

PENGARUH DOSIS DEMULSIFIER DAN TEMPERATUR TERHADAP PROSES PEMISAHAN EMULSI MINYAK/AIR

Asaf K Sugih¹, Darryl Jannatun Fadhlil¹, Hans Kristianto^{1*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung 40141

*E-mail: hans.kristianto@unpar.ac.id

ABSTRAK

Minyak merupakan salah satu komponen yang umum dijumpai dalam limbah cair berbagai proses industrial. Minyak tersebut seringkali dijumpai dalam bentuk emulsi dalam air, sehingga dibutuhkan metode pengolahan untuk memecah kestabilan emulsi agar minyak dapat dipisahkan. Pada penelitian ini, pemisahan dilakukan menggunakan demulsifier polialuminium klorida (PAC), yang juga merupakan salah satu jenis flokulan yang umum dijumpai dan digunakan dalam industri. Secara khusus, pengaruh dosis PAC (0 – 250 mg/L) dan temperatur (25 – 45°C) terhadap efektivitas demulsifikasi emulsi sintesis minyak/air menjadi fokus utama penelitian ini. Hasil riset menunjukkan bahwa dosis PAC, temperatur, dan interaksinya berpengaruh signifikan terhadap proses demulsifikasi. Peningkatan dosis PAC hingga dosis 200 mg/L menghasilkan penurunan turbiditas dan pemisahan minyak, sementara penambahan dosis lebih lanjut tidak menyebabkan perubahan yang signifikan. Pada sisi lain, peningkatan temperatur membantu proses destabilisasi emulsi. Pada suhu yang lebih tinggi, frekuensi tumbukan droplet minyak akan meningkat, sedangkan ikatan hidrogen antara minyak dan surfaktan akan melemah. Hal tersebut akan mendorong terjadinya lebih banyak coalescence menyebabkan destabilisasi dan pemisahan minyak dari air. Penurunan turbiditas tertinggi (99,4%) dan pemisahan minyak terbanyak (97,45%) diperoleh pada dosis PAC 250 mg/L dan temperatur 35°C.

Kata kunci: demulsifikasi, emulsi, flokulan, PAC

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, peningkatan taraf hidup masyarakat mendorong perkembangan industri yang pesat di berbagai bidang. Peningkatan ini membawa dampak positif pada sisi ekonomi, akan tetapi juga menimbulkan potensi masalah akibat tingginya konsumsi air bersih dan produksi limbah cair pada berbagai industri (Cai et al., 2017). Salah satu komponen limbah cair yang umum dijumpai adalah minyak, yang dapat bersumber dari senyawa organik turunan minyak bumi, maupun minyak nabati. Jika tidak diolah, kandungan minyak dalam air berpotensi menimbulkan berbagai masalah pada ekosistem. Minyak bumi yang mengandung fenol, hidrokarbon, dan aromatik bersifat toksik dan dapat menyebar pada rantai makanan melalui mekanisme bioakumulasi (Putatunda et al., 2019). Konsumsi makhluk hidup yang terkontaminasi minyak tersebut dapat menyebabkan gangguan metabolisme dan kesehatan, mengingat bahan-bahan tersebut sebagian bersifat karsinogenik bagi manusia. Sementara itu, limbah cair yang mengandung minyak nabati dapat menghalangi sinar matahari dan menurunkan kandungan oksigen terlarut di dalam air, sehingga ekosistem air dapat terganggu (Zhou et al., 2008). Pemisahan minyak dari limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan sangat penting, tetapi pada praktiknya hal tersebut akan sulit dilakukan jika minyak membentuk emulsi yang stabil dengan air, sehingga pemisahan dengan percepatan gravitasi yang biasa dilakukan tidak lagi memadai.

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk memisahkan minyak dari emulsinya dengan air, antara lain: pemisahan dengan membran (Zhu et al., 2014), penggunaan resin penukar ion dan karbon aktif (Zhou et al., 2008), elektrokoagulasi (An et al., 2017), penggunaan nanomaterial (Goh et al., 2019), dan koagulasi/flokulasi (Zhao et al., 2021). Sekalipun berbagai teknologi tersebut memiliki kelebihan, penggunaan koagulan dan flokulan masih relatif umum digunakan karena prosesnya yang mudah serta efisien (Kristianto et al., 2019; Kristanda et al., 2021; Zhao et al., 2021). Di antara berbagai jenis koagulan dan flokulan yang tersedia, polialuminium klorida (PAC) merupakan jenis yang banyak digunakan karena memiliki berbagai keuntungan, antara lain lebih efisien pada dosis yang relatif kecil, serta memiliki rentang cakupan kerja pH, temperatur, dan konsentrasi koloid yang luas (Sahu and Chaudhari, 2013).

Penelitian ini secara spesifik meninjau pengaruh dosis PAC dan temperatur terhadap proses demulsifikasi emulsi minyak/air. Emulsi sintesis digunakan sebagai *model substance* untuk limbah cair, sehingga kualitas

emulsi yang diolah relatif konstan dan tidak terdapat fluktuasi komposisi bahan baku yang dapat mempengaruhi pengamatan yang dilakukan.

2. METODE

2.1 Pembuatan Emulsi

Sampel emulsi minyak/air dibuat dengan mencampurkan 140 g minyak kelapa sawit komersial dan 1,12 g SLS (*sodium lauryl sulphate*) ke dalam 2,8 kg air distilasi. Campuran dihomogenisasi menggunakan *homogenizer* (Wiggen Hauser D-500) selama 5 menit untuk memperoleh emulsi yang stabil. Proses homogenisasi dan emulsi yang dihasilkan disajikan secara visual pada Gambar 1.a dan b. Dengan formula yang digunakan diperoleh emulsi dengan turbiditas awal sebesar 8.500 ± 540 NTU.

2.2 Demulsifikasi

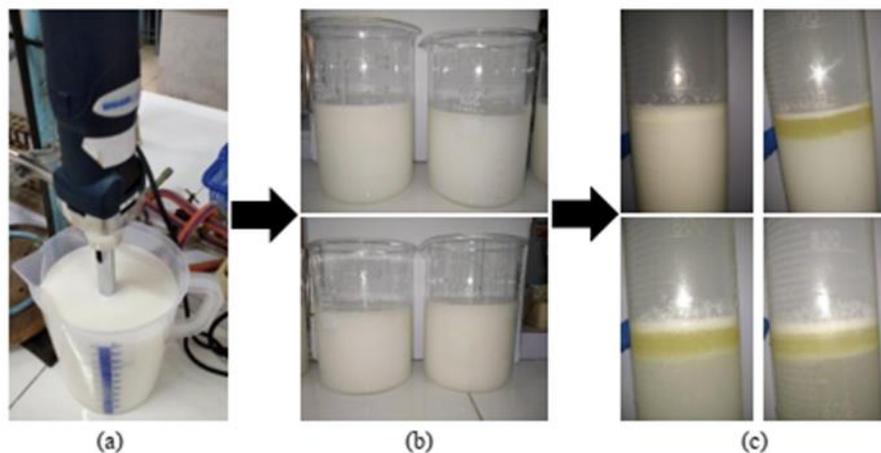
Proses demulsifikasi dilakukan dengan menggunakan *jar test apparatus* yang dilengkapi sistem pemanasan menggunakan *waterbath* dan *thermostat*. Temperatur larutan emulsi divariasikan antara 25 – 45°C dengan mengatur suhu air pada *waterbath*. Demulsifikasi dilakukan dengan mencampurkan larutan PAC dengan konsentrasi awal 20.000 mg/L ke dalam emulsi sesuai variasi (0 – 250 mg/L). Campuran diaduk dengan cepat (350 rpm selama 5 menit), dan kemudian dibiarkan selama 30 menit dalam gelas ukur agar terjadi separasi. Jumlah larutan PAC yang ditambahkan dihitung dengan menggunakan persamaan pengenceran yang disajikan pada persamaan 1, di mana M_1 merupakan konsentrasi PAC dalam emulsi (mg/L), M_2 adalah konsentrasi PAC mula-mula (mg/L), V_1 adalah volume emulsi (mL) dan V_2 merupakan volume larutan PAC (mL).

$$M_1 \cdot (V_1 + V_2) = M_2 \cdot V_2 \quad (1)$$

Kekeruhan atau turbiditas (NTU) dari sampel emulsi sebelum dan setelah demulsifikasi dianalisis menggunakan *turbidity meter* (Eutech TN-100/T-100 meter), dan persentase penurunan turbiditas dihitung sesuai persamaan 2. Persentase minyak yang terpisah diukur dengan pengamatan visual pada gelas ukur (Gambar 1.c) dan dihitung sesuai persamaan 3. Seluruh percobaan demulsifikasi dilakukan dengan 2 replikasi dan analisis varians dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 16.

$$\% \text{ penurunan turbiditas} = \frac{\text{turbiditas awal (NTU)} - \text{turbiditas akhir (NTU)}}{\text{turbiditas awal (NTU)}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\% \text{ minyak terpisah} = \frac{V \text{ minyak awal (mL)} - V \text{ minyak akhir (mL)}}{V \text{ minyak awal (mL)}} \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 1. Proses pembuatan emulsi (a), hasil emulsi yang stabil (b), dan pengamatan visual demulsifikasi (c)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Varians

Hasil dari analisis varians dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha < 0,05$) disajikan pada Tabel 1 dan 2. Berdasarkan analisis tersebut, diperoleh bahwa seluruh variabel (temperatur, dosis PAC, dan interaksinya) berpengaruh signifikan terhadap persentase penurunan turbiditas dan minyak terpisah pada proses demulsifikasi. Pengamatan lebih lanjut terhadap nilai F menunjukkan bahwa dosis PAC memiliki signifikansi yang lebih besar dibandingkan temperatur dan interaksi kedua variabel tersebut. Hasil yang diperoleh telah sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya (Roshan et al., 2018; Abdulredha et al., 2019).

Tabel 1. Analisis varians untuk respon persentase penurunan turbiditas

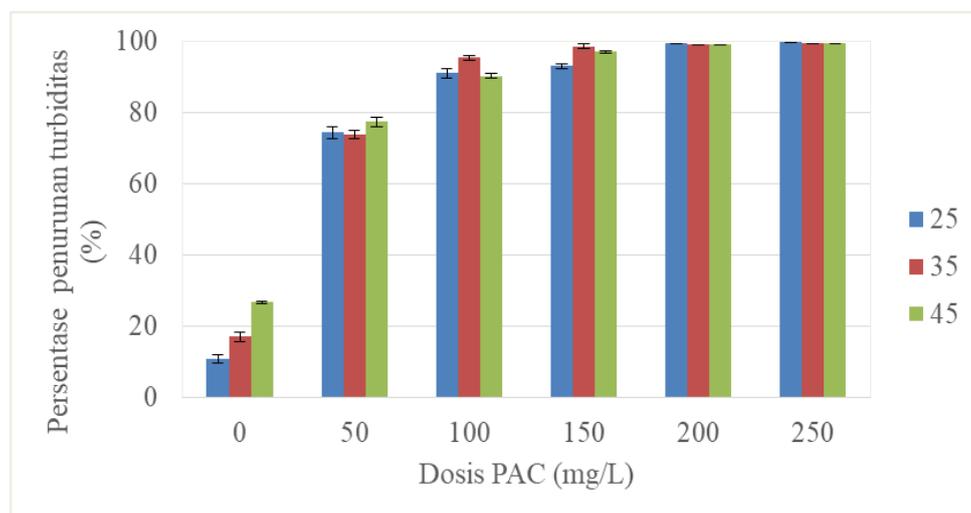
Source	Sum of Square	dof	Mean Square	F	p
Temperatur	81,2	2	40,6	58,19	<0,0001
Dosis	29915,4	5	5983,1	8571,16	<0,0001
Temperatur \times Dosis	256	10	25,6	36,68	<0,0001
Error	12,6	18	0,7		
Total	30265,3	35			

Tabel 2. Analisis varians untuk respon % minyak terpisah

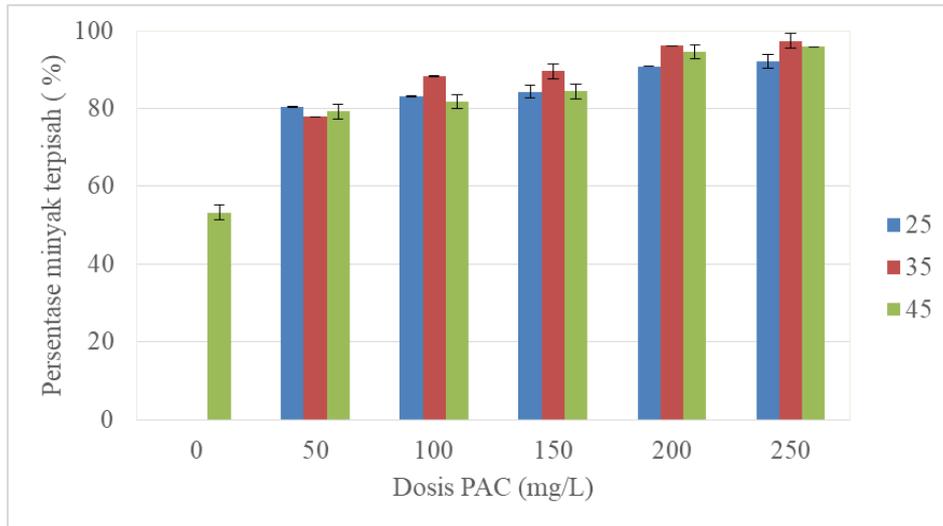
Source	Sum of Square	dof	Mean Square	F	p
Temperatur	593,4	2	296,7	174,93	<0,0001
Dosis	25586,6	5	5117,32	3016,93	<0,0001
Temperatur \times Dosis	3337,1	10	333,7	196,74	<0,0001
Error	30,5	18	1,7		
Total	29547,6	35			

3.2 Pengaruh Dosis PAC dan Temperatur Terhadap Demulsifikasi

Profil pengaruh dosis PAC dan temperatur terhadap penurunan turbiditas dan pemisahan minyak disajikan pada Gambar 2 dan 3, secara berurutan. Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada temperatur demulsifikasi yang sama, peningkatan dosis PAC memberikan peningkatan persentase penurunan turbiditas sampai 200 mg/L. Penambahan PAC lebih lanjut tidak memberikan perubahan yang signifikan. Kecenderungan serupa juga teramati pada persentase minyak yang terpisah.



Gambar 2. Profil persentase penurunan turbiditas pada variasi dosis PAC dan temperatur



Gambar 3. Profil persentase minyak terpisah pada variasi dosis PAC dan temperatur

Pada saat dilarutkan, PAC akan terhidrolisis dan menghasilkan campuran kationik berupa aluminium polihidrat dengan spesi dominan $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$ (Sahu and Chaudhari, 2013). Kehadiran senyawa kationik ini akan berperan sebagai spesi positif yang menetralkan muatan negatif dari *droplet* minyak dalam emulsi. Pada dosis PAC 0 dan 50 mg/L, tidak terdapat cukup spesi kationik untuk proses netralisasi, sehingga penurunan turbiditas dan minyak yang terpisah tidak maksimal (Yang et al., 2016). Peningkatan dosis PAC lebih lanjut memberikan spesi kationik yang cukup untuk memecah kestabilan emulsi minyak/air, sehingga terjadi *coalescence* dan minyak terpisah di permukaan campuran.

Sementara itu, pada dosis PAC yang sama, pengaruh variasi temperatur demulsifikasi terlihat jelas pada saat dosis PAC 0 mg/L. Pada keadaan ini terlihat perbedaan persentase penurunan turbiditas yang cukup signifikan. Pada temperatur 45 °C, minyak yang terpisah mencapai 50%. Pada temperatur 25 dan 35°C hanya terjadi penurunan turbiditas yang rendah dan pemisahan minyak tidak dapat diamati (0%). Tanpa kehadiran PAC, peningkatan temperatur memungkinkan emulsi minyak di dalam air menjadi tidak stabil. Pada suhu yang lebih tinggi, viskositas *droplet* minyak menurun sehingga memungkinkan tumbukan antar droplet menjadi lebih mudah dan lebih sering terjadi. Peningkatan temperatur juga dapat melemahkan ikatan hidrogen antara minyak dengan surfaktan, sehingga koloid menjadi tidak stabil dan *coalescence* lebih mudah terjadi (Bi et al., 2020). Pengamatan pada percobaan dengan dosis PAC 50 – 250 mg/L menunjukkan bahwa pengaruh temperatur terhadap penurunan turbiditas dan pemisahan minyak tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme netralisasi muatan oleh PAC merupakan mekanisme yang lebih dominan pada proses demulsifikasi yang dilakukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dosis *demulsifier* (PAC), temperatur, dan interaksinya berpengaruh signifikan pada proses demulsifikasi, yang ditunjukkan dengan penurunan turbiditas dan pemisahan minyak. Pada dosis PAC yang rendah, proses demulsifikasi tidak berlangsung sempurna karena spesi kationik yang dihasilkan tidak cukup besar jumlahnya untuk dapat menetralkan muatan negatif dari *droplet* minyak dalam emulsi. Peningkatan dosis PAC sampai 200 mg/L memberikan penurunan turbiditas sampai 99% dan pemisahan minyak hingga 96%. Peningkatan temperatur juga meningkatkan terjadinya *coalescence* akibat peningkatan tumbukan antar partikel koloid dan pelemahan interaksi antara minyak dengan surfaktan. Walaupun demikian, pada dosis PAC yang tinggi, efek temperatur tidak terlalu terlihat signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PAC dapat digunakan sebagai *demulsifier* yang efektif untuk memisahkan emulsi minyak dan air. Proses demulsifikasi dengan PAC memiliki potensi untuk dapat diaplikasikan pada pengolahan limbah cair buangan industri yang berupa emulsi minyak dan air, seperti industri pangan dan tekstil.

PUSTAKA

- Abdulredha, M. M., Hussain, S. A. & Abdullah, L. C., 2019, *Separation emulsion via non-ionic surfactant: An optimization*, *Processes*, 7(6): 382.
- An, C., Huang, G., Yao, Y. & Zhao, S., 2017, *Emerging usage of electrocoagulation technology for oil removal from wastewater: A review*, *Sci Total Environ*, 579: 537-556.
- Bi, Y., Tan, Z., Wang, L., Li, W., Liu, C., Wang, Z., Liu, X. & Jia, X., 2020, *The demulsification properties of cationic hyperbranched polyamidoamines for polymer flooding emulsions and microemulsions*, *Processes*, 8(2): 176.
- Cai, Y., Chen, D., Li, N., Xu, Q., Li, H., He, J. & Lu, J., 2017, *Nanofibrous metal-organic framework composite membrane for selective efficient oil/water emulsion separation*, *J Membrane Sci*, 543: 10-17.
- Goh, P. S., Ong, C. S., Ng, B. C. & Ismail, A. F. (2019). *Applications of emerging nanomaterials for oily wastewater treatment*. Dalam A. Ahsan & A. F. Ismail (Eds.), *Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment: Theory and Applications*, Elsevier.
- Kristanda, J., Sandrosa, K., Kristianto, H., Prasetyo, S. & Sugih, A. K., 2021, *Optimization study of leucaena leucocephala seeds extract as natural coagulant on decolorization of aqueous congo red solutions*, *Arab J Sci Eng*, 46(7): 6275-6286.
- Kristianto, H., Handriono, C. W. & Soetedjo, J. N. M. 2019. *Preliminary study on tamarindus indica seeds kernel as natural coagulant for color removal of synthetic textile wastewater*. Makalah disajikan dalam The 2019 International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing (ICSECC), Bandung 20-22 Agustus.
- Putatunda, S., Bhattacharya, S., Sen, D. & Bhattacharjee, C., 2019, *A review on the application of different treatment processes for emulsified oily wastewater*, *Int J Environ Sci Technol*, 16: 2525-2536.
- Roshan, N., Ghader, S. & Rahimpour, M. R., 2018, *Application of the response surface methodology for modeling demulsification of crude oil emulsion using a demulsifier*, *J Disper Sci Technol*, 39(5): 700-710
- Sahu, O. P. & Chaudhari, P. K., 2013, *Review on chemical treatment of industrial waste water*, *J Appl Sci Environ Manage*, 17(2): 241-257.
- Yang, J. Y., Yan, L., Li, S. P. & Xu, X. R., 2016, *Treatment of aging oily wastewater by demulsification/flocculation*, *J Environ Sci Health A*, 51(10): 798-804
- Zhao, C., Zhou, J., Yan, Y., Yang, L., Xing, G., Li, H., Wu, P., Wang, M. & Zheng, H., 2021, *Application of coagulation/flocculation in oily wastewater treatment: A review*, *Sci Total Environ*, 765: 142795
- Zhou, Y.-B., Tang, X.-Y., Hu, X.-M., Fritschi, S. & Lu, J., 2008, *Emulsified oily wastewater treatment using a hybrid-modified resin and activated carbon system*, *Sep Purif Technol*, 63(2): 400-406
- Zhu, Y., Wang, D., Jiang, L. & Jin, J., 2014, *Recent progress in developing advanced membranes for emulsified oil/water separation*, *NPG Asia Mater*, 6: e101