

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP POLA PUSARAN MINYAK MENTAH DALAM TABUNG SENTRIFUGAL

Fitri Afriani^a dan Yuant Tiandho

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung
Jl. Kampus Peradaban, Merawang, Kep. Bangka Belitung 33172

^{a)} e-mail: fitriafriani25@yahoo.com

ABSTRAK

Di dalam makalah ini disajikan suatu pemodelan pusaran minyak mentah dalam tabung sentrifugal berdasarkan variasi temperatur. Pemodelan ini diharapkan dapat menjadi suatu acuan sederhana untuk optimasi teknik filtrasi minyak mentah dengan metode sentrifugal karena berbagai karakteristik fisis minyak mentah dipengaruhi oleh temperatur. Salah satu karakteristik fisis minyak mentah yang dipengaruhi oleh temperatur adalah densitas dan hal ini mengindikasikan secara implisit bahwa pola aliran minyak mentah juga bergantung pada temperatur. Semakin tinggi temperatur maka semakin rendah nilai densitasnya sehingga membuat minyak mentah semakin mudah untuk dimobilisasi. Pola pusaran minyak mentah dalam tabung sentrifugal menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka tekanan di tepi tabung makin rendah tetapi variasi garis konturnya semakin tinggi.

Kata kunci: minyak mentah, filter, sentrifugal, temperatur, densitas.

PENDAHULUAN

Informasi terkait karakteristik fisis minyak mentah merupakan informasi yang sangat krusial dalam industri perminyakan. Apabila karakteristik fisis minyak mentah telah diketahui dengan baik maka proses produksi minyak dapat berjalan dengan lebih efisien karena berbagai fasilitas perminyakan dapat didesain dengan baik (George, et al., 2013).

Pada dasarnya, berbagai karakteristik minyak mentah seperti densitas, bilangan Reynolds, dan viskositas bergantung pada temperatur dari minyak itu sendiri. Sehingga hubungan antara karakteristik minyak mentah dengan variabel-variabel termodinamika merupakan topik yang telah dipelajari secara luas dalam teknik perminyakan modern. Di dalam data eksperimen yang diperoleh George et al. (2013) diketahui bahwa nilai densitas dari berbagai jenis minyak mentah berbanding terbalik dengan temperaturnya. Begitu pula dengan nilai viskositas, dalam model yang diajukan oleh Alomair et al. (2014) dapat disimpulkan bahwa viskositas dari minyak mentah juga berbanding terbalik dengan temperaturnya. Karena berbagai karakteristik fisis dari minyak mentah dipengaruhi oleh temperatur maka hal ini mengindikasikan secara implisit bahwa bentuk aliran dari minyak mentah juga dipengaruhi oleh temperatur (Tiandho, et al., 2015).

Pola pusaran minyak mentah yang berada di dalam suatu tabung sentrifugal merupakan pola yang dapat dijadikan sebagai suatu acuan sederhana dalam proses pengolahan minyak. Tabung sentrifugal kerap digunakan dalam proses pemurnian (filter) suatu fluida karena biaya pengoperasian yang rendah serta prosesnya yang cepat (Arrojo, et al., 2015). Karena pola aliran minyak mentah dipengaruhi oleh temperatur maka pola pusaran minyak dalam tabung sentrifugal juga dipengaruhi temperaturnya. Kajian ini menarik untuk dilakukan karena dengan mengetahui pola pusaran minyak dalam tabung sentrifugal yang

dipengaruhi oleh suatu temperatur maka optimasi desain filter tabung sentrifugal dengan melibatkan faktor temperatur dapat dilakukan.

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP DENSITAS MINYAK MENTAH

Untuk memperoleh rumusan empiris antara densitas dengan temperatur minyak mentah digunakan data eksperimen densitas minyak mentah pada berbagai temperatur (rentang 20°C - 70°C) seperti yang telah diperoleh George et al. (2013). Selain temperatur, diamati hubungan antara densitas dengan jenis minyak mentah seperti minyak mentah berat (derajat API 15,9), minyak mentah ringan (derajat API 35,9), dan minyak mentah menengah (derajat API; 21,5).

Dengan menggunakan data-data tersebut dilakukan *fitting grafik* sesuai dengan fungsi polinomial orde 5 seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan diperoleh hubungan antara densitas dengan temperatur untuk minyak mentah berat adalah,

$$\rho_b = 959,569 + 0,106T - 0,034T^2 + 7,015 \times 10^{-4}T^3 - 6,721 \times 10^{-6}T^4 + 2,446 \times 10^{-8}T^5 \quad (1)$$

Untuk minyak mentah menengah hubungannya,

$$\rho_m = 897,501 + 0,042T - 0,027T^2 + 3,519 \times 10^{-4}T^3 + 4,163 \times 10^{-7}T^4 - 2,954 \times 10^{-8}T^5 \quad (2)$$

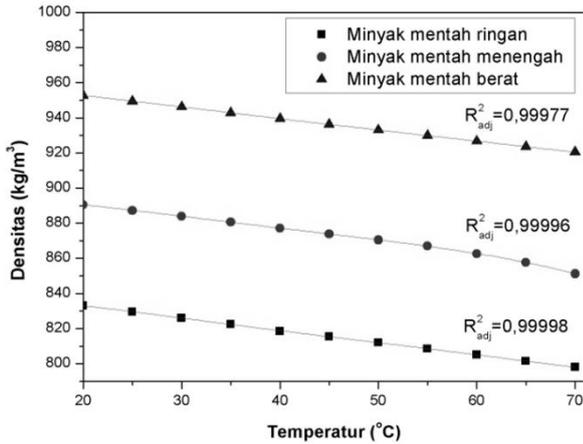
Untuk minyak mentah ringan hubungannya,

$$\rho_r = 832,742 + 1,194T - 0,094T^2 + 0,002T^3 - 2,447 \times 10^{-5}T^4 + 1,041 \times 10^{-7}T^5 \quad (3)$$

Berdasarkan perbandingan antara model rumusan empiris minyak mentah dengan data eksperimen dapat dilihat bahwa akurasi model cukup tinggi yang ditunjukkan oleh nilai $R_{adj}^2 > 0,99$. Selain itu seluruh residu yang diajukan dalam model memiliki nilai $< 0,1$.

Seperti dinyatakan sebelumnya, dalam Gambar 1 tampak bahwa nilai densitas minyak mentah berbanding terbalik dengan temperatur. Hal ini dapat

dipahami karena secara umum, setelah melewati titik anomali (jika ada), semakin tinggi temperatur maka minyak mentah akan mengalami pemuai volume yang semakin tinggi pula. Sehingga peningkatan temperatur akan menurunkan nilai densitasnya.



Gambar 1. Grafik perbandingan antara densitas model dengan data eksperimen George et al. (2013).

SKEMA PUSARAN MINYAK MENTAH DALAM TABUNG SENTRIFUGAL

Pusaran minyak mentah di dalam makalah ini dihasilkan akibat rotasi minyak dalam suatu tabung rigid dengan kecepatan sudut konstan, ω , pada sumbu z. Gradien tekanan pada koordinat silinder dituliskan sebagai (Munson, et al., 2010),

$$\nabla P = \frac{\partial P}{\partial r} \hat{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} \hat{e}_\theta + \frac{\partial P}{\partial z} \hat{e}_z \quad (4)$$

Melalui persamaan Navier-Stokes, solusi turunan tekanan terhadap koordinat r , θ , dan z masing-masing dapat dinyatakan sebagai, $\partial P/\partial r = \rho r \omega^2$, $\partial P/\partial \theta = 0$, dan $\partial P/\partial z = -\gamma$, dengan $\gamma = \rho g$ adalah berat jenis minyak mentah. Sehingga dengan menggunakan integrasi maka gradien tekanan akan menghasilkan,

$$P = \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} - \gamma z + C \quad (5)$$

dengan $C = \gamma h$ adalah konstanta yang berkaitan dengan berat jenis dan ketinggian minyak mentah. Apabila diasumsikan permukaan dari tabung sentrifugal bersifat isobarik, $dP = 0$, maka diperoleh,

$$\gamma dz = \rho r \omega^2 dr \quad (6)$$

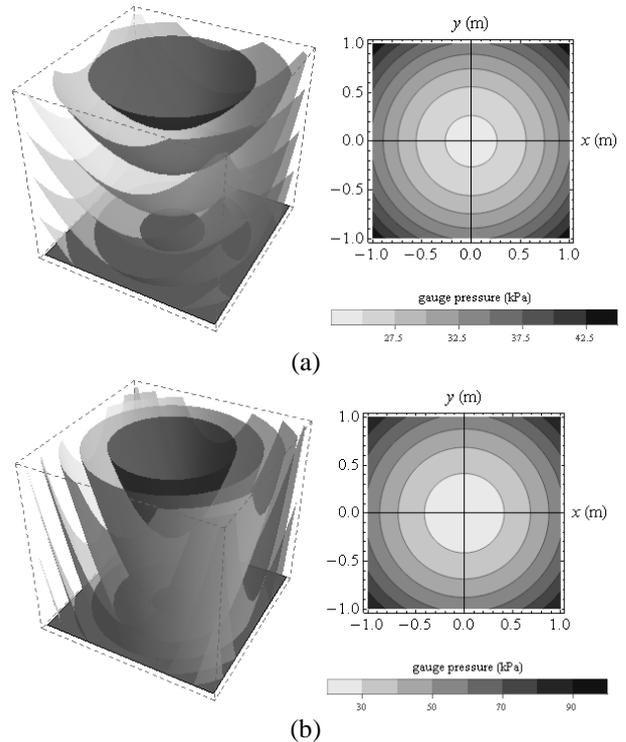
Sehingga dengan melakukan integrasi pada kedua ruas persamaan di atas pada tekanan konstan akan menghasilkan,

$$z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + C \quad (7)$$

Adapun algoritma yang disusun untuk melakukan pemodelan pola pusaran minyak mentah dalam tabung sentrifugal merujuk pada algoritma yang disusun oleh Maguire dan Baumann (2014). Sedangkan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pemodelan adalah Wolfram Mathematica 9. Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi pola pusaran minyak adalah temperatur dan kecepatan sudut putaran tabung sentrifugal. Selain bentuk pola pusaran minyak mentah

variabel fisis yang diamati dalam makalah ini adalah kontur tekanannya.

Pada Gambar 2 disajikan hasil pemodelan pola pusaran minyak mentah ringan pada temperatur 30°C dengan kecepatan sudut yang berbeda, $\omega_1 = 5$ rad/s (Gambar 2 (a)) dan $\omega_2 = 9$ rad/s (Gambar 2 (b)). Melalui Gambar 2 tampak bahwa semakin tinggi kecepatan sudut maka semakin curam pola pusarannya. Begitu pula dengan kontur tekanannya (analisis dasar tabung), semakin tinggi kecepatan sudut maka di tepi tabung tekanannya akan semakin tinggi. Pada kedua kondisi tersebut juga tampak bahwa semakin ke tepi tabung maka tekanan semakin tinggi. Hal ini dapat dipahami karena ketika berputar minyak mentah akan menepi ke dinding akibat adanya gaya sentrifugal. Semakin cepat kecepatan sudut maka semakin besar pula gaya sentrifugalnya.

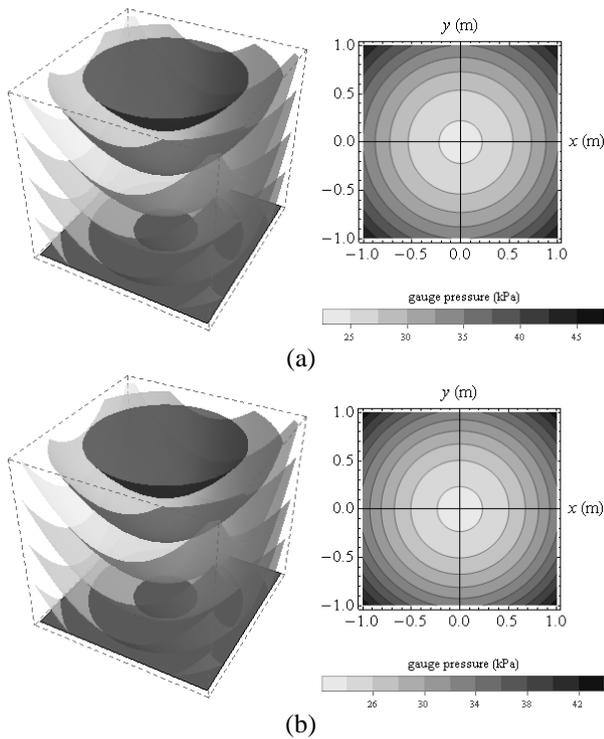


Gambar 2. Pola pusaran minyak mentah ringan pada temperatur 30°C untuk kecepatan sudut: (a) $\omega_1 = 5$ rad/s dan (b) $\omega_2 = 9$ rad/s.

POLA PUSARAN MINYAK MENTAH TERHADAP TEMPERATUR

Pada Gambar 3 disajikan pola pusaran minyak mentah ringan pada temperatur yang berbeda (20°C dan 70°C) untuk kecepatan sudut yang sama, $\omega = 5$ rad/s. Tampak bahwa pada temperatur yang berbeda maka tekanan dari minyak mentah yang berputar juga akan berbeda. Pada temperatur yang lebih tinggi maka tekanan yang dihasilkan di tepi tabung sentrifugal akan menjadi lebih rendah. Namun yang menarik adalah, pada minyak mentah ringan untuk temperatur yang lebih tinggi maka tekanan akan lebih bervariasi nilainya dibandingkan dengan temperatur yang lebih rendah. Hal ini ditunjukkan oleh garis kontur tekanan yang lebih banyak pada temperatur yang lebih tinggi. Hasil ini dapat dipandang sebagai efek densitas minyak mentah ringan yang menurun akibat peningkatan temperatur. Karena densitas minyak mentah ringan pada temperatur tinggi relatif lebih rendah maka

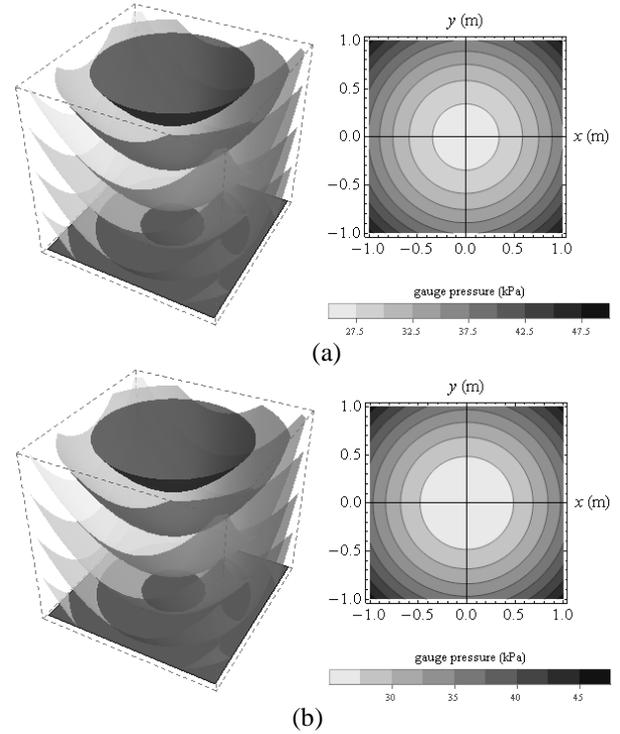
adanya gaya sentrifugal dalam tabung yang berputar akan membuat minyak tersebut lebih mudah untuk dimobilisasi dan begitu pula sebaliknya.



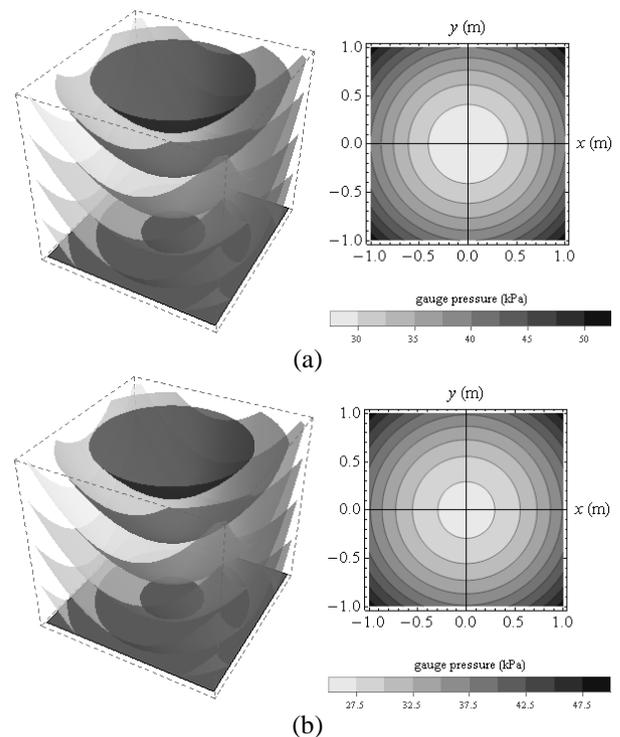
Gambar 3. Pola pusaran minyak mentah ringan pada $\omega = 5$ rad/s untuk temperatur: (a) 20°C dan (b) 70°C.

Pola pusaran minyak mentah menengah tampak pada Gambar 4. Seperti pada minyak mentah ringan semakin tinggi temperatur maka tekanan menuju tepi dari tabung sentrifugal juga semakin tinggi. Dibandingkan dengan minyak mentah ringan pada kedua temperatur yang diterapkan, kedua kondisi minyak mentah menengah memiliki tekanan yang lebih tinggi. Tentu saja hal ini disebabkan oleh densitas minyak mentah menengah yang lebih tinggi dibandingkan minyak mentah ringan.

Adapun untuk minyak mentah pola pusarannya tampak seperti pada Gambar 5. Karena densitas minyak mentah berat berbanding terbalik dengan temperatur maka dapat dilihat bahwa tekanan dari minyak mentah dengan temperatur 20°C lebih tinggi dibandingkan tekanan pada temperatur 70°C. Namun apabila dilihat dari jumlah garis konturnya maka dapat disimpulkan bahwa variasi tekanan pada pusaran minyak mentah bertemperatur 70°C lebih tinggi dibandingkan dengan minyak mentah bertemperatur 20°C. Sehingga seperti pada minyak mentah tipe lainnya hal ini mengindikasikan kemudahan mobilisasi dari minyak mentah bertemperatur lebih tinggi. Sehingga dari ketiga hasil pemodelan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk mempermudah proses filtrasi minyak mentah dengan tabung sentrifugal dapat digunakan temperatur yang lebih tinggi karena memiliki mobilisasi yang lebih baik.



Gambar 4. Pola pusaran minyak mentah menengah pada $\omega = 5$ rad/s untuk temperatur: (a) 20°C dan (b) 70°C.



Gambar 5. Pola pusaran minyak mentah berat pada $\omega = 5$ rad/s untuk temperatur: (a) 20°C dan (b) 70°C

KESIMPULAN

Melalui *fitting grafik* hubungan antara densitas dengan ketiga jenis minyak mentah dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur minyak mentah maka semakin rendah pula nilai densitasnya. Hal ini terjadi akibat adanya pemuaihan minyak mentah akibat dikenai temperatur yang lebih tinggi. Dengan menggunakan Wolfram Mathematica 9 dapat dilakukan pemodelan

bentuk pusaran minyak mentah dalam tabung sentrifugal dengan variasi kecepatan sudut dan temperatur. Semakin cepat kecepatan sudut dari tabung sentrifugal maka semakin curam bentuk pola pusaran minyak mentah yang dihasilkan. Dari ketiga jenis minyak mentah ketiganya menyimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur minyak mentah maka tekanan di tepi tabung sentrifugal semakin rendah tetapi jumlah garis konturnya semakin meningkat.

REFERENSI

- Alomair, O., Elsharkawy, A. & Alkandari, H., 2014. A viscosity: prediction model for kuwaiti heavy crude oils at elevated temperatures. *J. Petrol. Sci. Eng.*, Volume 120, pp. 102-110.
- Arrojo, L. et al., 2015. Micro-scale procedure for enzyme immobilization screening and operational stability assays. *Biotechnology Letters*, 37(8), pp. 1593-1600.
- George, A., Singh, R. & Arafin, S., 2013. Equation state of crude oil samples. *J. Pet. Environ. Biotechnol.*, 4(6), p. 100162.
- Maguire, M. & Baumann, R., 2014. *Wolfram Demonstrations Project*. [Online] Available at: <http://demonstrations.wolfram.com/PressureOfARotatingFluid/> [Accessed 2017].
- Munson, B., Okiishi, T. & Huebsch, W., 2010. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. 6th ed. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Tiandho, Y., Sirait, S. H., Tarigan, H. & Mairizwan, 2015. Pengaruh temperatur terhadap pembentukan vorteks pada aliran minyak mentah dengan metode beda hingga. *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika*, pp. 407-410.