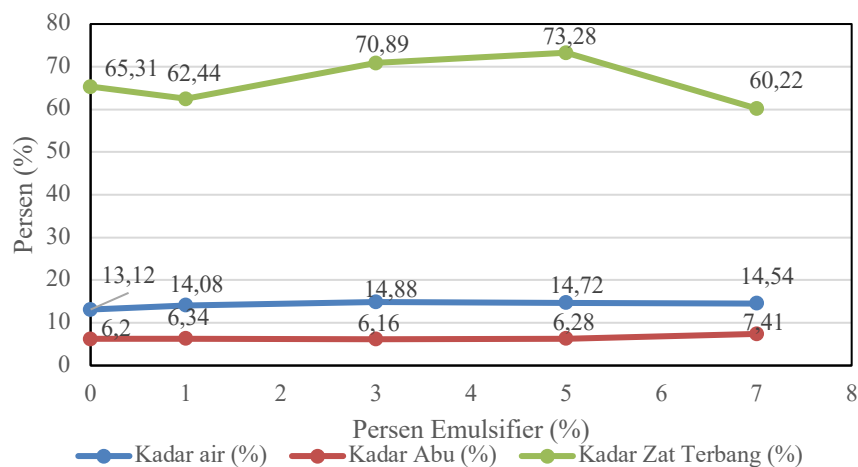


Gambar 1. Proses pembuatan Biopelet

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan *emulsifier* cenderung tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar abu pada biopelet. Tingginya kadar abu disebabkan oleh beberapa faktor seperti komposisi bahan baku, serta banyaknya pengotor (*impurities*) yang terkandung pada bahan baku TKKS yaitu kandungan mineral-mineral seperti kalium (K), silika (SiO₂), kalsium (Ca), Magnesium (Mg) dan fosfor (P) dalam biopelet cukup tinggi sehingga dalam proses pembakarannya banyak meninggalkan abu sebagai sisa pembakaran [9]. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa setiap variasi belum ada yang memenuhi SNI 8675:2018 yaitu minimal 5%.

Kadar zat terbang merupakan persentase berat yang hilang ketika biopelet dipanaskan tanpa adanya kontak dengan udara luar. Kandungan kadar zat terbang yang tinggi dalam biopelet akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat biopelet dinyalakan, hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol [10]. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan emulsifier memberikan pengaruh terhadap kadar zat terbang pada biopelet. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kadar zat terbang terendah ditunjukkan pada variasi 7% dengan nilai 62,56%. Tren pada grafik diatas menunjukkan kenaikan seiring meningkatnya penggunaan emulsifier, yang kemudian mengalami penurunan secara drastis pada variasi 7% terhadap kadar zat terbang biopelet. Terlihat pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa semua

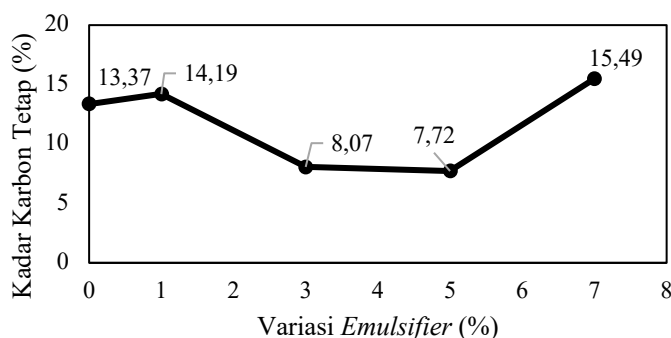
variasi sudah memenuhi SNI 8675:2018, yaitu berada dibawah nilai maksimal 80% dengan nilai optimal ditunjukkan pada variasi 7% (62,56%).



Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar air (%), kadar abu (%), dan kadar zat terbang (%) dengan persen *emulsifier*

Kadar Karbon Terikat

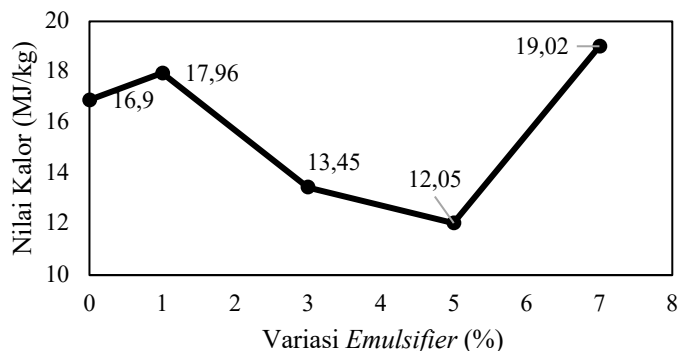
Kadar karbon terikat adalah persentase jumlah karbon dalam biopellet yang di pengaruhi oleh nilai kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang. Pengaruh persen emulsifier terhadap kadar karbon tetap pada biopellet dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kadar zat karbon terikat yang diperoleh pada rentang 13,37-15,49%, dimana nila terendah ditunjukkan pada variasi 5% dan untuk nilai tertinggi ditunjukkan pada variasi 7% dengan nilai 15,49%. Nilai kadar karbon terikat dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat terbang. Pada penelitian ini diperoleh bahwa kadar karbon terikat berbanding terbalik dengan kadar zat terbang yang dapat dilihat dari tren pada Gambar 2 dan Gambar 3. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh nilai kadar zat terbang [7].



Gambar 3. Grafik hubungan antara kadar karbon tetap dengan persen emulsifier

Nilai Kalor

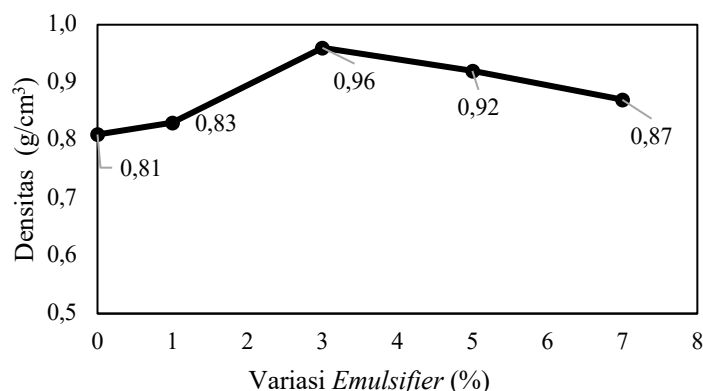
Parameter utama dalam menentukan kualitas bahan bakar biopellet adalah nilai kalor. Nilai kalor didefinisikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa) dimana produknya dalam bentuk ash, gas CO₂, SO₂, nitrogen dan air, tetapi tidak termasuk air yang menjadi uap (vapor). Kalor yang semakin tinggi menunjukkan kualitas bahan bakar yang semakin baik. Nilai kalor berbanding lurus dengan kadar karbon terikat di dalam biopellet [11]. Pengaruh persen emulsifier terhadap nilai kalor biopellet dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nilai kalor yang diperoleh pada rentang 16,9-19,02 MJ/kg dengan nilai kalor tertinggi terdapat pada variasi 7%. Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa hasil nilai kalor juga sejalan dengan kadar karbon terikat, hal ini disebabkan oleh karbon yang terdapat dalam bahan bakar banyak yang terbakar sehingga meningkatkan nilai kalor.



Gambar 4. Grafik hubungan antara nilai kalor dengan persen emulsifier

Densitas

Nilai densitas yang tinggi akan mempermudah distribusi produk sehingga lebih ekonomis dalam pembiayaan [12]. Densitas biopelet juga ditentukan oleh kadar air bahan baku. Kadar air yang terlalu rendah menghasilkan biopelet yang rapuh, sedangkan kadar air yang terlalu tinggi menyebabkan bahan umpan tidak dapat tercetak pada mesin pelet. Berdasarkan hasil penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan *emulsifier* memberikan pengaruh terhadap densitas pada biopelet, peningkatan densitas biopelet seiring bertambahnya variasi emulsifier, hal ini disebabkan oleh sifat dari emulsifier yang dapat mengikat air sehingga massa dari biopelet menjadi meningkat yang menyebabkan densitas biopelet meningkat pula. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, densitas terendah ditunjukkan pada variasi 0% dengan nilai 0,81 g/cm³ dan untuk densitas tertinggi ditunjukkan pada variasi 3% dengan nilai 0,96 g/cm³. pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa semua variasi telah memenuhi SNI 8675:2018, yaitu berada diatas nilai minimal 0,8 g/cm³.



Gambar 5. Grafik hubungan antara densitas dengan persen emulsifier

4. KESIMPULAN

Penambahan *emulsifier* (propilen glikol) dalam pembuatan biopelet dari TKKS memberikan pengaruh terhadap karakteristik biopelet, seperti kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, nilai kalor dan densitas. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa biopelet optimal terdapat pada variasi 7% dengan kadar zat terbang 62,56%, kadar karbon tetap 2,94%, nilai kalor 19,02%, dan densitas 0,87 g/cm³ yang telah sesuai SNI 8675:2018, sedangkan untuk kadar air (14,54%) dan kadar abu (7,41%) masih belum memenuhi standar yang berlaku.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang dikelola oleh Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) yang telah memberikan hibah pendanaan melalui Program Katalisator Kemitraan Berdikari 2025.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2023.
- [2] Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), “PLTU: Tandan kosong kelapa sawit disulap jadi biomassa, solusi energi terbarukan,” 2024. [Online]. Available: <https://gapki.id/news/2024/07/28/pltu-tandan-kosong-kelapa-sawit-disulap-jadi-biomassa-solusi-energi-terbarukan>
- [3] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, *Grant Riset Sawit: Ringkasan Hasil Penelitian*, pp. 5–24, 2023.
- [4] I. Amri, T. Muchlis, and Z. Helwani, “Upgrading karakteristik biopellet tandan dengan penambahan oil sludge sebagai co-firing,” *Journal of Bioprocess, Chemical, and Environmental Engineering*, vol. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.31258/jbchees.2.1.1-11.
- [5] D. M. C. O. Ranaraja, K. A. V. Miyuranga, and N. A. Weerasekara, “Palm oil sludge as a binding agent for briquette production,” *Int. J. Sci. Eng. Sci.*, vol. 6, no. 9, pp. 39–42, 2022.
- [6] L. Chen, L. Xing, and L. Han, “Renewable energy from agro-residues in China: Solid biofuels and biomass briquetting technology,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, no. 9, pp. 2689–2695, 2009, doi: 10.1016/j.rser.2009.06.025.
- [7] S. Mustamu, Hermawan, and G. Pari, “Karakteristik biopellet dari limbah padat kayu putih dan gondorukem,” *J. Penelitian Hasil Hutan*, vol. 36, no. 3, pp. 191–204, 2018, doi: 10.20886/jphh.2018.36.3.191-204.
- [8] M. G. Al Qadry, D. D. Saputro, and R. D. Widodo, “Karakteristik dan uji pembakaran biopellet campuran cangkang kelapa sawit dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternatif terbarukan,” *Saintekno : Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 16, pp. 117–188, 2018, doi: 10.15294/saintekno.v16i2.16176.
- [9] A. H. Hasna, J. P. G. Sutapa, and D. Irawati, “Pengaruh ukuran serbuk dan penambahan tempurung kelapa terhadap kualitas pellet kayu sengon,” *J. Ilmu Kehutanan*, vol. 13, pp. 170–180, 2019. [Online]. Available: <https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt>.
- [10] R. C. Muhamadin *et al.*, “Transformasi limbah kayu kaliandra menjadi pellet di Kabupaten Gresik dengan pendekatan karakterisasi fisik dan kimia,” *J. Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 4, no. 7, pp. 311–318, 2024.
- [11] P. K. Adapa, L. G. Tabil, and G. J. Schoenau, “Factors affecting pellet quality and energy analysis of pelleting process,” *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 6, no. 2, 2013, doi: 10.3965/j.ijabe.20130602.001.
- [12] K. Amini and E. S. S. Susanto, “Karakteristik fisikokimia flavor bubuk kepala udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan perbedaan konsentrasi maltodekstrin pada metode foam mat drying,” *International Journal of Technology*, vol. 47, no. 1, 2023.
- [13] M. Andriani, B. K. Anandito, and E. Nurhartadi, “Pengaruh suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik dan sensori tepung tempe bosok,” *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 6, no. 2, 2013, doi: 10.20961/jthp.v0i0.13522.
- [14] Hasim, S. Falah, and L. K. Dewi, “Pengaruh perebusan daun singkong (*Manihot esculenta* Crantz) terhadap kadar total fenol, flavonoid, dan aktivitas antioksidannya,” *Current Biochemistry*, vol. 3, no. 3, pp. 116–127, 2016. [Online]. Available: <http://biokimia.ipb.ac.id>.