

# Pra-Desain Pabrik Surfaktan Methyl Ester Sulfonate (MES) dari Waste Cooking Oil (WCO)

Narendra Yudha Aditama dan Dhea Septyanonie Ryvalda  
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail: nendraaditama07@gmail.com*

**Abstrak**—Pra Desain Pabrik Surfaktan Methyl Ester Sulfonate (MES) dari Waste Cooking Oil (WCO) akan penunjang berupa berupa karbon aktif, Metanol 99%, NaOH, NaHSO<sub>3</sub>, dan CaO. Metode produksi yang digunakan adalah kombinasi adsorpsi, transesterifikasi, dan sulfonasi. Mula-mula bahan baku WCO akan dilakukan pre-treatment filtrasi untuk menghilangkan impurities hasil penggorengan atau hasil olahan lainnya. Hasil dari filtrasi akan diadsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Pengotor-pengotor akan teradsorpsi berupa zat warna yang pekat dan kandungan asam lemak bebas (FFA). WCO yang sudah bersih kemudian masuk reaktor transesterifikasi untuk mereaksikan trigliserida yang ada pada WCO dengan metanol. Trigliserida yang bereaksi dengan metanol akan menghasilkan metil ester, senyawa penyusun biodiesel. Metil ester keluaran reaktor transesterifikasi kemudian akan direaksikan dengan NaHSO<sub>3</sub> untuk menghasilkan metil ester sulfonat (MES) pada reaktor sulfonasi. Sulfonasi menghasilkan prpduk samping disalt yang akan dimurnikan dengan metanol. Pemurnian dilakukan dengan kondisi hangat. Kemudian pH dari MES akan dinetralkan dengan NaOH. Pabrik ini memerlukan capital expenditure sebesar Rp 275,654,621,356 dan operating expenditure sebesar Rp 352,337,033,963. Melalui analisa ekonomi didapat NPV pabrik senilai Rp 266,123,279,080, IRR sebesar 33.43%, POT 10 tahun, dan BEP 35.31%. Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik MES ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci**—Metil Ester Sulfonat (MES), Surfaktan, Waste Cooking Oil (WCO).

## I. PENDAHULUAN

INDONESIA adalah negara dengan populasi terbanyak ke-4 di dunia mencapai 270 juta jiwa. Sebagian besar masyarakat Indonesia menggoreng makanan yang akan dikonsumsi. Hal ini menimbulkan pola konsumsi minyak goreng yang cukup besar di masyarakat selama bertahun-tahun. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi minyak goreng, limbah sisa minyak goreng juga semakin terus meningkat dan sebagian besar akan dibuang langsung ke saluran-saluran pembuangan sehingga menyebabkan pencemaran. Untuk menanggulangi pencemaran tersebut, diperlukan pengolahan limbah waste cooking oil (WCO) menjadi produk yang ramah lingkungan. Salah satu produk ramah lingkungan yaitu surfaktan metil ester sulfonat (MES). Surfaktan atau surface active agent merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang mampu diproduksi melalui sintesis kimiawi atau biokimiawi (Tabel 1). Surfaktan terdiri dari molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama. Surfaktan umumnya bersifat susah terdegradasi dan memunculkan masalah baru terhadap penguraiannya. Alternatif baru yang ditemukan untuk mengganti bahan baku turunan minyak bumi dalam pembuatan surfaktan adalah pemanfaatan minyak nabati maupun minyak hewani. Salah satu surfaktan anionik yang

Tabel 1.

Data Kegiatan Ekspor Impor Surfaktan Anionik di Indonesia		
Tahun	Ekspor	Impor
2018	333,3	5.507,5
2019	297,4	11.679,9
2020	520,7	9.931,2
2021	516,4	13.062,3

Tabel 2.

Data Kegiatan Produksi dan Konsumsi Asam Klorida di Indonesia	
Tahun	Konsumsi (per Liter/Kapita/Minggu)
2018	104,368
2019	105,067
2020	108,472
2021	116,138

Tabel 3.

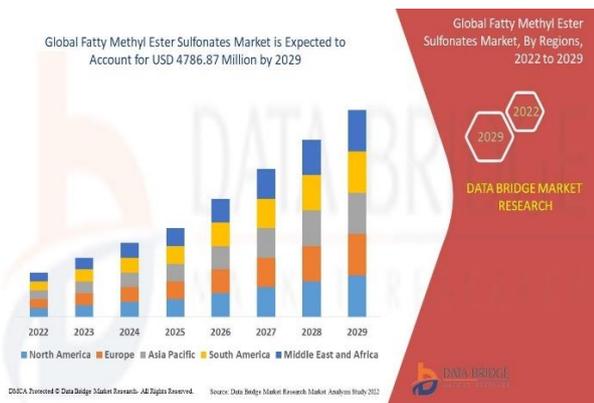
Perbandingan Metode Transesterifikasi			
Metode	Kelebihan	Kekurangan	
Transesterifikasi dua tahap	Rendahnya angka saponifikasi, metode digunakan, cocok untuk produksi masal, memerlukan lebih sedikit methanol	Recovery katalis terhadap alat jika katalis asam lolos	susah, korosif jika katalis asam lolos
Adsorpsi Transesterifikasi	Katalis lebih murah dan umum, energi proses yang sedikit, laju reaksi cepat ketimbang katalis asam, tidak korosi pada mesin, metanol yang diperlukan relative lebih sedikit daripada katalis asam	Angka saponikasi tinggi. Tidak bisa digunakan segala jenis minyak, recovery gliserol susah	

berbahan baku minyak nabati serta ramah terhadap lingkungan dan dapat diperbaharui adalah Methyl Ester Sulfonate (MES) [1-2].

Surfaktan metil ester sulfonat (MES) merupakan surfaktan anionik yang biasa digunakan sebagai bahan aktif pada produk detergen serta dapat digunakan sebagai alternatif Enhanced Oil Recovery (EOR) [3]. Surfaktan metil ester sulfonat (MES) memiliki struktur umum RCH(CO<sub>2</sub>ME)SO<sub>3</sub>Na yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan karena biodegradable, pembusaan yang rendah, dan sifat deterjensi yang baik.

Kandungan trigliserida yang ada dalam WCO dapat dihidrolisis menjadi metil ester (ME) dan gliserol untuk selanjutnya melewati proses sulfonasi dengan bantuan katalis agar terbentuk MES. Pada pembuatan MES akan terjadi perpindahan panas pada prosesnya. Kebutuhan pasar global MES pada tahun 2015 diperkirakan sebesar 444,6 ton. Pada tahun 2021 pasar MES global dinilai mencapai 1299,69 juta USD dan diperkirakan pada akhir 2029 akan mencapai 4786,87 juta USD. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasar global MES akan tumbuh setidaknya 17,70% selama 2021 – 2029.

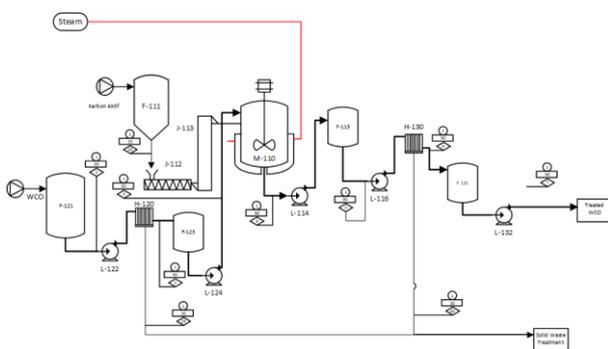
Industri ini diharapkan dapat terus bertumbuh selama



Gambar 1. Data kebutuhan dan prediksi MES skala global.



Gambar 2. Hasil akhir pembobotan lokasi pabrik mes dengan expert choice.



Gambar 3. Diagram alir tahap pre-treatment.

dekade berikutnya akibat permintaan produk berbahan alami dan ramah lingkungan di berbagai sektor seperti industri kosmetik, detergent, maupun produk perawatan pribadi. Peluang untuk mengembangkan potensi surfaktan utamanya MES masih cukup besar di Indonesia. Asosiasi Produsen Oleochemical Indonesia (APOLIN) melalui ketua umumnya pada 2019 mengatakan bahwa jumlah perusahaan oleokimia di Indonesia menunjukkan tren positif selama tiga tahun terakhir.

Dapat dilihat pada tahun 2016 sebanyak 17 perusahaan olekimia beroperasi dengan 10,9 juta ton per tahun (Gambar 1). Kemudian pada tahun 2017 meningkat menjadi 19 perusahaan dan pada akhir tahun 2019 berkembang kembali menjadi 20 perusahaan oleokimia dengan total kapasitas produksi sebesar 11,32 juta ton per tahun. Kapasitas produksi ini terdiri dari fatty acid 4.55 juta ton, fatty alcohol 2,12 juta ton, gliserin 883.700 ton, methyl ester 1,93 juta ton, dan soap noodle berjumlah 1,83 juta ton. Data didapat Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Tabel 2 dan Tabel 3).

Hal ini dapat juga dilihat melalui data kebutuhan surfaktan Indonesia yang mencapai sekitar 95 ribu ton per tahun, sedangkan kapasitas produksi dalam negeri hanya 55 ribu ton per tahun, sehingga ada kekurangan sebesar 40 ribu ton surfaktan yang harus diimpor oleh Indonesia. Surfaktan yang diproduksi dan diimpor sejauh ini masih didominasi oleh surfaktan berbahan dasar petroleum yang tidak ramah lingkungan dan tidak dapat diperbaharui.

Tabel 4. Perbandingan Tipe Katalis Transesterifikasi

Tipe Sel	Kelebihan	Kekurangan
Acid Catalyzed	Konsumsi energi proses sedikit, yield tinggi, disarankan untuk minyak kualitas rendah, esterifikasi dan transesterifikasi terjadi bersamaan	Waktu produksi lama, dibutuhkan suhu tinggi, pemisahan katalis susah, terbentuk gliserol yang banyak, korosif pada mesin, diperlukan metanol yang cukup banyak
Base Catalyzed	Katalis lebih murah, energi proses yang lebih sedikit, Laju reaksi yang cepat, tidak korosif terhadap alat, metanol dibutuhkan lebih sedikit daripada menggunakan katalis asam	Air limbah bersifat basa, angka saponikasi tinggi. Tidak bisa digunakan untuk segala jenis minyak, susahnya recovery gliserol, dibutuhkan purifikasi setelah reaksi terjadi
Sel Enzim	Suhu reaksi rendah, pemisahan yang mudah, bisa untuk minyak kualitas rendah, ME memiliki kemurnian tinggi	Yield rendah, katalis yang mahal, keberadaan metanol dan gliserol berlebihan bisa menonaktifkan kerja katalis

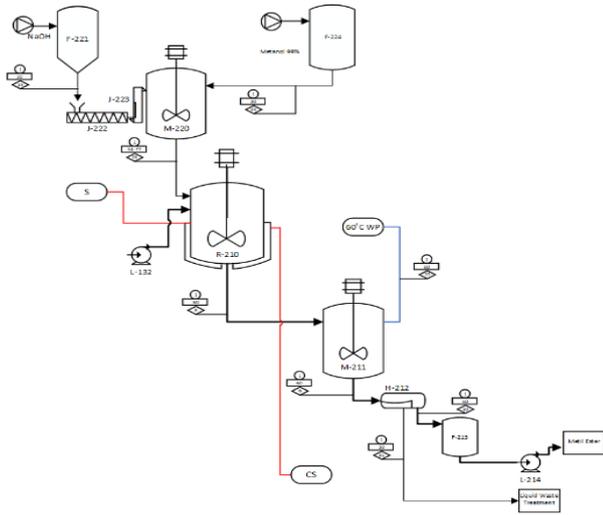
Tabel 5. Daftar Pabrik MES di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas Pabrik (Ton/Tahun)
PT. Petrokimia Gresik	7000
PT. Wilmar Nabati Nasional	17.280

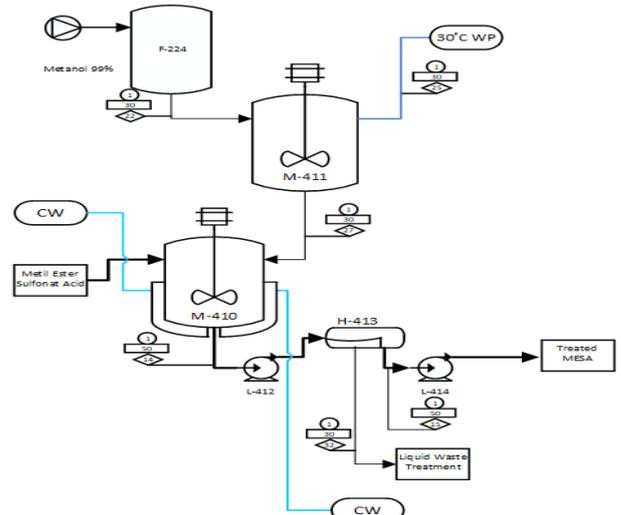
## II. TEKNOLOGI PRODUKSI DAN SELEKSI PROSES

Produksi surfaktan memiliki beberapa proses dalam pembuatannya. Mulai dari raw material atau feedstock berupa WCO akan diubah menjadi surfaktan metil ester sulfonat (MES). Proses Produksi surfaktan metil ester sulfonat (MES) dari waste cooking oil (WCO) terdiri dari pengumpulan waste cooking oil (WCO), pre-treatment waste cooking oil (WCO), proses konversi waste cooking oil (WCO) menjadi Metil Ester, proses konversi Metil Ester menjadi MES, dan proses pasca produksi. Metode yang berbeda tersedia untuk menghasilkan metil ester seperti transesterifikasi, blending, pirolisis, dan mikro-emulsifikasi. Waste Cooking Oil merupakan triester gliserol dari asam lemak jenuh dan tidak jenuh, hampir seluruh kandungan WCO merupakan trigliserida sebesar 98% sedangkan sisanya merupakan komponen non-trigliserida seperti monogliserida, tokoferol, asam lemak bebas, fosfolipid, digliserida, serta sedikit komponen warna [4]. WCO akan difiltrasi untuk menghilangkan pengotor, kemudian diadsorpsi dengan adsorben karbon aktif.

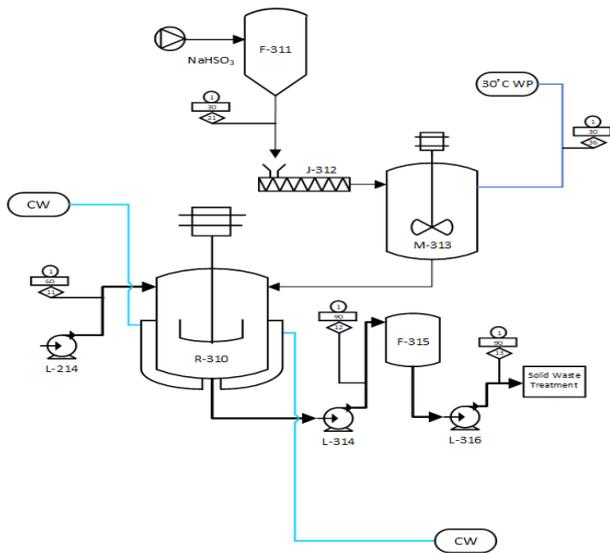
Dari perbandingan Tabel 3, maka metode sintesis MES melalui adsorpsi-transesterifikasi-sulfonasi sebagai proses utama. Hal ini dikarenakan metode tersebut dapat memberikan keuntungan lebih besar karena menggunakan bahan baku yang murah, mengonsumsi energi yang lebih sedikit, tidak korosif dan lebih aman. Setelah itu akan disulfonasi dengan NaHSO<sub>3</sub> karena reaktan murah dan mudah ditemui sehingga operasional pabrik akan menjadi minimal (Tabel 4).



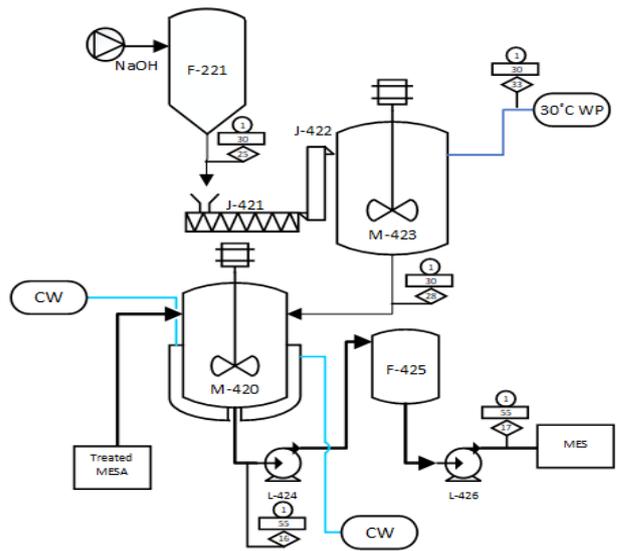
Gambar 4. Diagram alir tahap transesterifikasi.



Gambar 6. Diagram alir tahap pematangan.



Gambar 5. Diagram alir tahap sulfonasi.



Gambar 7. Diagram alir tahap penetralan.

### III. KAPASITAS DAN LOKASI PABRIK

Untuk menghitung kapasitas pabrik, maka dilakukan ekstrapolasi hingga pada tahun 2026 data ekspor dan impor Indonesia berdasarkan data anionic wetting agents not in a liquid form karena minimalnya data untuk produk MES. Proses ekstrapolasi ini dilakukan dengan membuat grafik garis trend terhadap tahun berjalan.

Prediksi kebutuhan MES = nilai dari data ekspor dan impor pada tahun terakhir  $\times (1 + \text{persentase pertumbuhan rata-rata})^n$ , dengan n adalah lama waktu proyeksi yang ingin dicari. Didapatkan bahwa ekspor nasional Indonesia untuk MES pada 2026 diprediksi sebesar 1.348,42 ton dan impor sebesar 77.771,31 (Tabel 5) [5].

Sehingga kapasitas pabrik yang akan didirikan ditetapkan sebesar 10.000 ton/tahun dengan menyumbang data impor sebesar 12,8%.

Lokasi dari suatu pabrik akan sangat menentukan nilai performa dan ekonomi dimana kegiatan usaha tidak akan lepas dari pembelian-penjualan barang dan pengadaan tenaga kerja. Mengingat pentingnya lokasi usaha bagi kegiatan usaha apapun, sehingga dalam memilih lokasi usaha harus dengan penuh pertimbangan. Buku Chemical Engineering Design dalam mendapatkan lokasi suatu pabrik yang tepat,

perlu untuk memperhatikan faktor – faktor yang berkaitan dengan kegiatan usaha pabrik. Faktor – faktor itu antara lain lokasi pemasaran, ketersediaan bahan baku, aksesibilitas dan infrastruktur, sumber tenaga kerja, geologi dan iklim, sumber utilitas dan layanan pendukung, sosial masyarakat dan hukum yang berlaku. Untuk pendirian pabrik MES dipilih dua tempat potensial yaitu Kecamatan Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur dan Kecamatan Tugu, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Penetapan lokasi pabrik dilakukan dengan pembobotan menggunakan software Expert Choice dengan hasil yang ditampilkan pada Gambar 2.

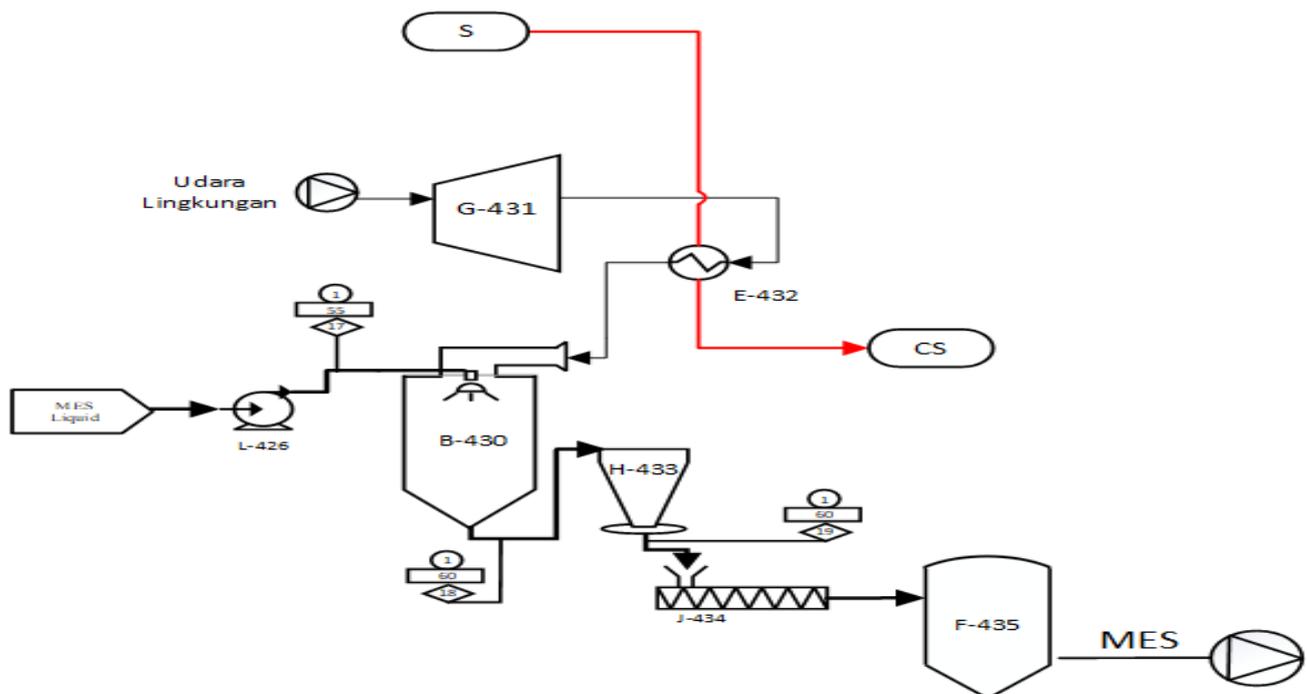
Dari hasil pembobotan tersebut ditetapkan bahwa lokasi pabrik MES berada di Kecamatan Tugu, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah (Gambar 3).

### IV. URAIAN PROSES

Dari seleksi proses yang dipilih, proses pembuatan MES dibagi menjadi empat bagian sebagai berikut:

#### A. Tahap Pre-Treatment

Tahap pre-treatment (Gambar 3) bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat dalam WCO utamanya adalah sisa hasil penggorengan dan atau



Gambar 8. Diagram alir tahap pengeringan.

hasil olahan lainnya. Hal ini dikarenakan kadar FFA yang tinggi dapat membentuk sabun pada proses transesterifikasi sehingga dapat merusak kelancaran proses dan menurunkan hasil proses. Proses pre-treatment dimulai dengan memompakan WCO dari tangki penyimpanan bahan baku menuju filter press (H-120). Setelah itu, WCO akan diadsorpsi dengan adsorben karbon aktif di mixing tank M-110 pada suhu  $90^{\circ}\text{C}$ . Adsorpsi dapat menurunkan kandungan FFA dan memucatkan zat warna pada WCO. Kandungan WCO yang diharapkan tersisa adalah gliserida dan FFA dibawah 0,5%. Setelah adsorpsi, WCO yang telah diberi karbon akan difiltrasi oleh filter press (H-130) dengan tujuan untuk menghilangkan karbon yang ada pada WCO. Setelah proses pre-treatment selesai, WCO akan dialirkan ke proses selanjutnya dengan pompa L-132.

### B. Tahap Transesterifikasi

Pada tahap ini (Gambar 4), mereaksikan minyak yang telah diolah pada proses sebelumnya dengan metanol dan bantuan katalis NaOH untuk menghasilkan produk Fatty Acid Metil Ester (FAME) dengan produk samping gliserin pada reaktor transesterifikasi (R-210). Penggunaan metanol pada proses ini adalah 1 : 6 rasio mol minyak banding metanol. Jumlah NaOH yang ditambahkan sebagai katalis yaitu sebesar 1% dari berat minyak yang masuk.

Penambahan NaOH berfungsi mempercepat reaksi. Sebelum dialirkan ke reaktor, NaOH dari tangki penyimpanan NaOH (F-221) akan dicampur dengan metanol dari tangki penyimpanan metanol (F-224) pada tangki pencampuran (M-220) dan akan membentuk ion metoksida berupa  $\text{NaOCH}_3$  kemudian dialirkan ke reaktor transesterifikasi (R-210).

Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 1 jam dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan konversi gliserida sebesar 99%. Metil ester yang terbentuk dari rangkaian proses sebelumnya akan dialirkan ke Washing Tank (H-211) untuk melarutkan sabun, katalis, dan gliserin, hasil reaksi dari transesterifikasi melalui proses pencucian. Pencucian ini dilakukan dengan air hangat

dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan jumlah 50% dari umpan yang masuk.

Pencucian dilakukan dengan metode pengadukan. Pada H-212, akan dilakukan proses pemisahan berdasarkan densitas karena kandungan FAME pada minyak masih belum murni disebabkan oleh gliserin dan pengotor lainnya. Namun gliserin dan pengotor lain telah larut dengan air yang digunakan pada Washing Tank. Decanter akan memisahkan aliran dengan campuran kaya FAME dan aliran dengan campuran kaya gliserin. Campuran gliserin akan keluar dan akan disebut dengan Crude Gliserin. Crude Gliserin harus dilakukan pemrosesan jika ingin dijual atau digunakan kembali [6-9].

Kemudian hasil proses pencucian pada M-211 dan pemisahan pada decanter H-212 akan disimpan dalam tangki penyimpanan F-213 untuk menjaga proses pada keseluruhan pabrik tetap continuous (Gambar 4 dan Gambar 5).

### C. Tahap Sulfonasi

Senyawa kaya FAME dari tangki penyimpanan F-213 akan dialirkan ke dalam reaktor sulfonasi (R-310) dengan pompa L-214 untuk pengonversian ke dalam MES. Reaktor Sulfonasi (R-310) beroperasi pada suhu tinggi sebesar  $90^{\circ}\text{C}$  dengan konversi sebesar 89.9% selama 1 jam. Reaktor Sulfonasi (R-310) dilengkapi dengan jaket pendingin karena suhu reaksi yang tinggi dan reaksi bersifat eksoterm. Reagen sulfonasi yang digunakan pada proses ini adalah  $\text{NaHSO}_3$  yang akan di-supply tangki penyimpanan (F-311).  $\text{NaHSO}_3$  yang didapatkan berupa padatan, sehingga sebelum dialirkan ke reaktor sulfonasi akan dilarutkan dengan water process dengan suhu  $30^{\circ}\text{C}$  di tangki pelarutan (M-313).  $\text{NaHSO}_3$  padatan akan dialirkan dengan conveyor J-312.  $\text{NaHSO}_3$  yang ditambahkan sebesar 1,5 : 1 rasio mol  $\text{NaHSO}_3$  terhadap FAME. Aliran FAME akan terkonversi menjadi Methyl Ester Sulfonate Acid (MESA) melalui proses sulfonasi. MESA kemudian akan dialirkan ke tangki penyimpanan F-315 dengan pompa L-314. Setelah itu MESA akan dialirkan ke proses selanjutnya yaitu unit pemurnian dan

penetralan dengan pompa L-316.

Suhu aliran gas efluen dari reaktor diatur sehingga berada pada temperatur 90°C untuk mencapai suhu optimal reaksi. Reaksi akan dijalankan selama 4 jam dengan sistem batch. Konversi yang diharapkan terjadi adalah 89,8% [1], [10-11].

#### D. Tahap Pemurnian

Tahap ini dilakukan untuk memurnikan MESA. MESA yang terbentuk masih mengandung di-salt yang akan menghalangi kinerja surfakan. Oleh karena itu dilakukan penetralan dan pemurnian. MESA yang keluar dari reaktor sulfonasi akan dialirkan ke dalam mixing tank (M-410) untuk dilakukan pemurnian. Pada M-410, MESA dan di-salt akan direaksikan dengan metanol 35%. Metanol yang ada pada tangki penyimpanan metanol (F-224) akan dikurangi konsentrasinya hingga 35% pada M-411 dengan water process 30°C [11]. Pemurnian dilakukan untuk menghilangkan dan menghalangi di-salt untuk terbentuk, di-salt merupakan produk samping reaksi sulfonasi yang menyebabkan warna gelap pada produk dan meningkatkan viskositas produk. Metanol dapat menahan terjadinya substitusi gugus metil pada struktur MES yang dapat terjadi karena proses hidrolisis MES disebabkan oleh keberadaan pasti kandungan air pada proses pembuatan MES dengan bereaksinya metanol dengan air. Setelah itu, dialirkan ke dalam decanter (H-413) untuk memisahkan produk dengan sisa pengotor disalt dengan pompa L-412. Decanter yang digunakan merupakan centrifuge, bertujuan untuk memisahkan NaHSO<sub>3</sub> yang tidak bereaksi dan produk yang diinginkan. Setelah itu, MESA akan dialirkan ke tangki penetralan (M-420) dengan pompa L-414. Pada M-410, pemurnian dilakukan dengan cooling water karena reaksi pengurangan atau pemurnian di-salt pada MESA berlangsung secara eksoterm. Pada tangki pemurnian (M-410), aliran efluen diatur 50°C dan akan dimurnikan selama 90 menit dan disalt yang hilang sebesar 100%. (Gambar 6) [11].

#### E. Tahap Penetralan

Tahap ini bertujuan untuk mengondisikan pH pada MESA agar menjadi netral atau sesuai dengan syarat mutu produk yang telah ditetapkan. MESA yang terbentuk memiliki pH yang sangat asam (pH = 4) sehingga akan dinetralkan pH-nya hingga 6 dengan basa kuat yang di-supply dari tangki penyimpanan (F-221). Basa kuat yang digunakan adalah NaOH. Sebelum dialirkan, NaOH yang berbentuk padatan akan dilarutkan dengan water process 30°C di tangki pelarutan (M-423) hingga konsentrasi 20%. Pada M-420, penetralan dilakukan dengan cooling water karena dalam mengondisikan pH, akan keluar panas sehingga bersifat eksoterm. Efluen dari tangki penetralan diatur hingga 55°C (Gambar 7) [1-3], [12-13].

#### F. Tahap Pengerinan

Aliran keluar dari tangki penetralan yaitu MES akan dialirkan ke Spray Dryer (B-430) untuk dikeringkan dari air yang merupakan hasil reaksi dari penetralan. Pada Spray dryer, MES sebagai umpan pada B-430 akan dialirkan ke atomizer dan akan disemprot melalui atomizer. Setelah itu pada drying chamber, bahan akan dikontakkan dengan udara kering yang didapatkan dari udara lingkungan pada lokasi didirikannya pabrik. Udara lingkungan akan dialirkan menggunakan compressor (G-431) yang memiliki tipe Single

Stage Blower Discharge Pressure. Sebelum dimasukkan ke spray dryer, udara lingkungan akan dipanaskan melalui heat exchanger (E-432) sehingga suhu udara masuk spray dryer sebesar 125°C. MES yang telah dikeringkan akan dipindahkan ke Cyclone Separator (H-433) untuk memisahkan MES yang terikut pada udara pemanas. Kemudian MES yang telah dikeringkan akan dialirkan dengan Screw Conveyor (J-434) yang memiliki tipe plain spouts atau chutes ke dalam tangki penyimpanan produk (F-435). Digunakan screw conveyor karena produk MES akan berbentuk padatan serbuk (Gambar 8).

### V. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, untuk menghasilkan produk metil ester sulfonat (MES) menggunakan metode kombinasi adsorpsi-transesterifikasi-sulfonasi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, dibutuhkan bahan baku garam waste cooking oil (WCO) sebanyak 8537,6 ton/tahun, NaOH 2961,6 ton/tahun, metanol 1676,74 ton/tahun, karbon aktif 6503,27 ton/tahun, dan NaHSO<sub>3</sub> 6865,531 ton/tahun. Kebutuhan ini diasumsikan untuk waktu operasi pabrik sebanyak 330 hari per tahun dengan 24 jam per hari. Kebutuhan pemanas sebanyak 3367,457 ton/jam. Kebutuhan power untuk pabrik sebanyak 146 kWh.

### VI. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi didapat yaitu bahwa Capital Expenditure (CAPEX) dari pabrik ini sebesar Rp275,654,621,356 dan Operating Expenditure (OPEX) dari pabrik ini sebesar Rp352,337,033,963. Kemudian, didapatkan Pay Out Time (POT) sebesar 3,4 tahun, Internal Rate Return (IRR) sebesar 33,43% dan Break Even Point (BEP) sebesar 35,31%.

### VII. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Perencanaan Operasi: kontinu, 24 jam/hari, 330 hari; (2) Kapasitas Produksi: 10.000 ton/tahun metil ester sulfonat (MES); (3) Bahan Baku utama: 8537,6 ton/tahun waste cooking oil (WCO); (4) Masa Konstruksi: 2 tahun; (5) Analisis Ekonomi: (a) Pembiayaan: Capital Expenditure (CAPEX): Rp275,654,621,356; Operating Expenditure (OPEX): Rp352,337,033,963; (b) Rehabilitasi Perusahaan: Net present value (NPV): Rp266,123,279,080; Laju Pengembalian Modal (IRR): 33,43% ; Waktu Pengembalian Modal (POT): 3,4 tahun ; Break Even Point (BEP): 35,31%.

Dari hasil uraian diatas, dari segi teknis dan ekonomis terlihat bahwa IRR sebesar 31,43% berada di atas WACC sebesar 12,12%. Jangka waktu pengembalian modal (POT) selama 3,4 tahun, lebih kecil dari waktu pengembalian modal yang ditetapkan pemberi pinjaman yaitu 10 tahun. Berdasarkan kondisi seperti ini, pabrik metil ester sulfonat (MES) ini layak untuk didirikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Destriyani, Jaksen, and S. Yuliaty, "Pembuatan metil ester sulfonat dari metil ester berbasis crude palm oil dengan variasi waktu

- dan agent sulfonasi," *J. Kinet.*, vol. 13, no. 3, pp. 7–10, 2022.
- [2] Jaksen, "Pengaruh Variasi Suhu, Rasio Mol Reaktan dan Persen Katalis terhadap Metil Ester Sulfonat Menggunakan Reaktor Sulfonasi," Departemen Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2020.
- [3] N. Iman, A. R. Razak, and N. Nurhaeni, "Sintesis surfaktan Metil Ester Sulfonat (Mes) dari metil laurat," *Kovalen J. Ris. Kim.*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [4] P. Wulan, M. Gozan, B. Arby, and B. Achmad, "Penentuan rasio optimum C:N:P sebagai nutrisi pada proses biodegradasi benzena-toluena dan scale up kolom bioregenerator," *J. Univ. Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [5] M. E. Abdullahi, M. A. A. Hassan, Z. Z. Noor, and R. K. R. Ibrahim, "Application of a packed column air stripper in the removal of volatile organic compounds from wastewater," *Rev. Chem. Eng.*, vol. 30, no. 5, pp. 431–451, 2014, doi: 10.1515/revce-2014-0003.
- [6] P. M. Anisah, S. Suwandi, and E. Agustian, "Pengaruh Waktu Transesterifikasi terhadap Hasil Konversi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel," *eProceedings Eng.*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [7] L. Buchori, "Perkembangan Proses Produksi Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif," in *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 2015, pp. 1–3.
- [8] J. M. Encinar, J. F. González, and A. Rodríguez-Reinares, "Ethanolysis of used frying oil. Biodiesel preparation and characterization," *Fuel Process. Technol.*, vol. 88, no. 5, pp. 513–522, 2007, doi: 10.1016/j.fuproc.2007.01.002.
- [9] L. Buchori, I. Istadi, and P. Purwanto, "Advanced chemical reactor technologies for biodiesel production from vegetable oils-a review," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 11, no. 3, pp. 406–430, 2016.
- [10] D. Amaliah, L. Qadaryah, and M. Mahfud, "The production of surfactant anionic Methyl Ester Sulfonate (MES) from Virgin Coconut Oil (VCO) with ultrasound-assisted," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, p. 12005, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1845/1/012005.
- [11] M. Meriatna, S. Suryati, and E. Evana, "Kajian pengaruh konsentrasi natrium hidrosulfit (NaHSO<sub>3</sub>) dan temperatur dalam pembuatan surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) dari Crude Palm Oil (CPO) dengan metode sulfonasi," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 5, no. 1, pp. 45–56, 2017, doi: 10.29103/jtku.v5i1.78.
- [12] F. C. Hidayati, "Pemurnian minyak goreng bekas pakai (jelantah) dengan menggunakan arang bonggol jagung," *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 2, pp. 67–70, 2016, doi: 10.26737/jipf.v1i2.67.
- [13] S. Hidayati, N. Gultom, and E. Hestuti, "Optimasi produksi metil ester sulfonat dari metil ester minyak jelantah," *Reaktor*, vol. 14, no. 2, pp. 165–172, 2012.