



Uji Laboratorium: Esterifikasi dan Sulfonasi pada Surfaktan Berbasis Minyak Jentah

Alim Aliami^{1✉}, Viola Sri Wahyuni¹, Devi Anggraini¹, Aristawidya Candraningtyas¹, Andi Atsiilah Besse Cambo¹, Muh. Asraf¹

Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.54212

✉ Corresponding author:

[alimaliami61532@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

minyak jelantah;
esterifikasi;
sulfonasi;
metil ester sulfonat (MES);
surfaktan

Keywords:

Used Cooking oil;
Esterification;
Sulfonation;
methyl ester sulfonate
(MES);
Surfactant

Minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga yang berpotensi mencemari lingkungan, namun masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku surfaktan bernilai tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses pemanfaatan minyak jelantah melalui tahapan esterifikasi dan sulfonasi dalam menghasilkan surfaktan metil ester sulfonat (MES). Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tahapan pretreatment minyak jelantah, esterifikasi menggunakan metanol dan katalis KOH pada suhu 65–75 °C, dilanjutkan pencucian dan pemurnian metil ester, serta proses sulfonasi menggunakan H₂SO₄ dan tahap netralisasi dengan NaOH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses esterifikasi menghasilkan metil ester dengan tingkat kemurnian yang meningkat meskipun terjadi penurunan volume akibat proses pencucian. Tahap sulfonasi berhasil mengonversi metil ester menjadi MES dengan sifat amfifilik yang sesuai sebagai surfaktan. Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak jelantah berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku surfaktan ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Abstract

Used cooking oil is a household waste that has the potential to pollute the environment, but it can still be used as a raw material for value-added surfactants. This study aims to examine the process of utilizing used cooking oil through the esterification and sulfonation stages to produce methyl ester sulfonate (MES) surfactants. The research method was carried out experimentally in the laboratory with the stages of pretreatment of used cooking oil, esterification using methanol and KOH catalyst at a temperature of 65–75 °C, followed by washing and purification of methyl esters, and the sulfonation process using H₂SO₄ and neutralization with NaOH. The results showed that the esterification process produced methyl esters with an increased level of purity despite a decrease in volume due to the washing process. The sulfonation stage successfully converted methyl esters into MES with amphiphilic properties suitable as surfactants. This

study shows that used cooking oil has the potential to be used as a raw material for environmentally friendly and economically valuable surfactants.

1. PENDAHULUAN

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang berfungsi menurunkan tegangan antar permukaan (*surface tension*) dengan tegangan antarmuka (*interfacial tension*), sekaligus meningkatkan kestabilan partikel dalam suatu sistem dispersi (Senyawa ini bekerja dengan cara dispersi partikel yang tidak terlarut di dalam medium lain), pada permukaan partikel minyak atau air sehingga membentuk lapisan penghalang yang dapat mencegah atau mengurangi kecenderungan partikel partikel terdispersi untuk saling bergabung (Wardana et al. 2019). Bahan baku surfaktan dibagi menjadi dua bahan baku utama yakni, Bahan baku sintesis (dari petrokimia) merupakan surfaktan yang umum digunakan, seperti Linear *Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) dimana ini diproduksi dengan berdasarkan turunan produk dari minyak bumi, sedangkan bahan baku alami dari *Oleokimia* dimana alternatif bahan ini lebih ramah lingkungan dengan menggunakan bahan yang mudah didapatkan seperti minyak kelapa, minyak sawit, dan juga lemak hewani. Dimana bahan ini memiliki pemrosesan untuk diubah menjadi produk *Metil ester sulfonat* (MES). MES sendiri merupakan suatu surfaktan yang memiliki gugus *hidrofilik* dan *hidrofobik* yang mana memiliki fungsi menurunkan tegangan antar muka pada minyak dan air. Dimana penurunan tegangan antarmuka tersebut berkontribusi pada pelepasan minyak yang terjebak (Studi et al. 2017)

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku surfaktan dapat menjadi salah satu alternatif dalam upaya pengelolaan limbah minyak bekas. Dimana hal ini dimungkinkan karena minyak jelantah tergolong sebagai minyak nabati yang berasal dari *crude palm oil* (CPO) minyak sawit ataupun minyak kelapa. Dalam praktiknya, sintesis surfaktan dengan berbasis minyak nabati pada umumnya melibatkan beberapa tahapan reaksi kimia, minyak jelantah pada penelitian ini digunakan dengan bertujuan memanfaatkan limbah rumah tangga dengan bermaksud menerapkan *Zero-Wasting* pada sisa limbah rumah tangga, sehingga sisa limbah tidak berakhir dengan sia sia dan dapat mencemari lingkungan.

Di dalam industri produksi migas (Eni et al. 2017) pemanfaatan surfaktan dapat digunakan untuk menurunkan tegangan antarmuka minyak dan air sehingga meningkatkan mobilitas minyak di dalam reservoir, efektivitas injeksi surfaktan dipengaruhi oleh gugus *hidrofilik* yang kuat dan serta stabilitas kimia agar tetap kompatibel dengan fluida dan kondisi reservoir. Pengembangan surfaktan dengan karakteristik tersebut memerlukan bahan baku yang dapat dimodifikasi dengan secara kimia, dimana *metil ester* hasil proses esterifikasi berpotensi digunakan sebagai bahan antara yang relevan untuk pengembangan surfaktan injeksi sumur sebelum dilakukan suatu modifikasi lanjutan seperti sulfonasi (Noviyanti and Marta n.d.), transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida minyak nabati dan alkohol rantai pendek yang akan menghasilkan metil ester (Noviyanti and Marta n.d.), sulfonasi sendiri merupakan suatu proses modifikasi kimia yang dilakukan untuk menambahkan gugus sulfonat ke dalam struktur senyawa organik, sehingga meningkatkan sifat hidrofilik dan aktivitas permukaannya

dalam pengembangan surfaktan dengan berbasis minyak jelantah, proses penyempurnaan untuk menjadi MES dapat melalui tahapan esterifikasi dan kemudian sulfonasi, pada tahap esterifikasi untuk membuat metil ester merupakan suatu reaksi kimia antara trigliserida (minyak / lemak) untuk menjadi *metil ester* (ME), pada tahap penggunaan metanol dengan katalis asam KOH pada proses ini pada KOH bertujuan untuk katalis basa untuk mempercepat laju reaksi sedangkan metanol memiliki peran sebagai pereaksi yang akan berinteraksi dengan trigliserida dalam minyak untuk menghasilkan *metil ester*, (*biodiesel*) dan gliserol dimana metanol juga berfungsi sebagai pelarut untuk membantu melarutkan katalis dan bahan bahan lainnya dimana untuk memastikan campuran yang homogen untuk reaksi yang efisien.

Pada proses sulfonasi sendiri merupakan suatu proses modifikasi kimia yang dilakukan untuk menambahkan gugus sulfonat ke dalam struktur senyawa organik, sehingga meningkatkan sifat hidrofilik dan aktivitas permukaannya. (Maulida et al. 2023) berpendapat bahwa sulfonasi merupakan suatu proses kimia yang menghasilkan senyawa turunan melalui penambahan gugus sulfat atau sulfat ke dalam molekul organik, seperti minyak, asam lemak, dan juga alkohol. Dimana proses ini pada umumnya berlangsung pada senyawa yang memiliki ikatan rangkap atau gugus hidroksil, karena dalam skala industri, bahan baku yang digunakan untuk proses sulfonasi umumnya berupa minyak cair yang kaya akan rangkap. Sehingga lebih reaktif terhadap agen sulfonasi.

Sulfonasi akan menghasilkan produk *metil ester sulfonat* (MES) dimana dengan dilakukannya reaksi *metil ester* hasil produk esterifikasi dengan agen pensulfonasi tertentu, (Maulida et al. 2023) menyatakan ada beberapa

pereaksi yang umum digunakan dalam proses sulfonasi diantaranya asam sulfat (H_2SO_4), *oleum*, *sulfur trioksida* (SO_3), serta senyawa sulfonasi lainnya seperti $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ dan ClSO_3H . Dimana kualitas MES yang akan dihasilkan sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses dimana meliputi, rasio mol reaktan, suhu reaksi, tingkat penambahan gugus sulfonat, waktu dan kondisi netralisasi, serta jenis konsentrasi katalis yang digunakan, termasuk pengaturan pH dan suhu pada tahap netralisasi (Maulida et al. 2023).

Pada penelitian ini minyak jelantah memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku surfaktan melalui tahap esterifikasi dan sulfonasi. *Metil ester* yang dihasilkan dari proses esterifikasi berperan sebagai bahan penting dalam pembentukan metil ester sulfonat (MES), sedangkan proses sulfonasi berfungsi untuk meningkatkan sifat hidrofilik dan aktivitas permukaan surfaktan. Dengan demikian kajian terhadap proses esterifikasi dan sulfonasi minyak jelantah menjadi langkah yang relevan dalam pengembangan surfaktan bernilai tambahan sekaligus mendukung pemanfaatan limbah minyak nabati yang berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian percobaan laboratorium untuk mempelajari proses pembuatan surfaktan berbasis minyak jelantah. Fokus penelitian diarahkan pada tahap transesterifikasi sebagai proses awal pembentukan ester, yang kemudian dilanjutkan dengan proses sulfonasi. Seluruh tahap proses disusun dengan memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku utama serta beberapa bahan kimia pendukung lainnya.

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis yang mendukung pelaksanaan penelitian. Dimana tahap selanjutnya dengan penyiapan sampel minyak jelantah melalui proses pretreatment sebagai persiapan sebelum dilakukan tahap penelitian lanjutan.

Esterifikasi

Tabel 1. Alat yang digunakan pada tahap esterifikasi

Alat	Fungsi	Banyak alat
Beaker glass	Wadah untuk pencampuran metanol, KOH, dan minyak Jelantah selama proses reaksi	1
Magnetic stirrer	Menghomogenkan campuran reaktan selama proses pencampuran dan reaksi	1
Hot plate	Memanaskan campuran reaksi hingga mencapai suhu yang diinginkan (65–70 °C)	1
Corong pisah	Memisahkan fasa hasil reaksi esterifikasi berdasarkan perbedaan densitas	1
Termometer	Mengukur dan mengontrol suhu selama proses pemanasan reaksi	1
Gelas ukur	Mengukur volume metanol dan minyak jelantah	2
Stopwatch	Mengontrol waktu reaksi dan waktu pendiaman	1

Sampel minyak jelantah yang sudah di pretreatment digunakan sampel sebanyak 200 ml, dengan KOH 2 gram dan juga Metanol sebanyak 100 ml, metanol dan juga koh akan dilakukan pelarutan menggunakan magnetic stirrer guna mencampurkan KOH di metanol larut. Kemudian hasil dari pencampuran sehingga homogen akan dimasukkan ke dalam corong pisah dan dilakukan pengisolasian atau di tutup. Kemudian sampel minyak yang sudah di pretreatment dipanaskan pada suhu 65 sampai 75 °C pada hot plate sambil terus dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer, setelah mencapai suhu konstan di antara 65 sampai 75°C maka perlahan dilakukan pencampuran larutan KOH di dalam metanol yang ada pada corong pisah dengan perlahan dengan tetesan yang tidak cepat dan juga tidak lambat, dimana proses pencampuran ini suhu diharuskan pada suhu rentang 65 sampai 75 °C pencampuran dilakukan sampai larutan KOH di dalam metanol yang berada di dalam corong pisah habis. Pemanfaatan suhu pada proses pencampuran memiliki fungsi meningkatkan energi kinetik molekul. Pemanfaatan panas dalam proses ini bertujuan untuk meningkatkan laju reaksi. Pada rentang suhu 65 sampai 75 °C merupakan suhu yang optimal. Setelah pencampuran selesai campuran yang berada di dalam beaker glass akan dimasukkan kembali ke dalam corong pisah kemudian diamkan campuran tersebut selama 1 hari 1 malam dimana tujuannya agar proses pemisahan dapat berjalan dengan optimal dan bagus, setelah dilakukan perendaman selama 1 hari 1 malam, maka akan terbentuk 2 lapisan yang berbeda di mana lapisan atas disebut dengan lapisan *Alkil ester (metil ester)* dan lapisan bawah merupakan lapisan metanol yang tidak bereaksi, maka dengan ini sampel metil ester yang kita gunakan ialah lapisan yang paling atas. Setelah dilakukan pemisahan maka akan didapat 100 ml sampel *metil ester* (ME) dari proses ini, kemudian sampel *metil ester* akan di lakukan

pencucian dimana pencucian *metil ester* hanya menggunakan Squades sebanyak 100 ml dan di panaskan hingga mendidih atau di suhu 80 °C, bertujuan untuk pemurnian untuk melarutkan dan memisahkan sisa katalis, gliserol, serta pengotor lai yang bersifat polar. Dengan berkurangnya pengotor tersebut, metil ester yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang lebih tinggi dan mendukung keberhasilan proses lanjutan dalam pembuatan surfaktan.

Sulfonasi

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam proses sulfonasi

Alat	kegunaan Alat	Banyak alat
	Keterangan	jumlah
Gelas beker	Wadah reaksi dan pencampuran	3
orong pisah	Pemisahan fase cair	1
Buret	Penambahan larutan secara terkontrol	1
Corong kaca	Pemindahan cairan	1
Stirrer	Pengadukan larutan	1
Hot plate	Pemanasan larutan	1
termometer	Pengukuran suhu reaksi	1
Timbangan	Penimbangan bahan padat	1
Oven	Pengeringan sampel	1
Gelas ukur	Mengukur volume benda cair	2
Labung labu	pencampur H ₂ SO ₄	1
yang 18 x 18	Wadah	1
aluminium foil	Pelapis Loyang	(18cm x 18cm)

Tabel 4. Bahan yang digunakan dalam proses sulfonasi

Nama Bahan	Konsentrasi
	Volume
Metil Ester (ME)	30 ml
NaOH	5 g
Aquades (aquades)	35,7 mL
Aquades (aquades)	20 mL
H ₂ SO ₄ pekat	14,3 mL
Metanol	Konsentrasi 70%

Pada proses pencucian sebanyak 3 kali pada prosul ME menggunakan aquades sebanyak 100 ml /cuci ME yang akhirnya dihasilkan sebanyak 75ml hanya jawa pada tahap pengujian sulfonasi banyak sampel yang digunakan ialah hanya 30 ml, pada tahap sulfonasi sampel ME akan dipanaskan hingga mencapai suhu 55 derajat celcius dengan terus diaduk menggunakan magnetic stirrer. Komposisi dengan bahan konsentrasi tinggi seperti metanol dan H₂SO₄ pekat pada konsentrasi 98% dilarutkan dalam konsentrasi 80% menggunakan aquades dengan rumus persamaan sebagai berikut:

- $V1 \times C1\% \text{konsentrasi awal} = V2 \times C1\% \text{konsentrasi akhir}$
- Konsentrasi Awal = 98 %
- Konsentrasi akhir = 80%
- Volume Akhir = 25
- $V1 = \frac{C2 \times V2}{C1}$
- $V1 = \frac{80 \times 25}{98} = 20.41 \text{ ml}$
- $V_{\text{squades}} = 25 - 20.41 = 4.6 \text{ ml}$

Pelarutan NaOH dilakukan dengan melarutkan 5 gram NaOH padat dengan 25 ml aquades. Pada tahap sulfonasi pencampuran pertama kali dilakukan antara larutan H₂SO₄ dengan sampel mens selama 1 jam dengan suhu konstan 55 derajat, setelah setelah pencampuran selesai selama 1 jam, maka dilakukan pencampuran Metanol selama 30 menit, setelahnya masukkan campuran antara ME + H₂SO₄ + Metanol ke dalam Corong Pisah untuk menghasilkan Metil ester sulfonate kasar (MES asar) diamkan selama 1 malam, kemudian dilakukan pemisahan dimana lapisan yang diambil adalah lapisan bagian bawah, kemudian pisahkan lapisannya dan masukkan lapisan yang akan digunakan ke dalam gelas beker, kemudian akan dilakukan pemanasan di suhu 60 derajat celcius

kemudian masukan campuran aquades dan juga NaOH ke dalam alat titrasi dilakukan pencampuran di suhu konstan 60 °C selama 30 menit, maka setelah itu Metil Ester murni telah jadi. Kemudian panaskan ke dalam oven selama 45 menit dengan suhu 320 °F untuk merubah Metil ester sulfonat ke dalam bentuk bubuk agar mudah dilakukan pelarutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Esterifikasi

Hasil pengujian laboratorium pada proses esterifikasi minyak jelantah telah melalui tahap penyaringan dan juga pencucian telah menghasilkan metil ester sebagai produk utama. Dimana reaksi pada suhu 65-75 °C dengan menggunakan metanol dan katalis basa KOH, dimana suhu dengan range 65-75 °C bertujuan mempercepat laju reaksi, dan juga mempertahankan reaksi pada titik didih metanol, dimana metanol memiliki titik didih sekitar 64.7 °C, dimana dengan menjaga suhu dalam kisaran 65-75 °C memungkinkan reaksi berjalan mendekati atau sedikit di atas titik didih metanol pada tekanan atmosfer, diaman ini menjaga metanol tetap dalam fase uap cair yang bergejolak, meningkatkan pencampuran, dan juga mendorong kesetimbangan reaksi ke arah produk.



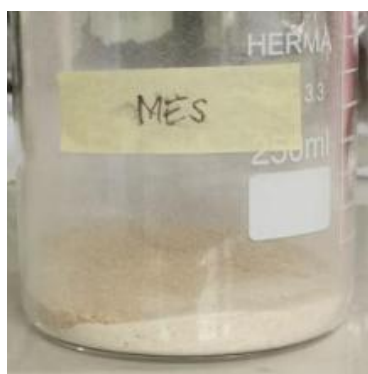
Gambar 1. Sampel hasil mes (ME) sebelah kiri minyak jelantah yang sudah disaring sebelah kanan

Dapat dilihat pada gambar (ME) merupakan contoh sampel hasil yang sudah di dapat dari proses pencucian sebanyak 3 kali di aman dapat di lihat pada hasil yang di dapat terlihat sangat beda jauh perbedaan warna dan juga tidak adanya endapan pada hasil ME jika dibandingkan dengan minyak jelantah yang sudah disaring, ME yang dihasilkan dari 200 ml sampel minyak jelantah yang sudah disaring setelah proses esterifikasi menghasilkan 100 ml dan pada pencucian akhir didapat sekitar 75 ml Metil ester yang telah didapatkan dari proses esterifikasi dimana penurunan volume merupakan hal yang wajar dan umumnya disebabkan oleh kehilangan produk selama proses esterifikasi dna juga pencucian, diamati pada tahap esterifikasi dan juga pencucian akan terbentuk seperti emulsi atau sebagian metil ester yang ikut terbuang bersama fase air pada saat pemisahan. meskipun terjadi penurunan volume yang ada dari tahap awal sampai tahap akhir, proses pemurnian menghasilkan metil ester dengan kemurnian yang lebih baik sehingga layak digunakan sebagai bahan baku surfaktan berbasis minyak jelantah.

Sulfonasi

Metil ester yang telah terbentuk pada tahap esterifikasi dan juga pencucian, selanjutnya digunakan untuk tahap pengujian selanjutnya yakni sulfonasi. Yakni dengan penggunaan sampel mestil ester sebanyak 30 ml, appdata tahap awal pencampuran H₂SO₄ yakni sebagai salah satu agen pensulfonasi (pereaksi) dan juga dapat berperan sebagai katalisator, dimana H₂SO₄ akan bereaksi langsung dengan ikatan rangkap dari rantai asam lemak dalam metil ester minyak jelanta. Diamaan dengan penambahan H₂SO₄ gugus sulfonatnya akan masul ke dalam struktur metil ester minyak jelantah guna mengubah sifat molekul polar (minyak) menjadi molekul surfaktan yang bersifat amfifilik (memiliki kepala hidrofilik dan ekor hidrofobik), proses sulfonasi dilakukan dengan pemanasan metil ester dengan suhu 55 °C dengan selalu dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer. Diamkan pemanasan pada suhu tersebut bertujuan untuk meningkatkan reaktivitas metil ester sekaligus menjaga kestabilan sistem reaksi. Pada tahap ini larutan asam sulfat dengan konsentrasi 80% ditambahkan secara perlahan pada tahap penambahan asam sulfat akan terjadi perubahan warna yang mana akan berubah menjadi warna yang cenderung lebih gelap dari sebelumnya dimana reaksi ini disebabkan oleh pembentukan produk samping berwarna atau degradasi termal.

Pencampuran dilakukan selama 1 jam dengan perlahan guna mengontrol laju reaksi dan mencegah terjadinya reaksi berlebihan yang dapat menurunkan kualitas produk. Kemudian pada penambahan metanol pada proses sulfonasi, H_2SO_4 merupakan agen sulfonasi yang bersifat asam penambahan metanol merupakan pelarut organik yang berfungsi sebagai media untuk memfasilitasi kontrak antar rekatan, bukan katalis atau pelarut universal untuk semua proses sulfonasi. Penambahan NaOH merupakan katalis untuk mempercepat reaksi sulfonasi pada senyawa organik yang cenderung bereaksi lambat tahap netralisasi dilakukan juga dengan penambahan NaOH dengan kondisi suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$, dimana tujuan dari penambahan NaOH bertujuan untuk menetralkan sisa asam sulfat serta menstabilkan produk MES yang dihasilkan, pengadukan dalam proses ini dilakukan untuk pengendalian suhu selama tahap ini berperan penting dalam menghasilkan *Metil Ester Sulfonat* (MES) dengan karakteristik yang lebih stabil, pada tahap pencampuran NaOH akan terjadi perubahan fase antara fase cair ke fase berbentuk past seperti menggumpal, dan jika diambil sampelnya dan dilarutkan ke dalam air akan bertekstur seperti sabun, dimana pada tahap ini metil ester sulfonat yang memiliki tekstur padat dan sedikit lembab akan dilakukan pengeringan dimana tujuannya agar pada saat dilarutkan tidak terbentuk gumpalan yang mengganggu hasil penelitian selanjutnya, setelah dilakukan pengeringan menggunakan oven maka metil ester sulfonat murni dengan berbasis minyak jelantah sudah murni sudah jadi.



Gambar 2. Hasil akhir metil ester sulfonat

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak jelantah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan metil ester sulfonat (MES) melalui tahapan esterifikasi dan sulfonasi. Pada tahap esterifikasi, 200 mL minyak jelantah direaksikan dengan 100 mL metanol dan 2 g KOH pada suhu $65\text{--}75\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga dihasilkan sekitar 100 mL metil ester. Setelah pencucian sebanyak tiga kali, volume *metil ester* berkurang menjadi 75 mL dengan warna lebih jernih dan tanpa endapan. Proses sulfonasi dilakukan menggunakan 30 mL metil ester dengan penambahans H_2SO_4 80% pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam, dilanjutkan penambahan metanol selama 30 menit dan proses netralisasi menggunakan 5 g NaOH pada suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$. Produk akhir MES yang dihasilkan berbentuk padat, kemudian dikeringkan menggunakan oven dan dihaluskan hingga diperoleh MES dalam bentuk bubuk.

5. REFERENSI

- Brevundimonas, Dari. 2022. "Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan Dan Farmasi Volume 22 Nomor 1 Februari 2022." 22: 29–36.
- Duma, Agam, Kalista Wibowo, Dana Pengembangan, and Penelitian Perguruan. 2021. "SINTESIS POLYMERIC SURFACTANT DARI MINYAK JELANTAH UNTUK APLIKASI ENCHANCED OIL RECOVERY (EOR) INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA FEBRUARI 2021."
- Eni, Hestuti, Komar Sutriah, and Sri Muljani. 2017. "APLIKASI EOR PADA LAPANGAN MINYAK INTERMEDIET (Surfactant Based on Palm Oil for EOR Application at Intermediate Oil Field)." 51(1): 2–7.
- Hidayati, S R I. 2011. "Pengaruh Konsentrasi H 2 SO 4 Dan Lama Sulfonasi Pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat Dari Minyak Kelapa Effect of H 2 SO 4 Concentration and Sulfonation on Production Time of Methyl Ester Sulphonate (MES) From Coconut Oil." 12(1): 83–93.
- "Jmaromatika,+111-120+Ahmad.Pdf."
- Maulida, Evi, Nasrul Za, and Eddy Kurniawan. 2023. "Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonate Dari Minyak Kelapa

- (Virgin Coconut Oil) Dengan Metode Sulfonasi." 2(Mei): 247–60.
- Metil, Kualitas, Ester Sulfonat, Nur Asma Deli, and Sri Wahyuni. 2023. "Pengaruh Rasio Mol Metil Ester: NaHSO₃ Pada Proses Sulfonasi Minyak Jelantah Terhadap." 6(1): 43–47.
- Murni, Sri Wahyu, Tunjung Wahyu Widayati, Dewi Sulistyawati, Program Studi, and Teknik Kimia. "Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dari Minyak Kelpa Untuk Eor (Enhanced Oil Recovery)."
- Noviyanti, Irma, and Eka Marta. "Pengembangan Proses Produksi Surfaktan Untuk EOR (Enhanced Oil Recovery) Melalui Sulfonasi Metil Ester." : 1–8.
- Produksi, Optimasi, Metil Ester, Sulfonat Dari, Metil Ester, Minyak Jelantah, Jl Ciledug Raya, and Jakarata Selatan. 2012. "Optimasi Produksi Metil Ester Sulfonat Dari Metil Ester Minyak Jelantah." 14(2): 165–72.
- Reaksi, H. 1907. "Issn 1907-9850." : 115–22.
- Studi, Program, Teknologi Industri, Fakultas Teknologi Pertanian, Jawa Barat, Departemen Teknologi, Industri Pertanian, and Fakultas Teknologi Pertanian. 2017. "2,3) 1)." 27: 328–35. doi:10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.3.328.