

Produksi Bio-Based Detergent Berbasis Minyak Jelantah dan Simulasi Utilitas Tahap Formulasi Bio-Based Deterjen

Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan*, Della Yosia Situmorang, Eykhel Sykhles Tarigan

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

*Corresponding Author: jabosar.panjaitan@tk.itera.ac.id

ABSTRAK

Paparan panas berulang pada minyak goreng menghasilkan limbah minyak jelantah yang masih berpotensi dikonversi menjadi surfaktan metil ester sulfonat (MES). Penelitian ini memproduksi bio-based deterjen dengan variasi MES (15, 20, dan 25 g) serta builder natrium silikat (5, 10, dan 15 g), kemudian menguji kinerja pencucian dan mensimulasikan biaya utilitas skala industri menggunakan SuperPro Designer 10. MES disintesis dari minyak jelantah yang dimurnikan melalui transesterifikasi dan sulfonasi. Uji pencucian kain katun ternoda metilen biru 5 ppm menunjukkan waktu kontak 3 jam diperlukan untuk hasil maksimal. Formulasi 15 g MES + 15 g natrium silikat serta seluruh formulasi 25 g MES mencapai tingkat kebersihan tertinggi (putih bersih). Kadar silikat rendah menghasilkan produk lebih basah dan menggumpal. Simulasi skala-up menunjukkan biaya listrik meningkat seiring kenaikan massa MES, sedangkan biaya steam menurun seiring kenaikan massa natrium silikat karena sifat higroskopis builder tersebut. Formulasi terpilih menyeimbangkan daya cuci, karakteristik fisik, dan efisiensi utilitas.

Kata kunci: bio-based deterjen, metil ester sulfonat, minyak jelantah, natrium silikat, SuperPro Designer

ABSTRACT

Repeated heating of cooking oil produces waste cooking oil that can still be converted into methyl ester sulfonate (MES) surfactant. This study produced a bio-based detergent by varying MES (15, 20, and 25 g) and sodium silicate as builder (5, 10, and 15 g), then evaluated washing performance and simulated industrial-scale utility costs using SuperPro Designer 10. MES was synthesized from purified waste cooking oil through transesterification and sulfonation. Washing tests on cotton fabric stained with 5 ppm methylene blue showed that a 3-hour contact time was required for maximum cleaning. The formulation of 15 g MES + 15 g sodium silicate and all 25 g MES formulations achieved the highest cleanliness level (clean white). Low silicate content produced a wetter and more agglomerated product. Scale-up simulation showed that electricity cost increased with MES mass, whereas steam cost decreased with increasing sodium silicate due to its hygroscopic nature. The selected formulation balances detergency, physical characteristics, and utility efficiency.

Keywords: bio-based detergent, methyl ester sulfonate, waste cooking oil, sodium silicate, SuperPro Designer

PENDAHULUAN

Minyak goreng yang digunakan berulang kali mengalami dekomposisi akibat paparan panas (Lopresto et al., 2024) dan menghasilkan minyak jelantah yang berwarna kehitaman, kental, berbusa, dan berbau (Haryanto et al., 2025). Limbah ini masih berpotensi dikonversi menjadi surfaktan. Surfaktan memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik sehingga banyak digunakan pada industri pembersih (Qadariyah et al., 2021).

Metil ester sulfonat (MES) dapat diproduksi melalui sulfonasi metil ester berbahan baku minyak jelantah (Qadariyah et al., 2024). MES bersifat biodegradable, stabil dalam air, memiliki daya bersih baik, dan relatif murah (Basheva et al., 2019; Qadariyah et al., 2021). Karakteristik tersebut membuat MES berpotensi menggantikan linear alkyl benzene sulfonate (LABS) berbasis petrokimia yang sulit terdegradasi (Nguyen et al., 2025; Helmy et al., 2020; Wulandari et al., 2019).

Deterjen membersihkan noda dengan memodifikasi tegangan permukaan dan pH air (Wahyuntari et al., 2018; Miranda et al., 2023). Komponen utamanya meliputi surfaktan, builder, filler,

zat anti-redeposisi, dan pelarut air (Harini, 2019). Surfaktan menurunkan tegangan permukaan, sedangkan builder mengatur alkalinitas dan mengikat ion kesadahan (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) sehingga meningkatkan kinerja surfaktan. Formulasi keduanya memengaruhi mutu produk. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh variasi MES dan natrium silikat terhadap kinerja bio-based deterjen serta mensimulasikan biaya listrik dan steam pada tahap formulasi skala industri menggunakan SuperPro Designer 10.

METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan meliputi minyak jelantah (bekas tiga kali penggorengan), bleaching earth, NaOH, alkohol 96%, indikator fenoltalein, metanol, KOH, aquades, natrium bisulfit (NaHSO_3), natrium sulfat, natrium silikat, dan hydroxypropyl methylcellulose (HPMC). Alat yang digunakan meliputi saringan minyak, buret, gelas kimia, gelas ukur, oven, kertas pH, corong pisah, spatula, erlenmeyer, sentrifus, dan rangkaian alat sulfonasi.

Pemurnian minyak jelantah

Sebanyak 100 mL minyak jelantah dicampur dengan 9 g bleaching earth pada 80 °C selama 60 menit, kemudian disaring. Minyak hasil pemurnian digunakan sebagai bahan baku metil ester.

Pembuatan dan pemurnian metil ester

Sebanyak 400 mL minyak hasil pemurnian direaksikan dengan kalium metoksida (100 mL metanol + KOH 0,5%) pada 60 °C selama 1 jam. Campuran didiamkan 24 jam dalam corong pisah. Lapisan atas (metil ester) dicuci dengan air hangat 80 °C rasio 1:1 selama 30 menit, lalu didiamkan 24 jam dan dipisahkan.

Pembuatan MES

Metil ester direaksikan dengan natrium bisulfit pada rasio molar 1:1 pada 100 °C selama 4,5 jam. Campuran disentrifugasi 1500 rpm selama 30 menit, dimurnikan dengan metanol 40% pada 50 °C selama 1,5 jam, diuapkan pada 50–60 °C, kemudian dinetralkan dengan NaOH 20% pada 55 °C selama 30 menit.

Pembuatan bio-based deterjen

Formulasi mengacu pada Harini (2019) dengan modifikasi. Natrium sulfat 10 g dicampur dengan MES (15, 20, atau 25 g), ditambah air suling, kemudian HPMC 5 g dan natrium silikat (5, 10, atau 15 g). Campuran dituang di atas aluminium foil, dikeringkan dalam oven 80 °C selama 3 jam, didinginkan 5–15 menit, lalu dihaluskan.

Uji kinerja

Pengujian mengacu pada Reza et al. (2019) dengan modifikasi. Kain katun 5×5 cm direndam dalam metilen biru 5 ppm selama 3 jam, kemudian dicuci dalam bejana berpengaduk 120 rpm selama 1, 2, dan 3 jam. Tingkat kebersihan dinilai secara visual (Tabel 1). 2.7 Simulasi utilitas Kuantitas laboratorium dinaikkan dengan faktor 10.000 sesuai Tabel 2 dan disimulasikan pada SuperPro Designer 10 untuk memperoleh biaya listrik dan steam. Harga medium-pressure steam 2,24 USD/ton dan high-pressure steam 4,69 USD/ton (Salimi et al., 2023). Harga listrik Rp 1.444,70/kWh atau 0,085 USD/kWh (PLN, 2026).

Tabel 1
Level tingkat kebersihan kinerja bio-based deterjen

Level	Keterangan
4	Putih bersih
3	Sudah putih
2	Putih kebiruan
1	Belum putih

Sumber: data olahan

Tabel 2
Kuantitas skala laboratorium dan skala simulasi pabrik

Bahan	Skala laboratorium	Skala simulasi pabrik
Natrium sulfat	10 g	100 kg
Metil ester sulfonat	15, 20, 25 g	150, 200, 250 kg
Air	10 g	100 kg
Hydroxypropyl methylcellulose	5 g	50 kg
Natrium silikat	5, 10, 15 g	50, 100, 150 kg

Sumber: data olahan

HASIL

Kinerja bio-based deterjen

Efektivitas pencucian bergantung pada kemampuan surfaktan menurunkan tegangan antarmuka antara kotoran dan permukaan kain. Waktu kontak 3 jam diperlukan untuk hasil pencucian maksimal pada seluruh formulasi. Peningkatan kadar MES cenderung memperbaiki daya cuci, tetapi pengaruhnya tidak linier. Formulasi C (15 g MES + 15 g natrium silikat) serta formulasi G, H, dan I (25 g MES) mencapai tingkat putih bersih. Builder natrium silikat meningkatkan kinerja MES pada kadar surfaktan rendah dengan mengikat ion kesadahan (Lubis et al., 2019). Pada 20 g

MES, peningkatan silikat tidak selalu meningkatkan efektivitas, kemungkinan karena kinerja MES terhambat oleh kesadahan air. Pada 25 g MES, kadar surfaktan yang tinggi cukup efektif meskipun kadar builder rendah.

Kelemahan formulasi 25 g MES adalah produk yang masih basah dan menggumpal. Kadar natrium silikat 5 g pada sampel A, D, dan G menghasilkan produk lebih basah dibanding formulasi lain. Formulasi G paling basah, sedangkan formulasi C paling kering. Hal ini sesuai sifat natrium silikat yang menyerap air (Basse & Etim, 2020). Semakin tinggi kadar MES pada kadar silikat rendah, produk cenderung semakin basah.

Tabel 3
Data uji kinerja pencucian kain katun

Massa MES (g)	Massa natrium silikat (g)	Sampel	1 jam	2 jam	3 jam
15	5	A	Belum putih	Belum putih	Sudah putih
15	10	B	Belum putih	Belum putih	Sudah putih
15	15	C	Belum putih	Putih kebiruan	Putih bersih
20	5	D	Belum putih	Belum putih	Sudah putih
20	10	E	Belum putih	Belum putih	Sudah putih
20	15	F	Belum putih	Belum putih	Sudah putih
25	5	G	Belum putih	Putih kebiruan	Putih bersih
25	10	H	Belum putih	Putih kebiruan	Putih bersih
25	15	I	Belum putih	Putih kebiruan	Putih bersih

Sumber: data olahan



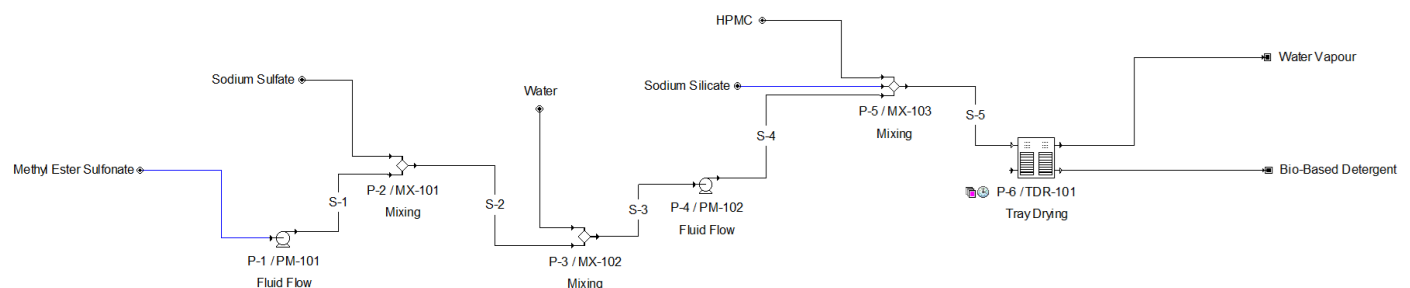
Sumber: data olahan

Gambar 1
Bio-Based Deterjen Berbagai Variasi MES dan Natrium Silikat

Simulasi kebutuhan utilitas

Alur formulasi pada SuperPro Designer 10 meliputi pencampuran MES dan natrium sulfat (MX-

101), penambahan air (MX-102), penambahan natrium silikat dan HPMC (MX-103), kemudian pengeringan tray (TDR-101).



Sumber: data olahan

Gambar 2
Simulasi Tahap Formulasi Bio-Based Deterjen

Tabel 4
Simulasi biaya listrik dan steam tahap formulasi

Massa MES (kg)	Massa natrium silikat (kg)	Biaya listrik (USD/tahun)	Biaya steam (USD/tahun)
150	50	16,16	1987,82
150	100	16,16	1946,43
150	150	16,16	1905,05
200	50	19,98	1962,24

Tabel 4
Simulasi biaya listrik dan steam tahap formulasi (Lanjutan)

Massa MES (kg)	Massa natrium silikat (kg)	Biaya listrik (USD/tahun)	Biaya steam (USD/tahun)
200	100	19,98	1920,86
200	150	19,98	1879,47
250	50	23,80	1936,67
250	100	23,80	1895,26
250	150	23,80	1853,89

Sumber: data olahan

Semakin besar kuantitas MES, biaya listrik semakin tinggi karena peningkatan volume campuran meningkatkan kebutuhan energi pengadukan. Sebaliknya, semakin besar kuantitas natrium silikat, biaya steam semakin rendah. Natrium silikat larut dalam air dan mampu menyerap air dalam campuran (Bassey & Etim, 2020) sehingga kapasitas penyerapan air meningkat dan beban pengeringan berkurang (Ridha, 2024).

SIMPULAN

Bio-based deterjen dari MES minyak jelantah dapat diproduksi dengan kinerja pencucian yang memadai setelah waktu kontak 3 jam. Formulasi 15 g MES + 15 g natrium silikat memberikan kombinasi daya cuci tinggi dan tekstur produk paling kering. Formulasi 25 g MES juga efektif, tetapi cenderung basah jika kadar silikat rendah. Simulasi menunjukkan peningkatan MES menaikkan biaya listrik, sedangkan peningkatan natrium silikat menurunkan biaya steam. Formulasi yang menyeimbangkan kinerja pencucian, karakteristik fisik, dan efisiensi utilitas direkomendasikan untuk pengembangan skala industri.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sumatera atas pendanaan melalui Program Hibah Penelitian Mahasiswa Institut Teknologi Sumatera Tahun 2024 dengan nomor kontrak 6315/IT9.I/KM.05.02/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Basheva, E. S., Danov, K. D., Radulova, G. M., Kralchevsky, P. A., Xu, H., Ung, Y. W., Petkov, J. T., 2019. Properties of the micelles of sulfonated methyl esters determined from the stepwise thinning of foam films and by rheological measurements. *Journal of Colloid and Interface Science*, 538, 660–670. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.12.034>

Bassey, P. G., Etim, E. A., 2020. Production of Detergent from Rice Husk Sodium Silicate. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(7), 193–203. <https://eduprojecttopics.com>

Harini, D. S., 2019. Pembuatan Deterjen Ramah Lingkungan Berbahan Minyak Goreng Bekas: Kajian Konsentrasi Surfaktan (MES) dan

Konsentrasi Antibusa Propilen Glikol. *Skripsi*, Universitas Brawijaya.

Haryanto, B., Tambun, R., Sitohang, O. M., Sidauruk, S. Y., Naomi, G. E., Alexander, V., 2025. Competence of corncob (*Zea mays* L.) powder with HCl activation as adsorbent to purify waste cooking oil: Reference in the batch adsorption process. *South African Journal of Chemical Engineering*, 52, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2025.01.006>

Helmy, Q., Gustiani, S., Mustikawati, A. T., 2020. Application of rhamnolipid biosurfactant for bio-detergent formulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 823(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/823/1/012014>

Lopresto, C. G., De Paola, M. G., Calabrò, V., 2024. Importance of the properties, collection, and storage of waste cooking oils to produce high-quality biodiesel – An overview. *Biomass and Bioenergy*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107363>

Lubis, M., Suryani, A., Kartika, I. A., Hambali, E., 2019. Pemanfaatan Foaming Agent Dari Minyak Sawit Pada Beton Ringan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(3), 307–316. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.3.307>

Miranda, J. A. S., Rubio, L. R., Cristobal, A. T., Vilela, J. L. V., Goyoaga, J. K. I., Mangas, F. B., Basterrechea, E. A., 2023. Ultrasound and Eco-Detergents for Sustainable Cleaning. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11072082>

Nguyen, V. M. L., Ndao, A., Peterson, E. C., Blais, J. F., Adjallé, K., 2025. Bacillus Species: Evolving Roles in Bio-Based Detergents. *Processes*, 13(6), 1–28. <https://doi.org/10.3390/pr13061885>

PLN. 2026. *Detail Tarif Listrik Berdasarkan Golongan Daya dan Jenisnya*. <https://web.pln.co.id/media/2025/12/tarif-listrik>

Qadariyah, L., Ryvalda, D. S., Aditama, N. Y., Aswie, V., Mahfud, M., 2024. Methyl Ester Sulfonate (MES) Surfactant Production from Waste Cooking Oil (WCO) with Microwave Technology. *Science and Technology Indonesia*, 9(4), 929–940. <https://doi.org/10.26554/sti.2024.9.4.929-940>

- Qadaryah, L., Sahila, S., Mahfud, M., 2021. The effect of reaction time and temperature on the synthesis of methyl ester sulfonate surfactant from palm oil as a feedstock using microwave-assisted heating. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 21(1), 104–112. <https://doi.org/10.22146/ajche.63786>
- Reza, Y. F., Adiwibowo, M. T., Redjeki, A. S., Permadani, L., Rumondang, I., 2019. Sintesis bahan pembersih nanofluida ramah lingkungan berbasis surfaktan metil ester sulfonat dan nanokomposit Cu/TiO₂. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(2), 82–87.
- Ridha, A., 2024. The Effect of Sodium Silicate (Na₂SiO₃) Addition against Water Absorption and Compressive Strength in Bricks. *International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences*, 6(1), 58–66. <https://doi.org/10.46923/ijets.v6i1.283>
- Salimi, M., Amidpour, M., Moradi, M. A., Hajivand, M., Siahkamari, E., Shams, M., 2023. Technical-Economic Analysis of Energy Efficiency Solutions for the Industrial Steam System of a Natural Gas Processing Plant. *Sustainability*, 15(20), 14995. <https://doi.org/10.3390/su152014995>
- Wahyuntari, B., Ilmiah, S., Mubarik, N., 2018. Characterization of Protease from *Bacillus licheniformis* F11.1 as a Bio-Detergent Agent. *Makara Journal of Science*. 22(3). <https://doi.org/10.7454/mss.v22i3.8809>
- Wulandari, P. P., Adiwibowo, M. T., Redjeki, A. S., Ibadurrohman, M., Slamet. 2019. Synthesis of eco-friendly detergent based on crude palm oil and titania nanoparticles. *Asian Journal of Chemistry*, 31(10), 2394–2396