

OPTIMALISASI PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN DALAM DEMULSIFIER BERBASIS ACRYLATE PADA PROSES PENYIMPANAN BIOSOLAR

Oksil Venriza*, M. Wira Prastio, Rizki Rahmadani

Departemen Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral "Akamigas"
Jl. Gajah Mada No.38 Cepu, Blora, 58312, Jawa Tengah, Indonesia, (0296) 421897

*Penulis korespondensi: oksil.venriza@esdm.go.id

Abstrak

Biosolar ialah bahan bakar hasil pencampuran dari solar murni dan FAME. Kemudahan FAME beroksidasi dengan oksigen menjadi air memicu permasalahan seperti korosi pada tangki timbun dalam proses penyimpanan. Penambahan demulsifier menjadi salah satu metode yang sering digunakan untuk memisahkan air dan minyak dalam emulsi alami. Pada penelitian ini, dilakukan optimalisasi penambahan demulsifier berbasis acrylate menggunakan pelarut polar X dan nonpolar Y dengan volume 2 ml, 5 ml dan 10 ml yang ditambahkan ke dalam 100 ml biosolar dengan waktu penyimpanan 4 jam, 8 jam dan 12 jam. Namun, penggunaan demulsifier berbasis acrylate tidak cukup mengurangi kandungan air di dalam biosolar, demulsifier hanya dapat memisahkan antara air dan minyak saja. Untuk itu, dibutuhkan antioksidan yang dapat mengurangi terbentuknya kandungan air dalam proses penyimpanan biosolar yaitu TBHQ (Tert-Butylhydroquinone) dengan konsentrasi 0,5 M. Berdasarkan hasil pengujian water content dan FTIR, demulsifier berbasis acrylate yang paling efektif dan optimal ialah DPA pada volume 10 ml dengan waktu penyimpanan 8 jam.

Kata kunci: acrylate; biosolar; demulsifier; emulsi; TBHQ

OPTIMIZATION OF ADDED ANTIOXIDANTS IN ACRYLATE- BASED DEMULSIFIER IN BIODIESEL STORAGE PROCESSES

Abstract

Biodiesel is a mixture of pure diesel fuel and FAME. The ease with which FAME oxidizes with oxygen into water triggers problems such as corrosion in storage tanks in the storage process. The addition of a demulsifier is one method that is often used to separate water and oil in natural emulsions. In this study, optimization of the addition of an acrylate-based demulsifier using polar X and nonpolar Y solvents with a volume of 2 ml, 5 ml, and 10 ml was added to 100 ml biodiesel with storage times of 4 hours, 8 hours, and 12 hours. However, the use of an acrylate-based demulsifier is not enough to reduce the water content in biodiesel, the demulsifier can only separate water and oil. For this reason, an antioxidant that can reduce the formation of water content in the biodiesel storage process is needed, namely TBHQ (Tert-Butylhydroquinone) with a concentration of 0.5 M. Based on the results of water content and FTIR tests, the most effective and optimal acrylate-based demulsifier is DPA at a volume of 10 ml with a storage time of 8 hours.

Keywords: acrylate; biodiesel; demulsifier; emulsion; TBHQ

PENDAHULUAN

Biosolar termasuk solusi dalam mengurangi pemakaian energi bahan bakar fosil yang semakin hari semakin menurun. Hal ini didasarkan pada mudahnya biosolar disintesis dari berbagai macam tumbuhan seperti kelapa sawit (E. Hambali, 2016), nyamplung (W. Trisunaryanti, 2022), jarak pagar (J. Sathik Basha, 2013), minyak kelapa (T. Qiu, 2016),

minyak kedelai (W. Xie, 2015), dan minyak biji bunga matahari (H. M. Mahmudul, 2016). Saat ini, bahan bakar alternatif yang banyak diminati di dunia adalah biodiesel (S. Radhakrishnan, 2019). Saat ini, Indonesia mengembangkan penggunaan minyak kelapa sawit yang disintesis untuk menghasilkan biosolar *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME).

FAME dibentuk dengan campuran minyak kelapa sawit murni yang ditambahkan metanol dan

etanol sengan bantuan katalisator berupa NaOH atau KOH (P. Thanthirige, 2016). FAME hasil proses sintesis minyak kepala sawit menghasilkan *yield* yang cukup tinggi, mencapai 95% (R. El-Araby, 2019). Namun, dalam prakteknya pencampuran FAME dan solar tidaklah mudah, pada nyatanya masih banyak kendala diantaranya terbentuknya emulsi. Saat proses penyimpanan biosolar, penurunan kualitas biosolar tentunya dapat terjadi. Hal ini disebabkan oleh perubahan beberapa karakteristik fisika maupun kimia dari penyusun FAME selama penyimpanan. Penyebab utamanya adalah adanya oksigen terlarut yang menyebabkan terjadinya reaksi antara *metil ester* dengan sisa gliserol, baik *mono* maupun *digliserida* yang tersisa dalam FAME membentuk air (B. Solar, 2018).

Reaksi oksidasi FAME yang menghasilkan air tidak hanya mempengaruhi kualitas produk biosolar, namun tempat penyimpanan dari biosolar tersebut juga mendapatkan dampaknya. Tidak lain korosi pada tangki timbun. Biosolar menjadi lebih korosif karena adanya air dan lemak bebas yang terbentuk dari bahan baku yang memiliki ketidakjenuhan sehingga terjadi proses degradasi. Selaras dengan studi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sifat korosifitas dari biosolar sangat tinggi dengan tingkat uji menggunakan korosi strip tembaga dengan acuan ASTM D-130 (A. Setiawan, 2017). Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan solusi berupa *demulsifier* guna memisahkan air yang terbentuk karena reaksi FAME dalam biosolar.

Demulsifikasi dapat dikatakan sebagai pemisahan emulsi fasa-fasa penyusun dari produknya. Dalam hal ini memecah emulsi minyak mentah menjadi fasa minyak dan fasa air. Ada dua aspek dalam demulsifikasi yaitu kecepatan pemisahan emulsi yang terjadi dan jumlah air yang terpisah (D. K. Sari, 2020). Demulsifikasi kimia dalam emulsi minyak bumi menjadi metode yang paling sering digunakan untuk memecahkan masalah emulsi (M. Fortuny, 2018). *Demulsifier* pada umumnya dapat mendestabilisasi emulsi dengan 3 tahap yaitu: (1) Pengemulsi dengan aktivitas yang lebih tinggi dari surfaktan instrinsik yang dapat menembus ke dalam film pada antarmuka air dan minyak (J. Hou, 2012); (2) *Demulsifier* menggantikan surfaktan pada lapisan film antara muka untuk mengurangi viskositas emulsi (J. P. Rane, 2013); (3) *Demulsifier* membatasi variasi tegangan antar lapisan dan memisahkan minyak dengan air (Y. H. Kim, 2016). Penggunaan demulsifikasi emulsi air dalam minyak telah menarik perhatian besar dan banyak yang diterbitkan baru-baru ini (C. W. Angle, 2014). Namun, sebagian besar *study* berfokus pada model sederhana emulsi lapangan yang kompleks yang sering kali lebih sulit diperoleh. Dalam karya-karya sebelumnya (A. Atta, 2018) campuran surfaktan (*demulsifier*) polimer baru disiapkan dengan eterifikasi surfaktan.

A. Widayani (2018) mengatakan penambahan antioksidan TBHQ dapat meningkatkan daya tahan minyak terhadap reaksi oksidasi yang terjadi. TBHQ ialah salah satu antioksidan sintetik yang sering digunakan dalam dunia industri untuk menjaga atau mencegah kebusukan suatu olahan. Dalam penelitian ini, dilakukan pengoptimalan kandungan air dengan mengkombinasikan antioksidan TBHQ dan *demulsifier* berbasis *acrylate*. *Acrylate* merupakan salah satu polimer yang memiliki sifat ketahanan terhadap kerusakan, transparansi, ketahanan panas dari minyak pada suhu 170-180°C, pembentukan film dan ketahanan dalam cuaca apapun (K. K. Ajekwene, 2020). Sejalan dengan informasi tersebut, penelitian yang meneliti pembentukan *demulsifier* berbasis *acrylate* yang mudah diaplikasikan belum dilakukan. Penelitian semacam ini diperlukan karena dapat memberikan informasi tentang bagaimana cara mengurangi kandungan air pada biosolar dengan menambahkan antioksidan TBHQ yang optimal pada proses penyimpanan biosolar. Selain itu, temuan yang diperoleh dapat menjadi solusi dan dasar penelitian pengembangan yang dilakukan dalam pengolahan dan penyimpanan biodiesel. Hasilnya juga dapat digunakan dalam praktek penyimpanan dan pengolahan dilapangan migas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan pengoptimalan penggunaan *demulsifier* berbasis *acrylate* dengan tambahan antioksidan TBHQ yang bertujuan menurunkan kandungan air dengan memisahkan fase air dan minyak serta mengurangi atau menghambat proses oksidasi pada biosolar.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku utama dalam penelitian ini yaitu solar dan FAME dengan perbandingan 70%/30% yang berasal dari PT. X. *Ethylene glycol dimethacrylate* (*Ethylenglykol-dimethacrylat*) dengan kandungan 98% yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *demulsifier*. Beberapa pelarut seperti pelarut polar X dan nonpolar Y diperlukan dalam pembuatan *demulsifier* berbasis *acrylate*. TBHQ (*Tert-Butylhydroquinone*) dengan kandungan 97% digunakan sebagai antioksidan yang mampu menghambat terbentuknya air dalam biosolar.

Alat

Instrument yang digunakan ialah FTIR dan Karl Fisher. Pengujian kandungan air (*water content*) menggunakan alat Karl Fisher yang mengacu pada ASTM D 95 dan FTIR yang mengacu pada ASTM E 1252.

Prosedur

Penambahan *Demulsifier* Berbasis *Acrylate*

Penambahan *demulsifier* dilakukan dalam 100 ml biosolar murni. Dalam penelitian ini, *demulsifier*

berbasis *acrylate* yang ditambahkan terdiri dari 2 jenis yaitu *demulsifier* A (DFA) dan *demulsifier* B (DFB) yang terdiri dari campuran pelarut polar X dan non polar Y serta *ethylene glycol dimethacrylate* (*ethylenglykol-dimethacrylat*) 98%. Volume dari DPA dan DPB yang ditambahkan yaitu 2 ml, 5 ml dan 10 ml. Setelah penambahan *demulsifier*, dilakukan pengadukan (*stirrer*) selama 1 jam hingga *demulsifier* bercampur homogen dengan biosolar.

Kinerja *demulsifier* akan diamati saat pencampuran biosolar dengan DFA dan DFB dimasukkan kedalam *bottle test*, dikocok sebanyak 200 kali dan disimpan selama 4 jam, 8 jam dan 12 jam waktu penyimpanan. Tujuan proses penyimpanan atau pengendapan pada campuran di dalam *bottle test* ialah untuk melihat *demulsifier* yang ditambahkan dalam biosolar bekerja dalam memisahkan fasa air dengan fasa minyak.

Pengujian Water Content dengan Karl Fischer

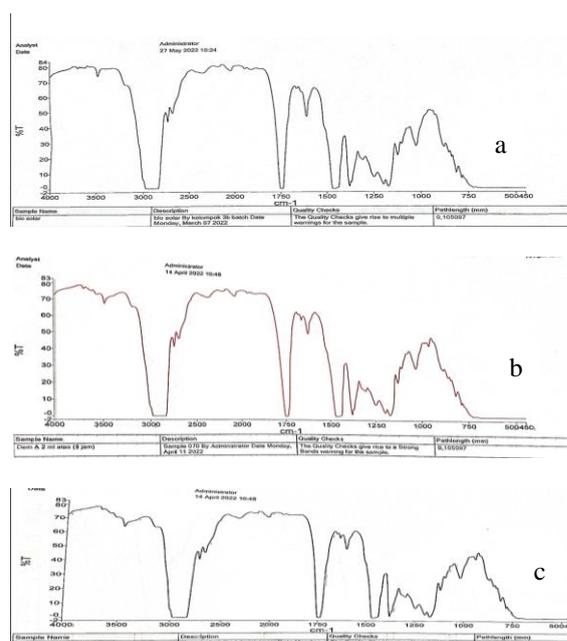
Pengujian nilai *water content* dilakukan pada setiap sampel yang telah didapatkan dari proses penyimpanan campuran biosolar DFA dan DFB dengan waktu yang telah ditentukan. Sampel akan dimasukkan kedalam Karl Fischer sebanyak ±10-15 tetes menggunakan *syringe*. Hasil nilai kadar air (*water content*) dari masing-masing sampel yang telah didapatkan dengan waktu penyimpanan 4, 8, dan 12 jam ditunjukkan pada Tabel 1. Terlihat jelas bahwa adanya perbedaan nilai *water content* yang cukup jauh pada bagian atas yang cenderung lebih kecil dari yang bagian bawah. Hal ini sesuai dengan teori yaitu terpisahnya fasa air dengan minyak yang dibatasi oleh lapisan film. Fasa air akan mengendap di bawah karena massa jenis air yang lebih berat dari massa jenis minyak. Oleh karena itu, penambahan *demulsifier* polimer berbasis *acrylate* bekerja dalam memisahkan fase air dengan minyak dalam biosolar.

Tabel 1. Hasil *water content* dengan Karl Fischer

Hasil Percobaan (ppm)	2 ml		5 ml		10 ml	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
Demulsifier A (4 jam)	170,6	200,4	273,2	319,3	357,75	399,4
Demulsifier B (4 jam)	272,95	284,1	301,45	430,7	312,4	382,4
Demulsifier A (4 jam) + TBHQ	792,4	863,7	583,9	597,7	847,15	848,65
Demulsifier B (4 jam) + TBHQ	759,4	791	791,45	816,75	774,35	780,35
Demulsifier A (8 jam)	391,4	481,7	492,85	508,15	556,5	772,75
Demulsifier B (8 jam)	271,3	323	322	456,6	346,85	470,7
Demulsifier A (8 jam) + TBHQ	539,25	662	567,6	711,65	579,95	768,25
Demulsifier B (8 jam) + TBHQ	542,35	797,1	643,8	721	706,95	885,2
Demulsifier A (12 jam)	249,5	269,05	292,85	343,55	309,85	561,1
Demulsifier B (12 jam)	194,1	209,5	261,2	304,45	311,5	322,25
Demulsifier A (12 jam) + TBHQ	1040,7	1076,35	1083,45	1073,85	1090,35	1475,2
Demulsifier B (12 jam) + TBHQ	1016,25	1082,8	560,85	720,6	1884,3	2000,8

Pengujian Water Content dengan FTIR

Pengujian nilai *water content* dengan FTIR dilakukan untuk memastikan kesamaan adanya kandungan air yang terdapat di dalam campuran. Besarnya nilai kandungan air dapat dilihat pada Gambar 1, terlihat jika pada rentang 3650-3500 cm⁻¹ adanya serapan dari gugus OH yang menggambarkan adanya *water content* yang terdapat dalam sampel a, b dan c. Nilai *water content* biosolar murni terlihat pada Gambar 1a yang konsentrasi air maksimal 70-75%wt. Pada sampel bagian atas yang terlihat pada Gambar 1b, nilai *water content* sampel menurun bila dibandingkan dengan biosolar murni yakni nilai *water content* biosolar sampel b maksimal 65-69%wt. Hal ini menandakan jika *demulsifier* yang ditambahkan ke dalam biosolar dapat bekerja dalam memisahkan fasa air dengan minyak. Pada lapisan bagian bawah dari sampel tersebut diperoleh konsentrasi *water content* sebesar 60-64 %wt. Sehingga dapat dibuktikan jika terdapat kandungan air di dalam sampel dan penambahan *demulsifier* dalam campuran bekerja secara efektif.

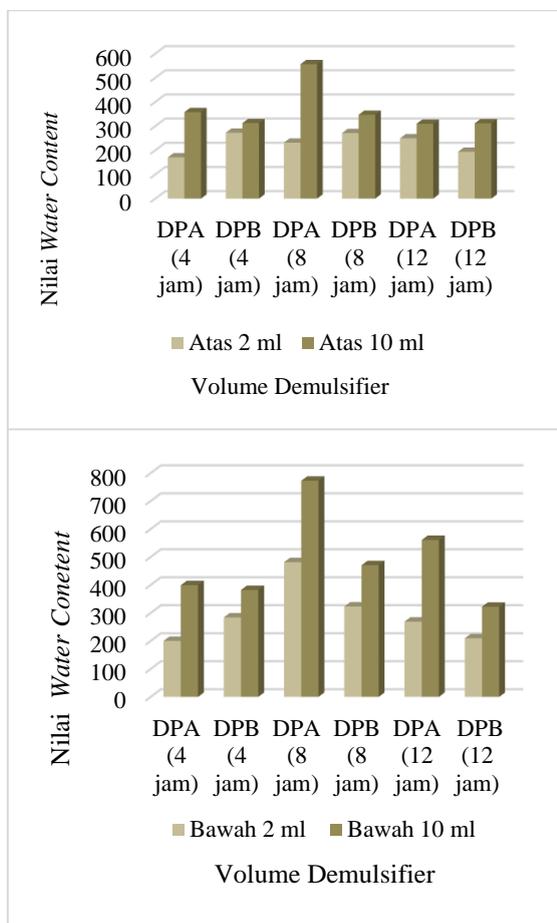


Gambar 1. Pengujian *water content* dengan FTIR

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Volume *Demulsifier* terhadap *Water Content*

Lapisan minyak dengan air akan terpisah membentuk sebuah lapisan film pembatas sebagai dampak dari *demulsifier* yang ditambahkan. Terlihat pada Gambar 1 terdapat perbedaan nilai *water content* yang dihasilkan dari setiap sampel yang ada. Hal ini dikarenakan variasi volume *demulsifier* DPA dan DPB yang ditambahkan. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat semakin tinggi konsentrasi yang ditambahkan maka semakin banyak nilai *water content* yang terpisah. Saat volume 2 ml nilai *water content* yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan volume 10 ml *demulsifier* yang ditambahkan.



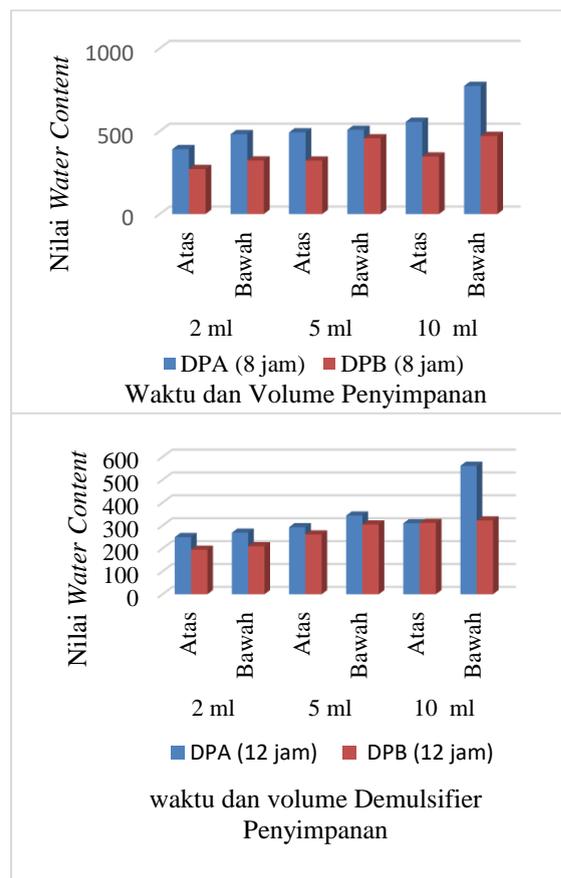
Gambar 2. Pengaruh volume demulsifier terhadap *water content*

Ini dapat terjadi karena penambahan *demulsifier* dengan konsentrasi 2 ml tidak cukup untuk menggantikan emulsi air dalam minyak pada biosolar. Akibatnya, kadar air terpisahkan cenderung lebih sedikit. Dengan meningkatnya volume *demulsifier* 10 ml, efisiensi kinerja *demulsifier* meningkat dengan nilai kadar air yang terpisah lebih besar. Dengan peningkatan volume *demulsifier*, emulsi antara fasa air dan minyak yang terkandung

dalam biosolar akan terpisah. Berdasarkan hasil yang didapatkan, kesesuaian teori dapat dibuktikan dengan semakin bertambahnya volume *demulsifier*, semakin besar jumlah kadar air yang dapat terpisah.

Pengaruh Waktu Penyimpanan terhadap *Water Content*

Lamanya proses penyimpanan campuran biosolar dengan *demulsifier* mempengaruhi tingkat kadar air yang dihasilkan. Gambar 3 menunjukkan kenaikan kadar air berdasarkan lamanya waktu penyimpanan. Dalam Gambar 3, saat evaluasi waktu penyimpanan 12 jam, nilai kadar air yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan 8 jam penyimpanan. Hal ini dapat terjadi karena saat waktu penyimpanan yang lebih lama, jumlah air yang terbentuk juga akan terus naik karena reaksi oksidasi yang terus berlangsung. Penambahan *demulsifier* dengan volume yang ditentukan belum mampu bekerja tidak optimal dan efektif sehingga dalam pemisahan air dengan minyak masih belum stabil.

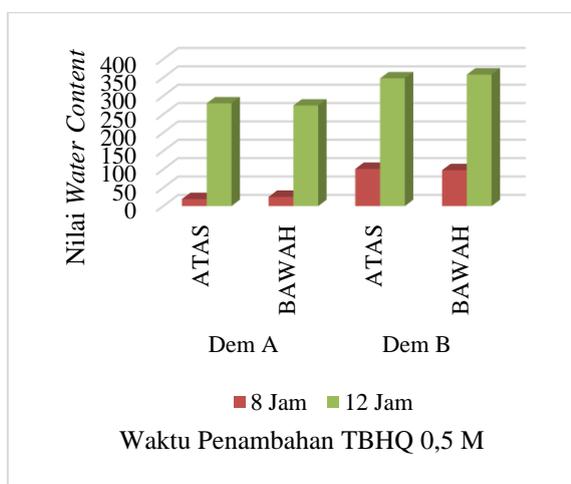


Gambar 3. Pengaruh waktu penyimpanan terhadap *water content*

Pengaruh Penambahan Antioksidan TBHQ (*Tert-Butylhydroquinone*)

Penambahan antioksidan TBHQ (*tert-butylhydroquinone*) ialah untuk mengurangi terbentuknya air dalam biosolar. Hal ini sejalan

dengan teori sebelumnya, TBHQ dapat menghambat reaksi oksidasi yang terbentuk dalam minyak. Dalam Gambar 4. dapat dilihat pengaruh penambahan TBHQ dengan konsentrasi 0,5 M dalam pengoptimalan kinerja *demulsifier*. Terlihat pada Gambar 4 saat waktu penyimpanan 8 jam memiliki tingkat kadar air yang lebih signifikan dan optimal dalam mengurangi terbentuknya air. Selama waktu penyimpanan 12 jam, terlihat dalam gambar nilai kandungan air yang dapat diserap cukup besar namun tidak optimal dan signifikan dalam kinerja *demulsifier* pada waktu penyimpanan tersebut. Sehingga penggunaan antioksidan sebagai pembantu pengoptimalan kinerja *demulsifier* berbasis *acrylate* bekerja secara signifikan dan efektif pada waktu 8 jam proses penyimpanan.



Gambar 4. Pengaruh penambahan TBHQ (*terbutylhydroquinone*)

SIMPULAN

Penambahan demulsifier berbasis *acrylate* dapat memisahkan fasa air dan minyak yang terdapat di dalam emulsi pada biosolar. Penambahan volume *demulsifier* dan waktu penyimpanan mempengaruhi tingkat kinerja efisiensi dari *demulsifier* DPA maupun DPB. Dalam penelitian ini, telah ditemukan bahwa kombinasi dari polimer *acrylate* dengan pelarut polar X dan nonpolar Y dapat digunakan sebagai campuran pemisah antara fase air dan minyak dalam biosolar sebagai *demulsifier*. Penambahan *demulsifier* dengan konsentrasi yang lebih besar dapat menyebabkan banyaknya air yang terpisah dengan minyak. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai *water content* air meningkat seiring dengan bertambahnya volume demulsifier. Adanya penambahan antioksidan TBHQ (*terbutylhydroquinone*) dapat menghambat reaksi oksidasi yang dapat membentuk air dalam biosolar sehingga kombinasi antara *demulsifier* berbasis *acrylate* dan antioksidan TBHQ menjadi solusi yang dapat digunakan. Optimalisasi kombinasi penggunaan

demulsifier yang paling efisien dan efektif digunakan ialah *demulsifier* berbasis *acrylate* DPA dengan volume 10 ml selama 8 jam waktu penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan terima kasih kepada PEM Akamigas sebagai tempat untuk riset penelitian dan juga kepada Dosen Penelitian Ilmiah di PEM Akamigas karena telah membantu dan mensupport penulis dengan sangat baik, secara finansial maupun material pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- E. Hambali, F. N. Nisya, A. Thahar, A. Nuryanti, And H. Wijaya, "Potential of Biomass as Bioenergy Feedstock in Indonesia," *J. Japan Inst. Energy*, vol. 95, no. 8, pp. 629–638, 2016, doi: 10.3775/jie.95.629.
- W. Trisunaryanti *et al.*, "Preparation of Ni- and Mo-based catalysts supported on γ -Al₂O₃ for hydrocracking of Calophyllum inophyllum oil," *Biofuels*, vol. 13, no. 2, pp. 231–236, 2022, doi: 10.1080/17597269.2019.1669871.
- J. Sadhik Basha and R. B. Anand, "Performance, emission and combustion characteristics of a diesel engine using Carbon Nanotubes blended Jatropha Methyl Ester Emulsions," *Alexandria Eng. J.*, vol. 53, no. 2, pp. 259–273, 2014, doi: 10.1016/j.aej.2014.04.001.
- T. Qiu *et al.*, "The synthesis of biodiesel from coconut oil using novel Brønsted acidic ionic liquid as green catalyst," *Chem. Eng. J.*, vol. 296, pp. 71–78, 2016, doi: 10.1016/j.cej.2016.03.096.
- W. Xie and J. Wang, "Enzymatic production of biodiesel from soybean oil by using immobilized lipase on Fe₃O₄/Poly(styrene-methacrylic acid) magnetic microsphere as a biocatalyst," *Energy and Fuels*, vol. 28, no. 4, pp. 2624–2631, 2014, doi: 10.1021/ef500131s.
- H. M. Mahmudul, F. Y. Hagos, R. Mamat, A. A. Adam, W. F. W. Ishak, and R. Alenezi, "Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 72, no. November 2016, pp. 497–509, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.01.001.
- S. Radhakrishnan, D. B. Munuswamy, Y. Devarajan, and A. Mahalingam, "Performance, emission and combustion study on neat biodiesel and water blends fuelled research diesel engine," *Heat Mass Transf. und Stoffuebertragung*, vol. 55, no. 4, pp. 1229–1237, 2019, doi: 10.1007/s00231-018-2509-x.

- P. Thanthirige *et al.*, “No Covariance Structure Analysis of Health-Related Indices for the Elderly at Home, Focusing on Subjective Feelings of Health, Title,” no. August, pp. 1–3, 2016.
- R. El-Araby, A. Amin, A. K. El Morsi, N. N. El-Ibiari, and G. I. El-Diwani, “Study on the characteristics of palm oil–biodiesel–diesel fuel blend,” *Egypt. J. Pet.*, vol. 27, no. 2, pp. 187–194, 2018, doi: 10.1016/j.ejpe.2017.03.002.
- B. Solar and F. Dimawarnita, “Surfaktan Untuk Bahan Bakar Solar Dan Biodiesel,” *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 31, no. September 2018, pp. 120–128, 2021, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.2.120.
- A. Setiawan, N. A. Novitrie, and L. Ashari, “Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas,” *Semin. MASTER 2017 PPNS*, vol. 1509, pp. 149–154, 2017.
- D. K. Sari and N. Sauqi, “Pengaruh Demulsifier a Dan Demulsifier B Terhadap Crude Oil Bentayan Dengan Metode Bottle Test Demulsifier,” *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 10, no. 02, pp. 23–30, 2020, doi: 10.52506/jtpa.v10i02.91.
- M. Fortuny, C. B. Z. Oliveira, R. L. F. V. Melo, M. Nele, R. C. C. Coutinho, and A. F. Santos, “Effect of salinity, temperature, water content, and pH on the microwave demulsification of crude oil emulsions,” *Energy and Fuels*, vol. 21, no. 3, pp. 1358–1364, 2013, doi: 10.1021/ef0603885.
- J. Hou, X. Feng, J. Masliyah, and Z. Xu, “Understanding interfacial behavior of ethylcellulose at the water-diluted bitumen interface,” *Energy and Fuels*, vol. 26, no. 3, pp. 1740–1745, 2012, doi: 10.1021/ef201722y.
- J. P. Rane, V. Pauchard, A. Couzis, and S. Banerjee, “Interfacial rheology of asphaltenes at oil-water interfaces and interpretation of the equation of state,” *Langmuir*, vol. 29, no. 15, pp. 4750–4759, 2013, doi: 10.1021/la304873n.
- Y. H. Kim and D. T. Wasan, “Effect of Demulsifier Partitioning on the Destabilization of Water-in-Oil Emulsions,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 35, no. 4, pp. 1141–1149, 2016, doi: 10.1021/ie950372u.
- C. W. Angle, “Effects of sand fraction on toluene-diluted heavy oil in water emulsions in turbulent flow,” *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 82, no. 4, pp. 722–734, 2014, doi: 10.1002/cjce.5450820411.
- A. Atta, A. Abdel-Rahman, S. Elsaheed, S. AbouElfotouh, and N. Hamad, “Demulsification of crude oil emulsions using some new water-soluble schiff base surfactant blends,” *J. Dispers. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 10, pp. 1484–1495, 2018, doi: 10.1080/01932690802313709.
- A. Widayani and E. Cahyono, “Isolasi dan Uji Antioksidan Minyak Atsiri Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.) pada Minyak Goreng Curah,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 214–220, 2018.
- K. K. Ajekwene, “Properties and Applications of Acrylates,” *Acrylate Polymers for Advanced Applications*. IntechOpen, 2020. doi: 10.5772/intechopen.89867.