

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data hasil Analisa Karakteristik CPO

Pengujian karakteristik awal bahan baku CPO meliputi penentuan kadar asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) dan pengukuran densitas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas awal CPO sebelum digunakan dalam proses selanjutnya. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Analisa FFA dan Densitas CPO

Sampel	Parameter	Hasil Pengujian	Standar Mutu (<i>SNI 01-2901-2006 Hui (1996)</i>)
CPO	FFA	3,072%	3,0% - 5,0%
	Densitas	0.914 g/ml	0,890 – 0,920 g/mL

Hasil Analisa pengujian metil ester sulfonat disajikan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Tabel analisa pengujian metil ester sulfonat

Sampel	Rasio Mol	Agen Sulfonasi (H ₂ SO ₄ (%))	Nilai pH	Stabilitas Busa (%)	Moisture Content (%)
1	1:6	8	7	66,7	1,6
2		10	7	65,0	2,1
3		12	7	80,0	2,8
4		14	7	83,3	1,9
5		16	7	68,8	2,4
6	1:9	8	7	62,5	2,0
7		10	7	51,0	4,0
8		12	8	65,7	5,1
9		14	7	41,7	2,0
10		16	8	47,5	5,5

4.2 Pembahasan

4.2.1 FFA CPO dan Densitas CPO

Analisis FFA (*Free Fatty Acid*) dan densitas CPO dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan baku sebelum digunakan dalam proses pembuatan metil ester sulfonat (MES). Analisis FFA bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang dapat memengaruhi proses transesterifikasi, sedangkan analisis densitas bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik CPO serta memastikan bahwa minyak yang digunakan memenuhi kisaran densitas yang sesuai.

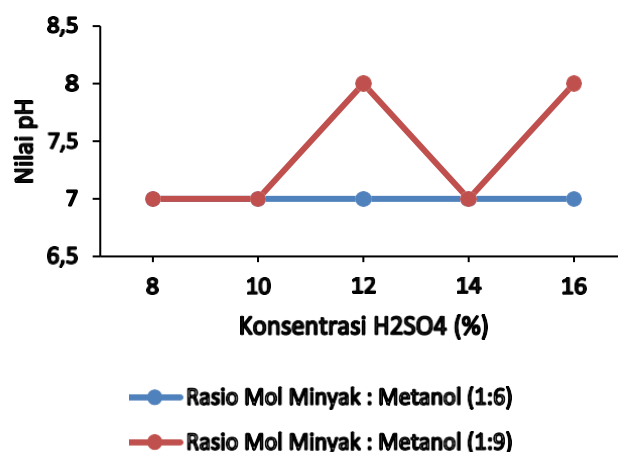
Berdasarkan hasil pengujian, kadar FFA CPO diperoleh sebesar 3,072%, sedangkan densitas CPO sebesar 0,914 g/mL. Nilai FFA tersebut masih berada di bawah batas maksimum 5%, sehingga CPO masih layak digunakan sebagai bahan baku. Namun, kadar FFA tetap perlu diperhatikan karena dapat menyebabkan terbentuknya sabun pada proses transesterifikasi apabila bereaksi dengan katalis basa.

Hasil pengujian densitas sebesar 0,914 g/mL menunjukkan bahwa CPO memiliki karakteristik fisik yang baik karena masih berada dalam kisaran densitas CPO pada umumnya, yaitu 0,89–0,93 g/mL. Nilai densitas yang sesuai dapat mendukung proses pencampuran minyak dengan metanol sehingga reaksi transesterifikasi berlangsung lebih efektif.

Secara keseluruhan, hasil analisis FFA dan densitas menunjukkan bahwa CPO yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan memenuhi syarat sebagai bahan baku dalam pembuatan metil ester sulfonat (MES).

4.2.2 Pengaruh Rasio Mol minyak : Metanol dan Konsentrasi H_2SO_4 terhadap pH

Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan setelah melalui proses sulfonasi dan netralisasi. Pengukuran pH penting dilakukan karena dapat menunjukkan keberhasilan proses netralisasi menggunakan larutan NaOH setelah penambahan agen sulfonasi H_2SO_4 . Selain itu, nilai pH juga menjadi salah satu parameter mutu produk surfaktan, karena produk dengan pH yang terlalu rendah masih mengandung sisa asam, sedangkan pH yang terlalu tinggi menunjukkan adanya kelebihan basa yang dapat memengaruhi kualitas produk.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Rasio Mol minyak : metanol dan Konsentrasi H₂SO₄ terhadap pH

Berdasarkan Gambar 4.1, nilai pH MES pada rasio mol minyak:metanol 1:6 tetap berada pada pH 7 untuk seluruh variasi konsentrasi H₂SO₄. Sementara itu, pada rasio mol 1:9 terjadi fluktuasi nilai pH, yaitu meningkat menjadi pH 8 pada konsentrasi H₂SO₄ 12%, menurun kembali menjadi pH 7 pada 14%, dan meningkat lagi menjadi pH 8 pada 16%. Fluktuasi tersebut tidak menunjukkan kecenderungan yang konsisten, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi rasio mol minyak terhadap metanol dan konsentrasi H₂SO₄ tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pH MES.

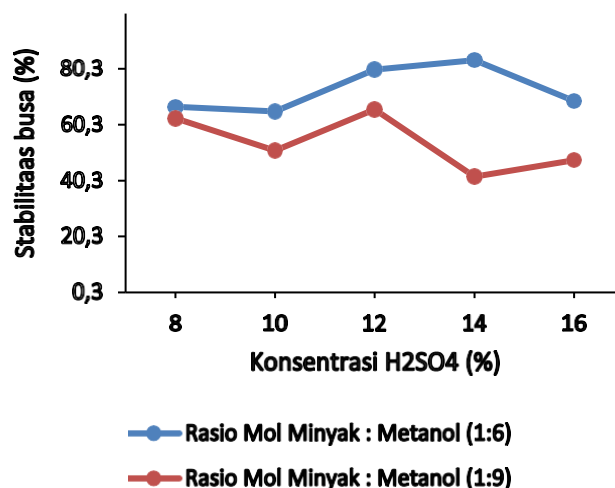
Perbedaan nilai pH tersebut diduga dipengaruhi oleh proses netralisasi menggunakan NaOH. Penambahan NaOH yang sedikit berbeda pada setiap sampel atau pencampuran yang kurang homogen dapat menyebabkan pH akhir sedikit berubah, meskipun seluruh sampel masih berada pada kisaran netral.

Jika dibandingkan dengan MES komersial yang umumnya memiliki pH sekitar 6, pH MES hasil penelitian ini (7–8) sedikit lebih tinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa proses netralisasi pada penelitian menghasilkan produk yang lebih netral hingga sedikit basa. Meskipun demikian, nilai pH tersebut masih berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk produk surfaktan dan menunjukkan bahwa sisa H₂SO₄ telah dinetralkan dengan baik.

4.2.3 Pengaruh Rasio Mol minyak terhadap metanol dan agen sulfonasi terhadap Stabilitas Busa

Pengujian stabilitas busa dilakukan untuk mengetahui kemampuan busa yang

terbentuk bertahan selama waktu tertentu. Semakin tinggi nilai stabilitas busa, semakin baik kemampuan surfaktan dalam mempertahankan gelembung busa sehingga menunjukkan kualitas MES yang lebih baik.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Rasio Mol Minyak : Metanol dan Konsentrasi H₂SO₄ terhadap Stabilitas busa

Berdasarkan Gambar 4.2, pada rasio mol minyak:metanol 1:6, stabilitas busa mengalami penurunan dari 66,7% pada konsentrasi H₂SO₄ 8% menjadi 65,0% pada 10% atau turun sebesar 1,7%. Selanjutnya stabilitas busa meningkat menjadi 80,0% pada 12% (naik 15,0%) dan kembali meningkat menjadi 83,3% pada 14% (naik 3,3%). Pada konsentrasi 16%, stabilitas busa menurun menjadi 68,8% atau turun sebesar 14,5%.

Peningkatan stabilitas busa hingga konsentrasi H₂SO₄ 14% menunjukkan bahwa proses sulfonasi berlangsung lebih optimal sehingga gugus sulfonat yang terbentuk semakin banyak. Gugus sulfonat berperan sebagai bagian aktif surfaktan yang mampu menurunkan tegangan permukaan dan membentuk lapisan pelindung di sekitar gelembung udara, sehingga busa menjadi lebih stabil. Namun, pada konsentrasi 16%, stabilitas busa menurun. Hal ini diduga karena penggunaan H₂SO₄ yang terlalu tinggi menyebabkan sebagian metil ester mengalami reaksi samping atau degradasi, sehingga jumlah surfaktan aktif yang terbentuk berkurang dan kemampuan mempertahankan busa menjadi lebih rendah.

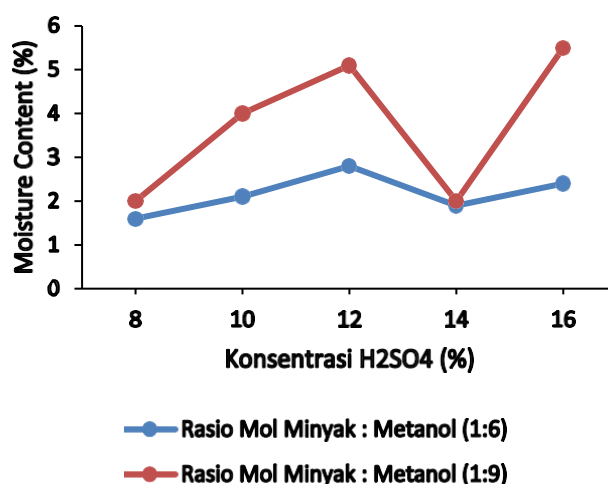
Pada rasio mol minyak:metanol 1:9, stabilitas busa menurun dari 62,5% menjadi 51,0% pada konsentrasi 10% (turun 11,5%), kemudian meningkat menjadi

65,7% pada 12% (naik 14,7%). Selanjutnya stabilitas busa kembali menurun menjadi 41,7% pada 14% (turun 24,0%) dan sedikit meningkat menjadi 47,5% pada 16% (naik 5,8%). Hasil ini menunjukkan bahwa rasio mol 1:9 menghasilkan stabilitas busa yang lebih rendah dibandingkan rasio 1:6. Diduga, jumlah metanol yang lebih tinggi menyebabkan proses pembentukan metil ester kurang optimum sehingga hasil sulfonasi yang terbentuk tidak maksimal.

Jika dibandingkan dengan MES komersial yang memiliki stabilitas busa sekitar 80%, hanya sampel dengan rasio mol 1:6 pada konsentrasi H_2SO_4 12% (80,0%) dan 14% (83,3%) yang telah memenuhi bahkan sedikit melebihi nilai tersebut. Sementara itu, seluruh sampel dengan rasio mol 1:9 masih berada di bawah standar MES komersial. Dengan demikian, rasio mol minyak:metanol 1:6 dan konsentrasi H_2SO_4 14% merupakan kondisi terbaik dalam penelitian ini karena menghasilkan stabilitas busa tertinggi dan paling mendekati karakteristik MES komersial.

4.2.4 Pengaruh Rasio Mol minyak terhadap metanol dan agen sulfonasi terhadap *Moisture Content* (Kadar Air)

Pengujian *moisture content* dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang masih terkandung dalam produk MES. Kadar air merupakan salah satu parameter mutu karena dapat memengaruhi kestabilan produk selama penyimpanan. Semakin rendah kadar air, maka kualitas MES umumnya semakin baik.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Rasio Mol Minyak : Metanol dan Konsentrasi H_2SO_4 terhadap *Moisture Content*

Berdasarkan Gambar 4.3, pada rasio mol minyak:metanol 1:6, kadar air meningkat dari 1,6% pada konsentrasi H_2SO_4 8% menjadi 2,1% pada 10% (naik

0,5%), kemudian meningkat lagi menjadi 2,8% pada 12% (naik 0,7%). Peningkatan ini diduga karena masih terdapat air yang tertahan dalam produk setelah proses sulfonasi dan netralisasi, sehingga proses pengeringan belum mampu menghilangkan seluruh kadar air.

Pada konsentrasi H_2SO_4 14%, kadar air menurun menjadi 1,9% (turun 0,9%). Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut proses sulfonasi dan pengeringan berlangsung lebih efektif sehingga air yang tersisa di dalam produk lebih sedikit. Namun, pada konsentrasi 16%, kadar air kembali meningkat menjadi 2,4% (naik 0,5%). Peningkatan ini diduga terjadi karena penggunaan H_2SO_4 yang lebih tinggi menyebabkan produk lebih sulit dikeringkan atau masih terdapat air yang tertahan di dalam MES.

Pada rasio mol minyak:metanol 1:9, kadar air meningkat dari 2,0% menjadi 4,0% pada konsentrasi 10% (naik 2,0%) dan kembali meningkat menjadi 5,1% pada 12% (naik 1,1%). Selanjutnya kadar air menurun menjadi 2,0% pada konsentrasi 14% (turun 3,1%) sebelum meningkat kembali menjadi 5,5% pada 16% (naik 3,5%). Hasil ini menunjukkan bahwa rasio mol 1:9 menghasilkan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan rasio 1:6. Hal ini diduga karena penggunaan metanol yang lebih banyak menyebabkan proses pemisahan dan pengeringan menjadi kurang optimal, sehingga masih terdapat air yang tersisa pada produk.

Jika dibandingkan dengan MES komersial yang memiliki batas maksimum kadar air sebesar 5%, seluruh sampel pada rasio mol 1:6 telah memenuhi spesifikasi. Pada rasio mol 1:9, sampel dengan konsentrasi H_2SO_4 12% (5,1%) dan 16% (5,5%) sedikit melebihi batas maksimum, sedangkan sampel lainnya masih memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rasio mol minyak:metanol dan konsentrasi H_2SO_4 berpengaruh terhadap moisture content MES. Rasio mol 1:6 menghasilkan kadar air yang lebih rendah dan lebih stabil dibandingkan rasio 1:9. Kondisi terbaik diperoleh pada rasio mol 1:6 dengan konsentrasi H_2SO_4 14%, karena menghasilkan kadar air terendah (1,9%) dan memenuhi spesifikasi MES komersial.

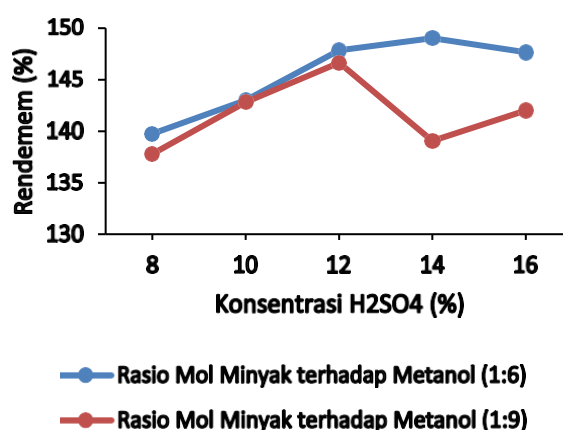
4.2.5 Karakteristik terbaik MES yang dihasilkan berdasarkan spesifikasi yang berlaku dipasaran

Penentuan kondisi optimum dilakukan berdasarkan hasil pengujian tiga parameter, yaitu pH, stabilitas busa, dan *moisture content* (kadar air). Kondisi optimum dipilih dari sampel yang memiliki karakteristik paling mendekati spesifikasi MES komersial sebagai bahan baku deterjen.

Karakteristik MES pada sampel ini secara umum telah memenuhi spesifikasi MES komersial pada dua parameter utama, yaitu nilai pH sebesar 8 yang sesuai dengan standar pasar, serta kadar air (*moisture content*) sebesar 5,1% yang masih berada pada kisaran batas maksimal yang diperbolehkan ($\leq 5\%$). Namun, parameter stabilitas busa yang diperoleh (65,7%) masih berada di bawah acuan komersial (80%). Jika diaplikasikan ke dalam formulasi deterjen, nilai pH 8 sangat ideal untuk mendukung daya pembersih tanpa merusak serat kain. Sifat pembusaan yang sedang (65,7%) ini sangat potensial untuk diaplikasikan langsung pada deterjen mesin cuci bukaan depan (*front-loading*) yang membutuhkan tingkat busa rendah hingga sedang (*low-foaming*). Adapun untuk aplikasi pada deterjen cuci tangan (*manual/top-loading*), stabilitas busa dapat ditingkatkan melalui kombinasi dengan surfaktan sekunder seperti SLES atau penambahan *foam booster* seperti *Cocamide DEA*.

4.2.6 Pengaruh Rasio Mol Terhadap Minyak : Metanol dan Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Rendemen dan Yield

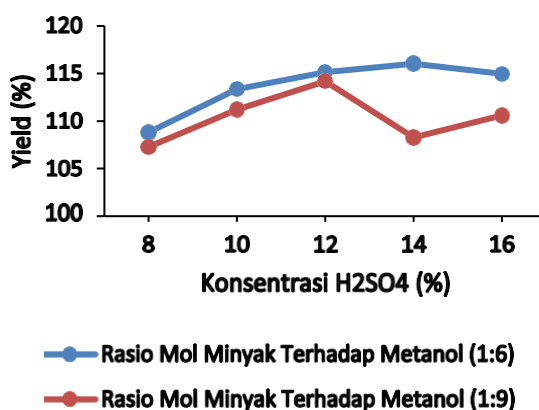
Rendemen merupakan perbandingan antara massa produk yang diperoleh dengan massa bahan baku awal, sedangkan yield merupakan perbandingan antara massa produk aktual dengan massa produk teoritis. Kedua parameter ini digunakan untuk mengetahui hasil produk yang diperoleh dari proses pembuatan metil ester sulfonat (MES).



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Rasio Mol Minyak : Metanol dan Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Rendemen

Berdasarkan grafik, pada rasio mol 1:6 nilai rendemen meningkat dari konsentrasi H_2SO_4 8% hingga 14%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi H_2SO_4 sampai 14% dapat meningkatkan jumlah produk yang diperoleh. Hal ini dapat terjadi karena jumlah agen sulfonasi yang tersedia semakin banyak sehingga proses sulfonasi dapat berlangsung lebih baik. Rendemen tertinggi diperoleh pada H_2SO_4 14%, yaitu sebesar 149,03%. Namun, pada konsentrasi 16% rendemen sedikit menurun menjadi 147,67%. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan H_2SO_4 yang lebih tinggi tidak selalu meningkatkan jumlah produk yang diperoleh.

Pada rasio mol 1:9, rendemen meningkat dari H_2SO_4 8% hingga 12% dan mencapai nilai tertinggi sebesar 146,65%. Setelah itu, rendemen menurun pada konsentrasi 14% menjadi 139,06%, kemudian meningkat kembali pada konsentrasi 16% menjadi 142,02%. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa hasil produk tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah H_2SO_4 , tetapi juga oleh rasio mol yang digunakan dan kondisi selama proses berlangsung.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Rasio Mol Minyak : Metanol dan Konsentrasi H₂SO₄ terhadap Yield

Grafik yield menunjukkan kecenderungan yang hampir sama dengan rendemen. Pada rasio mol 1:6, yield meningkat dari 108,81% pada H₂SO₄ 8% menjadi 116,03% pada H₂SO₄ 14%, kemudian menurun menjadi 114,97% pada H₂SO₄ 16%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi H₂SO₄ 14% memberikan hasil yang paling tinggi pada rasio 1:6.

Pada rasio mol 1:9, yield meningkat dari 107,28% pada H₂SO₄ 8% hingga 114,18% pada H₂SO₄ 12%. Setelah itu, yield menurun pada H₂SO₄ 14% menjadi 108,27% dan kembali meningkat pada H₂SO₄ 16% menjadi 110,58%. Pola ini menunjukkan bahwa penggunaan H₂SO₄ yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan yield yang lebih tinggi.

Secara umum, peningkatan rendemen dan yield pada konsentrasi H₂SO₄ awal dapat terjadi karena bertambahnya jumlah agen sulfonasi yang tersedia untuk bereaksi dengan metil ester. Namun, setelah mencapai kondisi tertentu, penambahan H₂SO₄ tidak lagi meningkatkan hasil dan dapat menyebabkan perubahan pada kondisi reaksi. Selain itu, massa produk yang ditimbang juga dapat dipengaruhi oleh kandungan air, garam hasil netralisasi, atau sisa bahan yang masih terdapat dalam produk.

Nilai rendemen dan yield yang lebih dari 100% juga menunjukkan bahwa massa produk yang diperoleh kemungkinan masih mengandung komponen selain MES. Oleh karena itu, nilai tersebut tidak dapat langsung diartikan bahwa MES yang terbentuk melebihi jumlah teoritis. Berdasarkan grafik, kondisi rasio mol 1:6 dengan H₂SO₄ 14% memberikan rendemen dan yield tertinggi, sehingga kondisi

tersebut menjadi salah satu kondisi yang paling baik berdasarkan jumlah produk yang diperoleh.